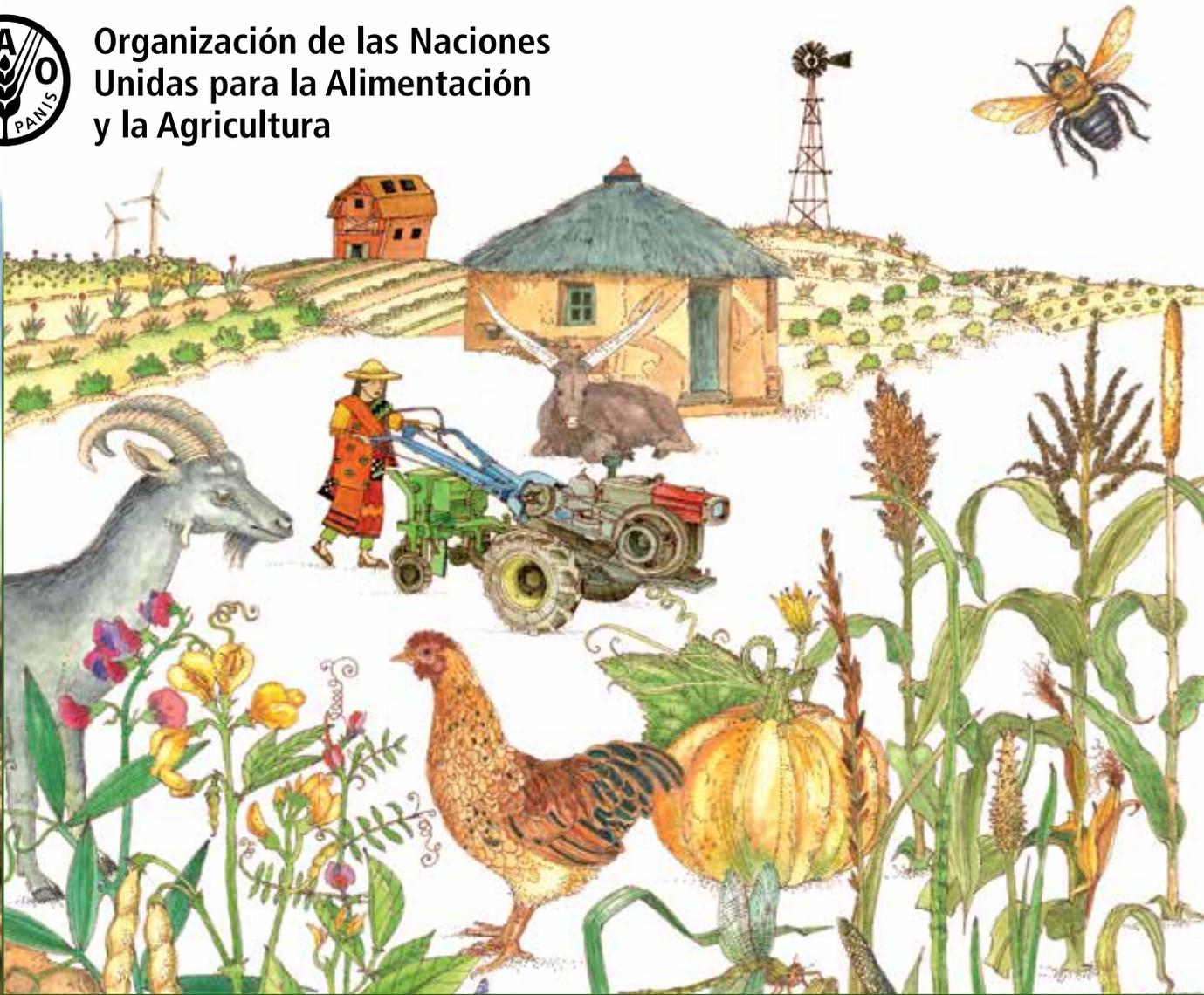




Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



AGROECOLOGÍA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN

ACTAS DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA FAO

18-19 de septiembre de 2014, Roma, Italia

LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

AGROECOLOGÍA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN



ACTAS DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA FAO

18-19 de septiembre de 2014, Roma, Italia



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ROMA 2017

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-308807-2

© FAO, 2017

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Ilustración de la portada:

© Guida Joseph

Fotos de la contraportada (de izquierda a derecha)

© FAO/Sailendra Kharel; FAO/Luohui Liang; Peter Rosset; CIAT/Neil Palmer

Referencia en la contraportada:

* Gliessman, S.R. 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2^{da} Edición. Boca Ratón, FL, USA

ÍNDICE



LISTA DE FIGURAS Y CUADROS	vi
PREFACIO	xiii
AGRADECIMIENTOS	xiv
LISTA DE LAS SIGLAS	xv

Introducción - La agroecología - Un movimiento global para la seguridad y la soberanía alimentaria <i>Stephen R. Gliessman</i>	1
--	---

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Principios de la agroecología..... 17



01 Seguridad alimentaria y servicios ecosistémicos en un mundo en evolución: Ha llegado la hora de la agroecología <i>Pablo Tittone</i>	18
02 Mejora de la función y la prestación de servicios ecosistémicos en la agricultura: Los principios agroecológicos <i>Etienne Hainzelin</i>	40
03 Crear ciclos virtuosos en los sistemas de las pequeñas granjas mediante la agroecología <i>Paul Mafumo, Florence Mtambanengwe, Hatirarami Nezomba, Tongai Mtangadura, Grace Manzeke, Christopher Chagumaira, Tariro Gwandu, Tinashe Mashavave, Jairos Rurinda</i>	55
04 Ordenación de paisajes por las poblaciones: Agroecología y procesos sociales <i>Irene M. Cardoso, Fábio Mendes</i>	81

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Enfoques agroecológicos 97



05 Enfoques agroecológicos del fitomejoramiento: Diseño de cultivos, mezclas y sistemas para mejorar la aptitud, la intensificación sostenible, los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria y nutricional <i>Len Wade</i>	98
06 La salud del suelo y la sostenibilidad de la agricultura: El papel de la biota del suelo <i>Edmundo Barrios, Keith Shepherd, Fergus Sinclair</i>	112
07 Enfoques ecológicos: Contribución de la diversidad entomológica, incluidos los polinizadores, en los sistemas de producción de alimentos de África oriental <i>Muo Kasina, Lusike A. Wasilwa, John H. Nderitu, Dino Martins, Barbara Gemmill-Herren</i>	131



08 La biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los paisajes agrícolas: Revertir las externalidades de la agricultura
Fabrice DeClerk, Natial Estrada-Carmona, Kelly Garbach, Alejandra Martinez-Salinas.....150

09 Enfoques ecológicos para reducir los insumos externos en la actividad agrícola
Andre Leu.....170



CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Creación de sinergías..... 189

10 Enfoques agroecológicos sobre la escasez de agua
Ephraim Nkonya.....190

11 La agroforestería: Cumpliendo la promesa de un enfoque agroecológico
Ravi Prabhu, Edmundo Barrios, Jules Bayala, Lucien Diby, Jason Donovan, Amos Gyau, Lars Graudal, Ramni Jamnadass, Jane Kahia, Katja Kehlenbeck, Roeland Kindt, Christophe Kouame, Stepha McMullin, Meine van Noordwijk, Keith Shepherd, Fergus Sinclair, Philippe Vaast, Tor Gunnar Vågen, Jianchu Xu.....217

12 Agroecología: La integración con la ganadería
Jean-François Soussana, Muriel Tichit, Philippe Lecomte, Bertrand Dumont.....243

13 Cómo lograr la seguridad alimentaria en China: Desde las soluciones a escala de campo hasta millones de agricultores
Fusuo Zhang, Jianbo Shen.....271

14 La influencia de los sistemas alimentarios en la adopción de prácticas agroecológicas: Factores políticos y económicos que dificultan o facilitan el cambio
Lori Ann Thrupp, David Colozza, John Choptiany.....277

15 Agroecología: Diseñar pequeños sistemas agrícolas resilientes al cambio climático en los países en desarrollo
Clara I. Nicholls, Miguel A. Altieri.....294



CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Personas y economía 323

16 Organización y procesos sociales para aplicar la agroecología en una escala mayor
Peter M. Rosset.....324

17 La agroecología y la economía de los ecosistemas y la biodiversidad: El diablo está en los detalles
Salman Hussain, Dustin Miller, Barbara Gemmill-Herren, Anne Bogdanski.....336

18 Redescubrir nuestra “farmacia” perdida: ¿Qué factores de protección de la salud se pierden cuando pasamos de un modelo de agricultura agroecológica a uno industrial?
Daphne Miller354

19 Socioeconomía agroecológica: La contribución de la agroecología a los ingresos agrícolas, la mano de obra y a otras dimensiones socioeconómicas de los sistemas alimentarios
Raffaele D’Annolfo, Benjamin Graeub, Barbara Gemmill-Herren.....363



ESTUDIOS DE CASOS

La agroecología en la práctica 381

20 Aprender e innovar juntos: Una asociación entre agricultores, científicos y organizaciones públicas y privadas
Gurbir S. Bhullar382

21 La reserva de la biosfera de Nilgiri: Un estudio de caso en la India
Mathew John, Snehlata Nath, Robert Leo.....391

22 Las experiencias de ActioAid en materia de agroecología
Celso Marcatto, Sita Tiwari.....400

23 Sistemas silvopastorales intensivos: Ganadería extensiva sostenible y gestión ambiental
Enrique Murgueitio R., Zoraida Calle, Julián Chará, Fernando Uribe, Carlos H. Molina406

24 Nuevos enfoques para hacer frente a los retos de la agroecología en un contexto de agricultura intensiva
Quentin Delachapelle, Goulven Le Bahers410

25 La agroecología en las regiones semiáridas: Prácticas y enseñanzas para la seguridad alimentaria y nutricional
Marilene Souza, Valquiria Lima418

26 Naturaleza Viva
Remo Vénica, Irmina Kleiner424

27 Sistemas de producción agroecológica urbanos y periurbanos
David Colozza, John Choptiany429

28 Agricultura intensiva y regeneradora Shongai: Un sistema agroecológico que despliega el capital ambiental de África
Godfrey Nzamujo.....434

Conclusiones y recomendaciones 437

29 Recomendaciones y próximas medidas para ampliar el alcance de la agroecología438



LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Introducción La agroecología – Un movimiento global para la seguridad y la soberanía alimentaria

- Cuadro 1.** Los niveles de transición y la integración de los tres componentes de la agroecología necesarios para el paso a un sistema alimentario mundial sostenible..... 12

01 Seguridad alimentaria y servicios ecosistémicos en un mundo en evolución: Ha llegado la hora de la agroecología

- Figura 1.** Datos sobre el rendimiento proporcionados por el experimento a largo plazo entre sistemas realizado en el rancho Russell, UC Davis, California..... 23
- Figura 2.** Comparación de los resultados ambientales de los sistemas de manejo orgánico y de manejo convencional en las rotaciones de 21 años del experimento DOK en Suiza 25
- Cuadro 1.** Niveles de infestación de caracoles, larvas de dípteros y cigarritas del arroz (individuos por m²) en las fases inicial y final del crecimiento de la planta 27
- Figura 3.** Imágenes de varios estudios de casos 28
- Cuadro 2.** Variables agronómicas y componentes de rendimiento del cultivar de trigo de invierno Tartarus producido bajo cultivo orgánico por agricultores de Zelanda, Países Bajos, siguiendo prácticas agronómicas actuales/adaptadas en 2011/12 30
- Cuadro 3.** Superficies (millones de kilómetros cuadrados) de África en que se observa una descenso, una estabilización o un aumento de la producción de biomasa, estimada a partir de la pendiente del INDV, por zona climática 31
- Figura 4.** Niveles de pobreza extrema en el Brasil durante los primeros 10 años de aplicación del programa Fome Zero (2003-2013), que muestran el umbral establecido como Objetivo de Desarrollo del Milenio para 2015 alcanzado en 2006 33

02 Mejora de la función y la prestación de servicios ecosistémicos en la agricultura: Principios agroecológicos

- Figura 1.** Comparación de los caminos convencional y ecológico de intensificación en los sistemas de cultivos ... 43

03 Crear ciclos virtuosos en los sistemas de las pequeñas granjas mediante la agroecología

- Figura 1.** Presentación esquemática de los ciclos viciosos interconectados provocados por la disminución de la productividad de los suelos, y de la manera en que afectan a los medios de vida en el contexto del cambio y la variabilidad climáticos 59
- Figura 2.** Nitrato-N medido a diferentes profundidades del suelo en varios sistemas de cultivo de maíz en suelos arcilloso-arenosos en Zimbabwé..... 61



Figura 3.	Respuesta del rendimiento del maíz en grano a la aplicación de N y P en suelos arenosos.....	62
Figura 4.	Evolución del rendimiento del maíz tras nueve campañas de monocultivo con y sin fertilización, con diferentes aplicaciones de recursos orgánicos en suelos de diferentes texturas.....	63
Figura 5.	Fuentes de consumo energético como porcentaje de la ingesta total anual por persona en las comunidades de pequeños agricultores, bajo la influencia de la variabilidad de las precipitaciones en el contexto del cambio climático en el distrito de Hwedza, Zimbabwe.....	65
Figura 6.	Productividad en biomasa y volumen de nitrógeno generado con barbecho indígena de leguminosas (indifallow) en comparación con el barbecho natural y el abono verde de cáñamo de Bengala en las zonas de pequeños agricultores de Goto y Nyahava en Zimbabwe oriental.....	68
Figura 7.	Acumulación de fósforo disponible en la planta en suelos arenosos después de cuatro años de secuencias de manejo integrado de la fertilidad del suelo en los campos de los pequeños agricultores en Zimbabwe	69
Figura 8.	Respuesta del rendimiento del maíz al fertilizante nitrogenado después de cuatro campañas de diferentes secuencias de MIFS sobre suelos arenosos en Zimbabwe oriental.....	70
Figura 9.	Beneficios para el rendimiento del maíz de la fertilización con zinc en suelos arenosos en los campos de los pequeños agricultores en Zimbabwe	72
Figura 10.	Preferencias de los agricultores por diferentes plataformas de intercambio de información y conocimientos agrícolas en el distrito de Hwedza, Zimbabwe	73
Figura 11.	Interacciones entre agricultores y diferentes partes interesadas con y sin la existencia de centros de aprendizaje asociados con las plataformas de innovación de distrito en Makoni, Zimbabwe.....	74

04 Ordenación de paisajes por las poblaciones: agroecología y procesos sociales

Figura 1.	Región de la Zona da Mata en el Estado de Minas Gerais, bioma de la selva pluvial atlántica, Brasil.....	84
------------------	--	----

05 Enfoques agroecológicos del fitomejoramiento: Diseño de cultivos, mezclas y sistemas para mejorar la aptitud, la intensificación sostenible, los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria y nutricional

Figura 1.	Tamaño de la superficie foliar al cabo de 39 días para las cebadas Yagan, Hamelin y Baudin cultivadas en un ambiente controlado con (A) una, (B) tres y (C) cinco plantas por maceta.....	101
Figura 2.	Peso en seco del amacollamiento al cabo de 62 días para las cebadas Yagan, Hamelin y Baudin cultivadas en un ambiente controlado con (A) una, (B) tres y (C) cinco plantas por maceta.....	101
Figura 3.	Pastos perennes mixtos gramínea-leguminosas	103
Figura 4.	Representación de sistemas agrícolas alternativos con cereales perennes permanentes.....	104
Figura 5.	Rotación por fases de cultivos perennes-cultivos anuales/pastos	105
Figura 6.	Los intercultivos de guandú arbustivo (intercultivo-GA) y las rotaciones de guandú arbustivo (rotación-GA) mejoran la relación valor-costo (RVC), la eficiencia de los fertilizantes, los rendimientos en proteína y proporcionan una mayor cubierta con respecto al monocultivo del maíz.....	106
Figura 7.	Compensaciones ecológicas para siete diferentes rotaciones de cultivo en el distrito de Watonwan, Minnesota.....	107
Figura 8.	Servicios ecosistémicos en tres regímenes de uso de la tierra	107



06 La salud del suelo y la sostenibilidad de la agricultura: El papel de la biota del suelo

Figura 1. Enlaces conceptuales entre fertilidad del suelo, calidad del suelo, salud del suelo y seguridad del suelo	114
Cuadro 1. Número estimado de plantas y organismos del suelo organizados por tamaño	116
Figura 2. Marco conceptual de relaciones entre la biota del suelo, los procesos edafológicos mediados biológicamente y la aportación de bienes y servicios ecosistémicos basados en el suelo.....	117
Figura 3. La descomposición es fundamental para la función del suelo en los agroecosistemas, y la atención al manejo de la materia orgánica es un rasgo cada vez más dominante en la agricultura	118
Figura 4. La fijación biológica del nitrógeno es una contribución muy importante del ciclo de los nutrientes a los agroecosistemas	119
Figura 5. Nitrógeno liberado o inmovilizado a partir de materiales orgánicos modificado por altas concentraciones de lignina o polifenoles	120
Figura 6. Opciones de gestión de los recursos orgánicos determinadas por los contenidos de N, lignina o polifenoles.....	120
Figura 7. Mecanismos biológicos de la formación y renovación de los agregados del suelo	121
Figura 8. El impacto de la intensificación agrícola en la biodiversidad, las funciones ecológicas y los insumos externos en ecosistemas naturales y agrícolas	123
Cuadro 2. Densidad media de diferentes biotas del suelo y coeficientes de respuesta calculados	125
Figura 9. Relaciones especiales entre la actividad de las lombrices de tierra y la distribución de árboles en el sistema agroforestal de Quesungual.....	125

07 Enfoques Ecológicos: Contribución de la diversidad entomológica, incluidos los polinizadores, en los sistemas de producción de alimentos de África oriental

Figura 1. Daños al maíz causados por barrenadores del tallo en el distrito de Embu, Kenia.....	135
Figura 2. Una planta cultivada debajo de un cobertor bajo de pestes y una red de gestión de microclima en KALRO, Kabete	140
Figura 3. Agricultores graduados después de una temporada completa en el entrenamiento de polinización de las Escuelas de Campo para Agricultores.....	144

08 La Biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los paisajes agrícolas: revertir las externalidades de la agricultura

Figura 1. El marco sobre el agua, la tierra y los ecosistemas del CGIAR para la gestión de los servicios ecosistémicos y la resiliencia	153
Figura 2. Los objetivos multifuncionales de los sistemas agrícolas	154
Figura 3. Representación gráfica de los efectos de dispersión ponderados según la distancia de paisajes heterogéneos	161
Figura 4. Modelización de la conectividad en la granja del CATIE de 1000 hectáreas en Costa Rica para dos especies: el mosquero aceitunado (<i>Mionectes oligeanus</i>) dependiente de los bosques y la plaga agrícolas de la broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>).....	164



09 Enfoques ecológicos para reducir los insumos externos en la actividad agrícola

- Cuadro 1.** Volumen de agua almacenada en relación con la MOS..... 176
- Figura 1.** Rendimientos medios por tratamiento, en kg/ha, relativos a 5 cultivos en Tigray, 200-2006 184

10 Enfoques agroecológicos sobre la escasez de agua

- Figura 1.** Asignación presupuestaria agrícola a la ganadería como porcentaje del presupuesto gubernamental total en el África subsahariana..... 197
- Cuadro 1.** Pérdida de humedales en la Argentina 204
- Cuadro 2.** Planes de riego tanzanos con contribuciones anuales de los agricultores en las zonas de regadío..... 206
- Figura 2.** Tarifas anuales de afiliación y su relación con la gravedad de la pobreza en Tanzania 206

11 La agroforestería: cumpliendo la promesa de un enfoque agroecológico

- Cuadro 1.** Número de especies arbóreas que cumplen funciones específicas de importancia para los medios de vida de los pequeños agricultores y distribución geográfica conocida de estas especies..... 221
- Figura 1.** Riqueza media de especies de diferentes grupos funcionales de árboles a diferentes escalas de paisaje (de 1 a 201 granjas) en Kenya occidental..... 223
- Figura 2.** El paradigma de coaprendizaje se propone reducir las incertidumbres y los riesgos en la adopción de tecnologías agrícolas..... 225
- Figura 3.** Niveles de seguridad alimentaria en 300 hogares encuestados en el distrito de Machakos, Kenya, y períodos de recolección de las más importantes especies frutales exóticas y nativas según los encuestados 231

12 Agroecología: la integración con la ganadería

- Figura 1.** Cinco principios ecológicos para un nuevo diseño de los sistemas de producción animal..... 247
- Figura 2.** Efectos de la intensificación de los pastizales por el pastoreo y el corte, y aplicación de fertilizante nitrogenado en la producción animal, productividad primaria neta, secuestro de carbono del suelo y balance de GEI por unidad de tierra y por unidad de producción animal 253
- Figura 3.** Integración agropecuaria y diversidad del manejo de fertilizantes orgánicos en Malí 257
- Figura 4.** Diagrama simplificado de las interacciones en los sistemas integrados agropecuarios-acuícolas en Asia sudoriental..... 258
- Figura 5.** Biomasa por encima del suelo a escala de parche como función del número de especies de plantas en una parcela (14 x 14 cm) 262

14 La influencia de los sistemas alimentarios en la adopción de prácticas agroecológicas: Factores políticos y económicos que dificultan o facilitan el cambio

- Figura 1.** Representación visual de los sistemas alimentarios..... 280
- Figura 2.** Cadenas de causalidad de los factores políticos y económicos que afectan a las decisiones de los productores de alimentos 281
- Figura 3.** Recuento nacional de listas de directorios de mercados de agricultores en los Estados Unidos de América 288



15 Agroecología: Diseñar pequeños sistemas agrícolas resilientes al cambio climático en los países en desarrollo

Figura 1.	Las sequías afectarán gravemente a la producción de cultivos de secano, como este maíz de temporal en la región de la Mixteca en México	296
Figura 2.	El mantenimiento y despliegue de variedades tradicionales manejadas con tecnologías tradicionales ofrece protección contra el riesgo climático	301
Figura 3.	Respuesta de los sistemas pastorales tropicales a la sequía en Colombia	303
Figura 4.	Respuesta de los monocultivos y de las granjas diversificadas a los daños causados por el huracán en Honduras.....	304
Figura 5.	Una granja diversificada en Sancti Spiritus, Cuba, que presenta rotaciones cultivos-pastos y una compleja matriz de rompe vientos y setos vivos de múltiples propósitos para brindar protección contra los efectos de los huracanes.....	304
Figura 6.	Características socioecológicas que determinan la vulnerabilidad y la capacidad reactiva de los agricultores para mejorar la resiliencia de sus sistemas y comunidades	310
Figura 7.	Valores de ‘vulnerabilidad’ de las granjas convencionales (rojo) en relación con las agroecológicas (verde) en Antioquia, Colombia	312
Figura 8.	Los valores de la ‘Capacidad de Respuesta’ de la gestión de los agricultores convencionales (rojos) frente a las granjas agroecológicas (verde) en Antioquia, Colombia.....	313
Figura 9.	Triángulo de riesgo que muestra la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de las granjas agroecológicas (puntos verdes) y convencionales (puntos naranjas) en Antioquia, Colombia.....	313
Figura 10.	Formularios utilizados por los agricultores para evaluar cuatro agroecosistemas en cada comunidad de Zaragoza y El Rosario, sobre la base de 14 indicadores elaborados localmente	315
Cuadro 1.	Prácticas agroecológicas y potencial que encierran para mejorar la resiliencia al estrés climático mediante diversos efectos en la calidad del suelo y la conservación del agua	317

19 Socioeconomía agroecológica: Contribución de la agroecología a los ingresos agrícolas, la mano de obra y otras dimensiones socioeconómicas de los sistemas alimentarios

Cuadro 1.	Descripción de los activos de medios de vida y los indicadores socioeconómicos conexos a nivel de granja.....	366
Figura 1.	Indicadores socioeconómicos (frecuencias relativas)	373
Figura 2.	Efectos de la adopción de prácticas agroecológicas en el Marco de los MVS (frecuencias relativas)	374

20 Aprender e innovar juntos: Una asociación entre agricultores, científicos y organizaciones públicas y privadas

Figura 1.	Ciclo de innovación utilizado en la investigación en la granja	386
Figura 2.	Participación de diferentes partes interesadas en el proceso de investigación	389

21 La reserva de la biosfera de Nilgiri: Un estudio de caso en la India

Cuadro 1.	Diversidad de cultivos y alimentos silvestres cultivados por los kurumbas.....	394
Figura 1.	Calendario de actividades de subsistencia en las comunidades kurumbas	397



22 Las experiencias de ActionAid en materia de agroecología

Figura 1. Enfoques y pilares de la Iniciativa de ActionAid en materia de agroecología 402

26 Naturaleza Viva

Figura 1. Producción anual de Naturaleza Viva 427

27 Sistemas de producción agroecológica urbanos y periurbanos

Figura 1. Agricultura urbana y periurbana en La Habana, Cuba..... 432





PREFACIO

Nuestro sistema alimentario global se encuentra en una encrucijada: la agricultura debe hacer frente a los desafíos del hambre y la malnutrición en un contexto de crecimiento demográfico; mayor presión sobre los recursos naturales, en especial sobre los suelos y el agua; pérdida de biodiversidad, e incertidumbres relacionadas con el cambio climático. Mientras que en el pasado los esfuerzos se centraron en el fomento de la producción agrícola para producir más alimentos, los desafíos actuales, entre ellos el cambio climático, exigen un nuevo enfoque.

Debemos orientarnos hacia sistemas alimentarios más sostenibles – sistemas alimentarios que produzcan más, con menor costo ambiental. En muchos países, la agricultura ha sido considerada enemiga del medio ambiente, pero cada vez se reconoce más que un sector agrícola regenerador y productivo puede ofrecer beneficios ambientales y, a la vez, crear empleo rural y medios de vida sostenibles. La agroecología brinda la posibilidad de soluciones que benefician a todos. Al crear sinergias, puede aumentar la producción de alimentos y la seguridad alimentaria y nutrición, mientras restablece los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, que son esenciales para la producción agrícola sostenible. Creo firmemente que la agroecología puede desempeñar un papel importante en el fomento de la resiliencia y la adaptación al cambio climático. Durante el *Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición*, celebrado en la Sede de la FAO, en Roma, el 18 y 19 de septiembre de 2014, las partes interesadas representantes de los gobiernos, la sociedad civil, el mundo científico y académico, el sector privado y el sistema de las Naciones Unidas se reunieron para examinar la contribución de la agroecología a los sistemas alimentarios sostenibles. El simposio brindó una oportunidad para intercambiar experiencias y crear la base de datos empíricos sobre la agroecología. Estas Actas recogen las lecciones aprendidas, las investigaciones científicas y los estudios de caso sobre la práctica de la agroecología.

Experiencias agroecológicas se puede encontrar en todas las regiones; en muchos países de América Latina y Europa ya se han aplicado políticas agroecológicas. Los enfoques agroecológicos han sido reconocidos también por órganos internacionales, como el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial.

La FAO considera la agroecología una contribución positiva para la erradicación del hambre y la pobreza extrema, y un medio para facilitar la transición hacia sistemas alimentarios más productivos, sostenibles e inclusivos. La FAO seguirá colaborando con los países para aprovechar los beneficios de la agroecología mediante el fortalecimiento de la base de datos empíricos y la selección e intercambio de ejemplos sobre políticas, estrategias y enfoques exitosos. Como señalé durante el simposio, las experiencias y conocimientos cotidianos de los agricultores familiares son la base de nuestra supervivencia. Debemos marchar juntos hacia un camino más sostenible.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'J. Graziano da Silva', is positioned above the printed name.

José Graziano da Silva
Director General de la FAO



AGRADECIMIENTOS

La FAO quiere agradecer a las personas que han contribuido al éxito del Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, celebrado en la Sede de la FAO, en Roma, el 18 y 19 de septiembre de 2014. Se agradece a los participantes, conferenciantes, delegados, así como a la Secretaría y a aquellos que colaboraron entre bastidores en muchos aspectos, pues sin sus contribuciones el Simposio Internacional no hubiera sido posible.

En particular, agradecemos el apoyo de Francia y Suiza, que proporcionaron contribuciones financieras al Simposio Internacional a través del Ministerio de Agricultura, Agroalimentación y Silvicultura francés, y de la Cooperación para el Desarrollo y la Oficina Federal de Agricultura suizas.

Expresamos nuestro agradecimiento especial a los miembros del comité científico, Miguel Altieri, Irene Cardoso, Barbara Gemmill-Herren, Ethienne Hainzelin, Salman Hussain, Masa Iwanaga, Paul Mapfumo, Ephraim Nkonya, Jean-François Soussana, Pablo Tiftonell y Fusuo Zhang por su liderazgo en sentar las bases del Simposio internacional y de estas Actas.

Las ilustraciones de esta publicación son de Guida Joseph. El diseño gráfico es del Estudio Bartoleschi. Las Actas fueron editadas por Soren Moller.



LISTA DE SIGLAS

- ABA** Asociación Brasileña de Agroecología
- ACAO** Asociación Cubana de Agricultura Orgánica
- ACB** análisis del ciclo biológico
- ACNUR** Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados
- ACT** Red Africana de labranza de Conservación (African Conservation Tillage network)
- ADE** agricultura altamente sostenible doblemente eficaz
- AFD** Base de datos de Árboles Agroforestales (ICRAF) (Agroforestry Database)
- AFZ** Asociación Francesa de Zootecnia
- ANA** Articulación Nacional de la Agroecología (Brasil)
- ANAP** Asociación Nacional de Agricultores Pequeños de Cuba
- APOT** Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba
- ARS** Servicio de Investigaciones Agrícolas de los Estados Unidos (United States Agricultural Research Service)
- ASA** Articulación Semiárido Brasileño
- ASRC** agricultura sostenible resiliente al clima
- ATDE** alta tecnología doblemente eficaz
- BRO** Base de datos de recursos orgánicos
- CAO** Comunidad del África Oriental
- CATIE** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- CBM** Corredor Biológico Mesoamericano
- CBVCT** Corredor Biológico Volcánica Central Talamaca
- CEB** Comunidades Eclesiales de Base (Brasil)
- CGIAR** Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (Consultative Group for International Agricultural Research)
- CIAT** Centro Internacional de Agricultura Tropical
- CIID** Centro internacional de investigación para el desarrollo (Canadá)
- CIMMYT** Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
- CIPAV** Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
- CIRAD** Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (Centre de Coopération Internationale en Recherche agronomique pour le développement)
- CIVAM** Centros de iniciativas para valorizar la agricultura y el medio rural (Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural)
- CNPq** Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Brasil)
- CONACYT** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
- COS** carbono orgánico del suelo
- CPT** Comisión Pastoral de la Tierra (Brasil)
- CTA** Centro de Tecnologías Alternativas de la Zona de Mata
- DFID** Departamento para el Desarrollo Internacional (Reino Unido) (Department for International Development)
- DRP** diagnóstico rural participativo
- ECOSUR** Colegio de la Frontera Sur (México)



- EFI** Iniciativa de Alimentación Equitativa (Equitable Food Initiative)
- EMBRAPA** Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)
- ETH** Instituto Federal Suizo de Tecnología
- FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- FAPEMIG** Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais)
- FBN** Fijación biológica del nitrógeno
- FiBL** Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (Suiza)
- FIDA** Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
- FST** prueba de los sistemas agrícolas de Rodales (Rodale Farming Systems Trial)
- GEI** gas de efecto invernadero
- GIRAF** Grupo interdisciplinario de investigación agroecológica de Bélgica
- GPS** sistema global de posicionamiento (global positioning system)
- HMA** hongos micorrícicos arbusculares
- IAASTD** Evaluación Internacional del Conocimiento, Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Agrícola (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development)
- IBGE** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística
- ICIPE** Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (International Centre of Insect Physiology and Ecology)
- ICRAF** Centro Mundial de Agrosilvicultura
- IFOAM** Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (International Federation of Organic Agriculture Movements)
- IFS** Fundación Internacional para la Ciencia (International Foundation for Science)
- IIED** Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo (International Institute for Environment and Development)
- IITA** Instituto Internacional de Agricultura Tropical (International Institute of Tropical Agriculture)
- INDV** índice normalizado diferencial de la vegetación
- INTA** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)
- INRA** Instituto Nacional de Investigación Agronómica (Francia) (L'Institut National de la Recherche Agronomique)
- IPCC** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (International Panel on Climate Change)
- IPG** investigación participativa en la granja
- LED** Servicio de Liechtenstein para el Desarrollo
- LSMS-ISA** Estudio sobre la Medición de Niveles de Vida-Encuesta Integrada sobre Agricultura (Living Standards Measurement Study – Integrated Surveys on Agriculture)
- LVC** La Vía Campesina
- MDA** Ministerio de Desarrollo Agrario (Brasil)
- MIFS** manejo integrado de la fertilidad de los suelos
- MIP** manejo integrado de plagas
- MOS** materia orgánica del suelo
- MVS** medios de vida sostenibles
- NPK** nitrógeno, fósforo y potasio
- ODAD** Oficina de Desarrollo Agrícola de Distrito (Nepal)
- OMS** Organización Mundial de la Salud



- ONG** organización no gubernamental
- PAC** política agrícola común
- PCG** potencial de calentamiento global
- PDSA** Programa de Desarrollo del Sector Agrícola (Tanzanía)
- PFNM** producto forestal no maderable
- PIB** producto interno bruto
- PLANAPO** Plan Nacional de Agroecología y Producción Orgánica (Brasil)
- PMA** Programa Mundial de Alimentos
- PNUMA** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- PTA** Proyecto de Tecnologías Alternativas
- REDAGRES** Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Resilientes al Cambio Climático
- SDC** Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (Swiss Agency for Development and Cooperation)
- SPD** Sistema público de distribución (India)
- SIA** Sistema de intensificación del arroz
- SOCLA** Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología
- SOFECSA** Consorcio de la fertilidad del suelo para el Sur de Africa (Soil fertility consortium for Southern Africa)
- SSPi** sistema silvopastoral intensivo
- STR** Sindicato de Trabajadores Rurales (Brasil)
- TASA** tierras áridas y semiáridas
- TEEB** la economía de los ecosistemas y la biodiversidad (The economics of ecosystems and biodiversity)
- TEEBAgFood** TEEB para la agricultura y la alimentación
- TME** tecnología de manejo extensivo
- UGT** unidades ganaderas tropicales
- UNCTAD** Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
- USAID** Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (United States Agency for International Development)
- USDA** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)
- ZBNF** Agricultura Natural de Presupuesto Cero (Zero Budget Natural Farming) (India)
- ZIMSOFF** Foro de Pequeños Agricultores Orgánicos de Zimbabwe (Zimbabwe Organic Smallholder Farmers Forum)





INTRODUCCIÓN

LA AGROECOLOGÍA – UN MOVIMIENTO GLOBAL PARA LA SEGURIDAD Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

Stephen R. Gliessman

Profesor emérito de Agroecología, Universidad de California, Santa Cruz, CA, USA

Correo electrónico: gliess@ucsc.edu

Hoy, una de las definiciones más completas de agroecología es la de “ecología del sistema alimentario” (Francis *et al.*, 2003). Esta definición tiene el objetivo explícito de transformar los sistemas alimentarios orientándolos hacia la sostenibilidad, a fin de mantener un equilibrio entre la responsabilidad ecológica, la viabilidad económica y la justicia social (Gliessman, 2015). Sin embargo, para lograr esta transformación, se deben cambiar todos los componentes del sistema alimentario, desde las semillas y los suelos hasta la mesa del consumidor (Gliessman y Rosemeyer, 2010). Los que cultivan los alimentos, los que

los consumen y los que los llevan de unos a otros deben estar conectados en un movimiento social que respete la profunda relación existente entre cultura y medio ambiente que dio origen a la agricultura. Nuestro sistema alimentario actual, globalizado e industrializado, no está demostrando ser sostenible en ninguno de los tres aspectos de la sostenibilidad (económico, social o ambiental) (Gliessman, 2007; 2015). Una comprensión profunda de lo que puede ser un enfoque holístico y ecológico del sistema alimentario, puede producir los cambios necesarios para restablecer la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.

LA EVOLUCIÓN DEL ENFOQUE AGROECOLÓGICO PARA EL CAMBIO DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS: DE LA GRANJA AL SISTEMA ALIMENTARIO

Si nos remontamos a uno de los primeros lugares donde el actual movimiento agroecológico echó raíces en la década de 1970 – las tierras bajas tropicales de México sudoriental, en el Estado de Tabasco– resulta claro que este arraigo descansaba tanto en bases ecológicas cada vez más profundas como en la resistencia a las presiones que ejercía la denominada Revolución Verde (Gliessman, 2013). Un examen agroecológico del monocultivo de productos tales como maíz, frijol, arroz y caña de azúcar, no tardó en demostrar que este régimen de cultivo estaba



causando una degradación ecológica (erosión de suelos, pérdida de agrobiodiversidad, brotes de plagas, entre otros) y limitaciones sociales (pobreza, malnutrición, dependencia, pérdida de diversidad de medios de vida, entre otros) (Barkin, 1978; Hart, 1979; Kimbrell, 2002). Cuando fue claro que el conocimiento ecológico se podía combinar con la riqueza de la cultura y experiencia locales en materia de agricultura que son inherentes a los sistemas agrícolas (Gliessman, 1978; Gliessman *et al.*, 1981), las raíces interdisciplinarias de la agroecología comenzaron a florecer.

Tras el establecimiento del primer programa universitario formal de agroecología en 1982 en la Universidad de California, Santa Cruz, el enfoque agroecológico fue respaldado por una actividad exhaustiva de investigación y enseñanza (Gliessman, 1984). Su focalización a nivel del ecosistema permitió la elaboración de pautas de investigación interdisciplinarias basadas sobre el terreno, que asociaban el enfoque del agrónomo, más orientado a la producción, con el punto de vista del ecólogo, más orientado al sistema (Gliessman, 1990). Comenzaron a surgir diferentes metodologías de cuantificación y evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas, y ejemplos de los conceptos y principios de gestión necesarios para desarrollar una base sostenible de aprovechamiento, manejo y conservación de la tierra (Gliessman, 2001).

La publicación de un manual universitario, acompañado de un manual de trabajo sobre el terreno y de laboratorio (Gliessman, 1998a; 1998b), seguidos de reediciones en 2007 y 2015, han constituido etapas importantes para el reconocimiento de la agroecología como disciplina universitaria. A los estudiantes se les ofrece una introducción detallada a los principios y procesos ecológicos que constituyen la base de la agricultura sostenible, así como oportunidades de adquirir una experiencia práctica en el marco del proceso de aprendizaje. Para comprender y promover los cambios aportados por los agricultores en sus prácticas y enfoques agrícolas, el manual se refirió originalmente a los tres niveles, definidos por MacRae *et al.*'s (1990), de la conversión de un ecosistema agrícola a la sostenibilidad (descritos en la siguiente sección y resumidos en el Cuadro 1). Junto con el conocimiento ecológico necesario para realizar estas transiciones, se elaboraron conceptos importantes, que proporcionaron un protocolo para el estudio de los ecosistemas. Desde la publicación de la primera edición del libro, la agroecología ha experimentado una expansión y maduración tanto en su campo de estudio como en su focalización. A partir de mediados del decenio de 2000, el centro de atención de la agroecología se ha alejado del nivel de campo y de la granja para abarcar todo el sistema alimentario, destacando la importancia del establecimiento de redes alimentarias que vinculan todos los componentes del sistema alimentario. Hoy, se ha llegado al punto en que la agroecología ha integrado plenamente su papel de movimiento conectado en red de cambio social y de transformación de los sistemas alimentarios.

UTILIZACIÓN DE LA AGROECOLOGÍA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Los agricultores tienen fama de ser innovadores y experimentadores, dispuestos a adoptar nuevas prácticas cuando perciben que obtendrán alguna ventaja, pero conservando las que han demostrado su eficacia en el tiempo. Esto es especialmente cierto en el caso de los pequeños agricultores de todo el mundo (Altieri, 2004; Altieri y Toledo, 2011). Sin embargo, durante los



últimos 50 años, el principal motor de la innovación agrícola ha sido la importancia excesiva atribuida a los altos rendimientos y una visión estrecha y cortoplacista de la rentabilidad de la granja, lo que ha dado lugar a cuantiosas ganancias para algunos, pero a menudo a costa de una serie de efectos ambientales y sociales negativos. Aunque la presión sobre el resultado (económico) final sigue siendo fuerte, muchos agricultores optan por realizar la transición hacia prácticas más racionales desde el punto de vista ambiental y capaces de contribuir a la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura. Otros crean empresas agrícolas que incorporan desde el inicio una variedad de enfoques que tienen en cuenta la ecología. Por último, otros recurren a principios agroecológicos para reforzar los conocimientos, experiencias y redes agrícolas locales acumulados a lo largo de los siglos (Altieri y Toledo, 2011). Todos estos tipos de esfuerzos representan la ‘transición’ o ‘transformación’ de la agricultura en sentido amplio.

La transición hacia una gestión basada en la ecología descansa en los principios de la agroecología. Estos principios pueden entrar en juego inicialmente en el proceso real de modificación de la manera de producir los alimentos. Los agricultores que participan en el proceso de transición saben por intuición, experiencia y conocimiento, lo que *no* es sostenible y lo que, al menos, es *más* sostenible. Sin embargo, está demás decir que hace falta una comprensión más detallada del proceso. A manera de contribución a esta evolución, a continuación se propone un protocolo para convertir sistemas industriales/convencionales en sistemas más sostenibles. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de este protocolo.

El proceso de transición

El proceso de transición puede ser complejo y exigir cambios en las prácticas de campo, la gestión cotidiana de las operaciones agrícolas, la planificación y comercialización, y los principios. Los siguientes principios pueden servir de directrices para orientarse en la transformación global:

- » pasar de un modelo de gestión de nutrientes basado en una sola utilización, a otro centrado en el reciclaje con una mayor dependencia de los procesos naturales, como la fijación biológica del nitrógeno y las relaciones planta-micorrizas;
- » utilizar fuentes de energía renovables en lugar de fuentes de energía no renovables;
- » eliminar los insumos artificiales no renovables de origen externo a la granja, que pueden perjudicar el medio ambiente o la salud de los agricultores, los trabajadores agrícolas o los consumidores;
- » utilizar materiales naturales en lugar de insumos sintéticos o manufacturados cuando se deben introducir materiales en el sistema;
- » manejar las plagas, enfermedades y malas hierbas en lugar de “combatirlas”;
- » restablecer las relaciones biológicas que se pueden producir de manera natural en la granja en lugar de reducirlas y simplificarlas;
- » adaptar de manera más adecuada los planes de cultivo al potencial productivo y las limitaciones físicas del paisaje de la granja;
- » utilizar una estrategia de adaptación de las potencialidades biológicas y genéticas de las plantas y los animales a las condiciones ecológicas de la granja, en lugar de modificar la granja para adaptarla a las necesidades de los cultivos y los animales;



- » atribuir más importancia a la salud general del ecosistema agrícola que a los resultados de un sistema o campaña agrícola determinados;
- » dar prioridad a la conservación de los recursos de suelo, agua, energía y a los recursos biológicos;
- » respetar los conocimientos y experiencia locales en materia de diseño y gestión de ecosistemas agrícolas;
- » incorporar el principio de sostenibilidad a largo plazo en el diseño y la gestión general del ecosistemas.

La integración de estos principios genera una sinergia de interacciones y relaciones en la granja que a la larga favorece el desarrollo de las propiedades que caracterizan los agroecosistemas sostenibles. La importancia atribuida a los diferentes principios puede variar, pero todos pueden contribuir en gran medida al proceso de transición. No debemos conformarnos con un enfoque de la transición que se limite a sustituir los insumos y las prácticas industriales/convencionales con alternativas benignas para el medio ambiente; ni tampoco con un enfoque impuesto únicamente por las demandas de mercado o que no tenga en cuenta la salud económica y social de las comunidades agrícolas. La transición debe ser parte del fomento de la seguridad alimentaria para todos, en todas partes del mundo.

Etapas de transición

Para muchos agricultores, pasar rápidamente al diseño y la práctica de un ecosistema agrícola sostenible no es posible ni conveniente. Por este motivo, muchos intentos de transición proceden a pequeños pasos hacia el objetivo final de la sostenibilidad, o simplemente se centran en el desarrollo de sistemas de producción alimentarios un poco más racionales desde el punto de vista ecológico. Las tres primeras etapas de conversión a un sistema alimentario sostenible se centran en la granja (MacRae *et al.*, 1990; Gliessman, 2015). Las otras dos etapas trascienden el nivel de la granja. Las tres primeras etapas nos ayudan a describir las medidas que los agricultores adoptan efectivamente para abandonar los agroecosistemas industriales o convencionales; las cinco etapas consideradas en su conjunto pueden servir para cartografiar el proceso de evolución que afecta a todo el sistema alimentario global.

Etapas de transición:

Mejorar la eficacia de las prácticas industriales/convencionales para reducir el uso y consumo de insumos costosos, escasos o perjudiciales para el medio ambiente.

El objetivo de este enfoque es aprovechar los insumos de manera más eficaz para tener menor necesidad de ellos y además reducir los efectos negativos derivados de su utilización. Este enfoque ha sido el eje principal de gran parte de la investigación agrícola convencional, a través de la cual se han desarrollado numerosas tecnologías y prácticas. Como ejemplos se pueden citar la optimización del espaciado y la densidad de los cultivos, la mejora de la maquinaria agrícola, el seguimiento de las plagas para mejorar la aplicación de los plaguicidas,



la programación mejorada de las operaciones, y la agricultura de precisión para optimizar el uso de los fertilizantes y el agua. Estos tipos de esfuerzo, si bien reducen los impactos negativos de la agricultura convencional, no contribuyen a romper la dependencia con respecto a los insumos artificiales externos.

Etapa dos:

Sustituir los insumos y prácticas industriales/convencionales con prácticas alternativas.

El objetivo de esta etapa de transición es reemplazar productos y prácticas que consumen una gran cantidad de recursos y que son dañinos para el medio ambiente por otros menos perjudiciales. La agricultura orgánica y la investigación bioagrícola han insistido en este enfoque. Como ejemplos de prácticas alternativas se pueden citar el uso de cultivos de cobertura fijadores de nitrógeno y de rotaciones para sustituir los fertilizantes nitrogenados, el uso de agentes de control biológico en lugar de plaguicidas, y el paso a la labranza reducida o mínima. En esta etapa, la estructura básica del ecosistema agrícola no se modifica realmente, por lo que muchos de los problemas propios de los sistemas industrial y convencional se presentan también en los sistemas basados en la sustitución de insumos.

Etapa tres:

Rediseñar el ecosistema agrícola para que funcione sobre la base de un nuevo conjunto de procesos ecológicos.

En esta etapa, cambios fundamentales en el diseño general del sistema eliminan las causas primordiales de mucho de los problemas presentes todavía en las etapas uno y dos. Así, en lugar de buscar maneras acertadas de resolver los problemas, se evita que estos surjan. Los estudios de conversión de todo el ecosistema agrícola posibilitan la comprensión de los factores limitantes del rendimiento en el contexto de la estructura y la función del ecosistema agrícola. Los problemas se reconocen y, por tanto, se evitan mediante enfoques de diseño y gestión internos y específicos al lugar y al período, en lugar de recurrir a la aplicación de insumos agrícolas externos. Como ejemplo se puede citar la diversificación de la estructura y la gestión de la granja mediante el uso de rotaciones, cultivos múltiples y la agroforestería.

Etapa cuatro:

Restablecer una relación más directa entre los que cultivan los alimentos y los que los consumen.

La transición se produce dentro de un contexto cultural y económico, y este contexto debe favorecer el paso a prácticas más sostenibles. A nivel local, esto implica que el consumidor valora los productos cultivados localmente y apoya, mediante su gasto alimentario, a los agricultores que se esfuerzan por superar las etapas uno, dos y tres. Este apoyo asume la forma de una especie de "ciudadanía alimentaria" y se vuelve una fuerza para el cambio del sistema. Cuanto más frecuente es esta transformación en las comunidades del mundo entero, más nos acercamos al nuevo paradigma cultural y económico de sostenibilidad, que es el requisito previo para llegar a la etapa cinco.



Etapa cinco:

Sobre las bases creadas por los agroecosistemas sostenibles a nivel de la granja de la etapa tres, y las relaciones alimentarias sostenibles de la etapa cuatro, construir un nuevo sistema alimentario global basado en la equidad, la participación y la justicia, que además de ser sostenible ayude también a restablecer y proteger los sistemas que apoyan la vida en la Tierra.

A diferencia de las etapas uno, dos, tres y cuatro, la etapa cinco supone un cambio a nivel mundial cuyo impacto en la naturaleza de la civilización humana será tan profundo que trascenderá el concepto de 'transición'. Pese a ello, el camino hacia la etapa cinco pasa necesariamente por el proceso de transición práctico a nivel de la granja descrito poco antes.

En lo que atañe a la investigación, los agrónomos y otros investigadores agrícolas han realizado un buen trabajo sobre la transición de la etapa uno a la etapa dos, y desde hace ya algún tiempo que la investigación sobre la transición a la etapa tres está en curso. Sin embargo, los trabajos relacionados con la ética y la economía de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios asociados a las etapas cuatro y cinco acaban de comenzar (Berry, 2009; Jackson, 2011). La agroecología proporciona las bases para las investigaciones y las acciones comunitarias necesarias. En última instancia, nos ayudará a encontrar las respuestas a preguntas más amplias y más abstractas, como ¿qué es la sostenibilidad? ¿cómo sabremos si la hemos logrado?

DE TODOS MODOS ¿QUÉ ES UN SISTEMA ALIMENTARIO SOSTENIBLE?

¿Cuál es la alternativa a la agricultura industrial? Pese a estar dedicada a elaborar formas de agricultura sostenible, la agroecología no puede responder a esta pregunta de manera tan directa como deseáramos. La agroecología se compone de principios, conceptos y estrategias que deben formar la base de todo sistema de producción alimentaria que pretenda legítimamente ser un sucesor más sostenible de la agricultura industrial. Estos principios, conceptos y estrategias están más orientados a ofrecer un marco para el diseño de agroecosistemas sostenibles que a facilitar recetas o planes para la construcción o gestión de agroecosistemas efectivos, y no constituyen los elementos específicos de un sistema alimentario mundial en su totalidad.

Sin embargo, los principios agroecológicos sugieren los elementos generales de un sistema alimentario sostenible, y la descripción de estos elementos nos ayudará a visualizar algunos de los objetivos hacia los que apunta el enfoque agroecológico.

Exploración del concepto de sostenibilidad

Para entender mejor los elementos de un sistema alimentario futuro que funcione conforme a criterios más sostenible que el sistema alimentario actual basado en la agricultura industrial, conviene explorar qué significa el término *sostenibilidad*.



Dado que los científicos, analistas y activistas, entre otros, señalan cada vez con mayor frecuencia la *insostenibilidad* de los sistemas y prácticas actuales de la sociedad humana (que van desde la utilización de combustibles fósiles y la agricultura industrial hasta la dependencia del sistema económico de un crecimiento constante), se ha vuelto cada vez más común adoptar la etiqueta de ‘sostenible’. Todos quieren que sus productos, industrias, métodos alternativos o propuestas se consideren ‘sostenibles’. Como consecuencia de ello, el término sostenibilidad se ha vuelto cada vez más vago, ambiguo y confuso.

Además, como marco para el análisis crítico de la agricultura industrial y para el desarrollo de alternativas, el concepto de sostenibilidad presenta un defecto fundamental porque depende completamente de una visión inferida o hipotética del futuro. Condenar a un sistema o práctica como insostenible significa esencialmente declarar que es malo porque no durará. Este enfoque elude la posibilidad de que esté ocasionando graves consecuencias negativas en este momento, en el presente. Por el contrario, defender como deseable un sistema o práctica porque es sostenible equivale a decir que su principal ventaja será su durabilidad en el tiempo –que se puede esperar que siga existiendo en algún momento del futuro. Esta característica, por sí sola, no garantiza que el sistema o la práctica reduzcan o reviertan los daños experimentados por las personas o los sistemas naturales, o que ofrezcan una ventaja. Estas deficiencias tienen su origen en un problema práctico muy real relacionado con el concepto de sostenibilidad: como la sostenibilidad en sí no puede demostrarse nunca en el presente, su confirmación está siempre en el futuro, fuera del alcance. Por tanto, es casi imposible saber con certeza si una práctica determinada es de hecho sostenible, o si un conjunto determinado de prácticas representa la sostenibilidad.

A pesar de estas deficiencias del término sostenibilidad, la agroecología no lo abandona por otro término. En parte, porque no existe un término alternativo adecuado. Además, siempre que se utilice con precisión y conforme a su significado original, el término expresa la esencia de lo que esperamos crear como alternativa a la agricultura industrial, esto es, un sistema de producción, distribución y consumo alimentarios que pueda perdurar indefinidamente porque no siembra las semillas de su desaparición. Pero la sostenibilidad abarca mucho más que la simple perduración. En su acepción agroecológica, la sostenibilidad se refiere también a las diversas características de un sistema o una práctica ostensiblemente sostenible, que confieren a dicho sistema o práctica la autosuficiencia, resiliencia y equilibrios que le *permiten* perdurar en el tiempo.

Si debemos utilizar el término “sostenible” para indicar las características esenciales de lo que esperamos crear como alternativa a la agricultura industrial, tenemos que ser muy precisos con respecto a lo que implica nuestro uso del término. Basándonos en nuestros conocimientos actuales, podemos indicar que un sistema alimentario sostenible debe al menos:

- » tener efectos negativos mínimos en el medio ambiente y liberar volúmenes insignificantes de sustancias tóxicas o dañinas en la atmósfera, las aguas superficiales y las aguas subterráneas;
- » reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuir a mitigar los efectos del cambio climático mediante el aumento de la capacidad de los sistemas de almacenar carbono fijo, y facilitar la adaptación a un clima más caliente;
- » preservar y restaurar la fertilidad de los suelos, prevenir su erosión y mantener su salud ecológica;



- » utilizar el agua de manera que se puedan recargar los acuíferos y se puedan atender las necesidades hídricas del medio ambiente y las personas;
- » utilizar principalmente los recursos propios del ecosistema agrícola, incluidas las comunidades cercanas, reemplazando los insumos agrícolas externos con el reciclaje de nutrientes, una mejor conservación y una base ampliada de conocimientos ecológicos;
- » contribuir a valorizar y conservar la diversidad biológica, tanto en la naturaleza como en los paisajes domesticados por el hombre;
- » garantizar la igualdad de acceso a las prácticas, conocimientos y tecnologías agrícolas adecuados, y crear las condiciones para el control local de los recursos naturales;
- » eliminar el hambre, asegurar la seguridad alimentaria de manera culturalmente adecuada y garantizar el derecho de todos los seres humanos a una alimentación adecuada;
- » abolir las injusticias sociales, económicas y políticas presentes en los sistemas alimentarios.

Cada una de estas características de un sistema sostenible se pueden demostrar en el presente, y producen beneficios innegables para las personas y los sistemas ecológicos y sociales de los que ellas dependen.

Elementos de un sistema alimentario sostenible

Utilizando como guía esta lista de características de la sostenibilidad, podemos darnos una idea de cómo podrían ser los sistemas alimentarios del futuro, si la humanidad emprendiera 'el camino de la sostenibilidad'. Conforme la agroecología se desarrolla y difunde, muchos elementos de estos sistemas comienzan a aparecer de forma rudimentaria, al lado de los sistemas alimentarios industriales.

- » El sistema alimentario del futuro estará constituido esencialmente de muchos agroecosistemas de pequeña a media escala, cada uno de los cuales será relativamente autosuficiente, adaptado a las condiciones locales y centrado principalmente en satisfacer las necesidades, gustos y prioridades alimentarios de una población local. Sólo después de que satisfagan las demandas y las necesidades locales, estos agroecosistemas atenderán las necesidades y los gustos de las comunidades más alejadas.
- » Las redes alimentarias sustituirán a las cadenas alimentarias, a medida que se restablezcan las conexiones entre todos los actores del sistema alimentario (desde la granja hasta la mesa) y cada uno de ellos tenga voz sobre lo que se produce, la forma en que se produce y el modo en que se comercializa y distribuye.
- » Los agroecosistemas tradicionales manejados por los agricultores, a pesar de estar asediados por la intrusión de sistemas industriales, siguen produciendo más de dos tercios de los alimentos del mundo. Estos sistemas, que ya incorporan muchos de los atributos esenciales de la sostenibilidad, seguirán siendo una base fundamental para la producción de alimentos para la mayor parte del mundo, gracias a que su productividad y eficacia mejoran debido a la investigación agroecológica.
- » El abastecimiento de alimentos de las ciudades – que seguirán albergando a gran parte de la población mundial – dependerá menos de los mercados mundiales y más de los agroecosistemas situados en la región aledaña o en las ciudades mismas.



- » Los conocimientos agrícolas existirán principalmente en el dominio público, donde se difundirán ampliamente y se reflejarán más en las prácticas de los agricultores que en los productos y sistemas tecnológicos.
- » Los agricultores serán compensados por los servicios ambientales que sus granjas prestan, más allá de la producción de alimentos. Se evaluarán y recompensarán los esfuerzos de protección de la biodiversidad, producción de agua limpia, eliminación de la erosión de los suelos, retención del carbono y promoción de la presencia de paisajes vivos.
- » Dado que la sostenibilidad en la agricultura no se limita al cultivo y mejora de los alimentos, sino que abarca también el modo en que estos se utilizan, distribuyen y consumen, un sistema alimentario sostenible distribuirá los alimentos de manera más equitativa, reducirá su consumo excesivo y su despilfarro, y garantizará que nuestras preciosas tierras agrícolas sirvan para alimentar a las personas, más que a los automóviles y el ganado.
- » La justicia alimentaria será un objetivo común de todos los sistemas alimentarios sostenibles en la medida en que la seguridad alimentaria, la soberanía alimentaria y el derecho a los alimentos se vuelvan principios sociales rectores.

No es exagerado decir que el sistema alimentario sostenible del futuro, considerado en su conjunto, representará un cambio de paradigma. Al igual que los agroecosistemas tradicionales e indígenas, conservará los recursos y reducirá al mínimo los insumos exógenos. Al igual que la agricultura industrial, será muy productivo. Y a diferencia de todos los sistemas de producción alimentaria que lo habrán precedido en el planeta, combinará estos atributos y, al mismo tiempo, distribuirá sus beneficios de manera equitativa entre los seres humanos y sus sociedades, y se abstendrá de transferir sus costos a los ecosistemas naturales, empujados cada vez más al borde del colapso. Para que este cambio de paradigma se produzca, la agroecología debe transformarse en una fuerza de cambio, que integre la investigación, la práctica y el cambio social en todos los componentes de nuestros sistemas alimentarios.

LA AGROECOLOGÍA Y EL SISTEMA ALIMENTARIO DEL FUTURO

Los defensores de la agricultura industrial sostienen que la única forma de satisfacer las necesidades alimentarias de la creciente población mundial es seguir desarrollando nuevas tecnologías agrícolas – en particular, variedades de cultivos genéticamente modificados – que aumenten los rendimientos, reduzcan los daños causados por insectos y eliminen la competencia de las malas hierbas. Desestiman los sistemas alternativos, tradicionales, sostenibles y basados en la ecología por inadecuados para la tarea de producir alimentos en cantidad suficiente. Este punto de vista se equivoca al menos en dos aspectos.

Primero, sobrestima la necesidad de acrecentar los rendimientos. A nivel mundial, el sistema alimentario produce con creces más calorías alimentarias que las necesarias para alimentar a todos los seres humanos que viven en el planeta (Cassidy *et al.*, 2013; FAO, 2013b). Un problema consiste en que el 9 por ciento de estas calorías se desvía para producir biocombustibles u otros



productos industriales, y que otro 36 por ciento se destina a la producción de piensos (menos del 10 por ciento de este porcentaje se recupera en forma de calorías alimentarias de origen animal), con lo que no queda sino un 55 por ciento para el consumo humano directo. Otro problema consiste en que, según las estimaciones, *un tercio* aproximadamente de los alimentos producidos en el mundo se pierde a causa de su deterioro, pérdida y otros problemas a lo largo de la cadena de suministro, o simplemente se desperdicia a nivel de hogares (FAO, 2013a). Además, las calorías que los seres humanos consumen directamente y que no desperdician se distribuyen de manera muy desigual, y gran parte de ellas van a aumentar el peso de las poblaciones acomodadas. Por consiguiente, la necesidad de producir más alimentos se debe menos al crecimiento demográfico que a modalidades derrochadoras de utilización de los alimentos y el paso hacia dietas más ricas – *dos factores debidos a opciones sociales*. En el caso de que las personas redujeran su consumo medio de productos alimenticios de origen animal, y los alimentos se utilizaran y distribuyeran de manera más equitativa y eficaz, como se observó anteriormente, la capacidad extra de producción alimentaria que se liberaría bastaría para alimentar a todos los seres humanos de manera adecuada, y dejaría un margen para hacer frente al crecimiento demográfico.

Segundo, este punto de vista ignora un creciente conjunto de investigaciones que demuestran que los sistemas de producción a pequeña escala de base ecológica y orgánica, e inclusive los sistemas agrícolas tradicionales, pueden acercarse a la productividad de los sistemas industriales o igualarla y hasta superarla cuando la comparación se realiza basándose en el número de personas alimentadas por unidad de tierra o de la biomasa alimentaria producida por unidad de superficie (véase, por ejemplo, Ponisio *et al.*, 2014). Se trata en general de agroecosistemas diversificados, multidimensionales e integrados que se encuentran con mayor frecuencia en los sistemas agrícolas de los países en desarrollo, basados en pequeñas granjas tradicionales, centrados en cubrir fundamentalmente las necesidades locales, abasteciendo de alimentos a las comunidades más amplias de las que forman parte, y manteniendo la capacidad productiva de los suelos a largo plazo. Estos sistemas no están orientados definitivamente a maximizar los rendimientos del monocultivo, ni a satisfacer las demandas de los mercados. Un informe exhaustivo de 2011, presentado al Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas y basado en un amplio examen de la literatura científica reciente, demostró que la reestructuración de los agroecosistemas con arreglo a los principios de la agroecología puede duplicar la producción alimentaria sostenible en regiones enteras en un plazo de diez años y, al mismo tiempo, mitigar el cambio climático y aliviar la pobreza rural (De Schutter, 2011).

Para muchos científicos, investigadores y educadores que trabajan en el ámbito de la agroecología, y para sus colegas de disciplinas como la agronomía, está claro desde hace mucho tiempo que su papel consiste en proponer métodos y sistemas agrícolas más sostenibles, respetuosos del medio ambiente, menos dependientes de insumos y con un uso menos intensivo de la tecnología que los de la agricultura industrial. El supuesto es que estos métodos y sistemas se adoptarán debido a su superioridad cuales quieran que sean los criterios elegidos para juzgarlos. Lamentablemente, la experiencia de los últimos decenios ha puesto de manifiesto las limitaciones de este punto de vista. Aunque hemos acumulado una gran cantidad de



conocimientos sobre las interrelaciones ecológicas en que se basa la producción sostenible de alimentos, estos conocimientos han tenido una aplicación práctica relativamente limitada, mientras que la agricultura industrial fortalecía su dominio sobre el sistema alimentario mundial.

Transformar la agricultura de forma fundamental – colocándola en el camino de la sostenibilidad – será un grande desafío. Un supuesto básico de este capítulo es que los agroecologistas no pueden esperar afrontar este desafío sino lo encaran simultáneamente desde tres frentes distintos.

Primero, nos hace falta conocer más y de manera más profunda las interacciones ecológicas entre las especies agrícolas domesticadas, entre estas especies y el entorno físico, y entre estas especies y las de los sistemas naturales. Esta necesidad es satisfecha por el componente científico de la agroecología, que se basa en los conocimientos y métodos ecológicos modernos para deducir los principios que pueden utilizarse para el diseño y gestión de agroecosistemas sostenibles.

Segundo, necesitamos prácticas agrícolas y sistemas sobre el terreno que sean eficaces e innovadores, que contribuyan desde ahora a atender nuestras necesidades alimentarias, al tiempo que sienten las bases para los sistemas alimentarios más sostenibles del futuro. La satisfacción de esta necesidad es el componente práctico de la agroecología, que valoriza los conocimientos locales y empíricos de los agricultores y el intercambio de estos conocimientos, y que socava la distinción entre la producción de conocimientos y su aplicación.

Por último, las circunstancias exigen cambios fundamentales en la forma en que los seres humanos se relacionan con los alimentos, en los sistemas económicos y sociales que determinan su distribución y en el papel mediador de los alimentos en las relaciones de poder entre poblaciones, clases sociales y países. A esta necesidad responde el componente de transformación social de la agroecología, que no sólo promueve los cambios que garantizarán la seguridad alimentaria para todos, sino que además explora los medios a través de los cuales estos cambios se podrán introducir y mantener. En el Cuadro 1 se presenta un marco que vincula estos tres aspectos de la agroecología con las cinco etapas de transición del sistema alimentario.

Cada uno de estos componentes tiene una importancia fundamental. El Simposio de la FAO sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, celebrado en Roma en septiembre de 2014,¹ permitió que se presentaran muchos ejemplos de cómo la ciencia de la agroecología se aplica en los sistemas agrícolas en todo el mundo. Las organizaciones que defienden y promueven los derechos y las necesidades de las comunidades que padecen inseguridad alimentaria y malnutrición expresaron con fuerza el aspecto de transformación social de la agroecología. Si los agroecologistas y los otros actores que tratan de establecer la agricultura sobre bases más sostenibles no logran escuchar estas voces y vincular su ciencia y sus prácticas con ellas, es probable que sus esfuerzos no sirvan para nada. Hace algunos años se hizo un llamamiento enérgico a favor de este enfoque de la agroecología en las observaciones finales del 3º Congreso Latinoamericano de Agroecología (SOCLA), celebrado en México. Este llamamiento enérgico a la acción servirá de conclusión del presente capítulo:

¹ Para más información sobre el Simposio sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, véase: <http://www.fao.org/about/meetings/afns/en/>.



“La agroecología debe integrar ciencia, tecnología y práctica, y los movimientos para el cambio social. No podemos dejar que la separación artificial de estas tres áreas sea una excusa que algunos utilicen para justificar dedicarse solamente a las partes de investigación o la tecnología. La agroecología se centra en el sistema entero de alimentos, desde la semilla hasta la mesa. El agroecólogo ideal es aquel que hace ciencia, cultiva y se compromete a asegurar que la justicia social oriente su acción para el cambio. Debemos ayudar a conectar a las personas que cultivan los alimentos con las personas que los consumen, en una relación que beneficie a ambos. Debemos restablecer la seguridad alimentaria, la soberanía alimentaria y las oportunidades en las comunidades rurales de América Latina, que han sido severamente dañadas por el sistema alimentario globalizado. Debemos respetar los diferentes sistemas de conocimiento que han co-evolucionado durante milenios bajo ecologías y culturas locales. Actuando de este modo, podemos evitar la eminente crisis alimentaria y establecer una base sostenible para los sistemas alimentarios del futuro.”

(Gliessman, 2012)

Cuadro 1. **Los niveles de transición y la integración de los tres componentes de la agroecología necesarios para el paso a un sistema alimentario mundial sostenible**

ETAPA	NIVEL	Papel de los tres componentes de la agroecología		
		Investigación ecológica	Práctica del Agricultor y Colaboración	Cambio Social
1 Mejora de la eficacia de las prácticas industriales	Granja	Primordial	Importante Reduce los costos y los impactos ambientales	Menor
2 Sustitución por prácticas e insumos alternativos	Granja,	Primordial	Importante Favorece el paso a prácticas alternativas	Menor
3 Rediseño de los sistemas agroecológicos completos	Granja, región	Primordial Facilita los indicadores de sostenibilidad	Importante Crea una sostenibilidad real a nivel de la granja	Importante Garantiza la viabilidad de la empresa y el apoyo de la sociedad
4 Restablecimiento de relaciones entre productores y consumidores, fomento de redes alimentarias alternativas	Local, regional, nacional	De apoyo La investigación interdisciplinaria aporta la prueba de la necesidad de cambio y de la viabilidad de las alternativas	Importante Establecimiento de relaciones directas y de apoyo al cambio	Primordial Reestructuración de la economía, cambio de los valores y comportamientos
5 Reconstruir el sistema alimentario global para que sea sostenible y equitativo para todos	Mundial	De apoyo La investigación transdisciplinaria promueve el proceso de cambio y sigue de cerca la sostenibilidad	Importante Ofrece la base práctica para el cambio de paradigma	Primordial Transformación radical de los sistemas mundiales

Fuente: Adaptado de Gliessman, 2015



REFERENCIAS

- Altieri, M.A.** 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and Environment*, 2: 35-42.
- Altieri, M.A. & Toledo, V.M.** 2011. The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty, and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38: 587-612.
- Barkin, D.** 1978. *Desarrollo Regional y Reorganización Campesina: La Chontalpa como reflejo del problema agropecuario mexicano*. Ciudad de México, Editorial Nueva Imagen.
- Berry, W.** 2009. *Bringing It to the Table: On Farming and Food*. Berkeley, CA, USA, Counterpoint.
- CE.S., West, P.S., Gerber, J.S. & Foley, J.A.** 2013. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, 8: 1-8.
- De Schutter, o.** 2011. *Agroecology and the Right to Food*. Informe presentado al 16º período de sesiones del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas [a/hrc/16/49] 8 de marzo, 2011.
- FAO.** 2013a. *Food Wastage Footprint: Impact on Natural Resources. Summary Report*. Roma.
- FAO.** 2013b. *El estado de la seguridad alimentaria en el mundo - Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria*. Roma.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., CN., Harwood, R., Salomonsson, Helenius, J. Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. & Poincelot, R.** 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *J. Sustain. Agric.*, 22(3): 99-118.
- Gliessman, S.R.** (ed.). 1978. *Seminarios regionales sobre agroecosistemas con énfasis en el estudio de tecnología agrícola tradicional*. Cárdenas, Tabasco, México, Colegio Superior de Agricultura Tropical: H.
- Gliessman, S.R.** 1984. An agroecological approach to sustainable agriculture. In: W. Jackson, W. Berry & B. Coleman. *Meeting the Expectations of the Land: Essays in Sustainable Agriculture and Stewardship*, págs.160-171. San Francisco, CA, USA. North Point Press.
- Gliessman, S.R.** (ed.). 1990. *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Nueva York, USA, Springer-Verlag.
- Gliessman, S.R.** 1998a. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Chelsea, MI, USA, Ann Arbor Press.
- Gliessman, S.R.** 1998b. *Field and Laboratory Investigations in Agroecology*. Chelsea, MI, USA, Ann Arbor Press.
- Gliessman, S.R.** (ed.). 2001. *Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*. Advances in agroecology series. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press.
- Gliessman, S.R.** 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd edition. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Gliessman, S.R.** 2012. A voice for sustainability from Latin America. Editorial. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36: 1-2.
- Gliessman, S.R.** 2013. Agroecology: Growing the roots of resistance. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 19-31.
- Gliessman, S.R.** 2015. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 3rd edition. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group
- Gliessman, S.R., García Espinosa, R. & Amador, M.** 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agro-Ecosystems*, 7: 173-185.



- Gliessman, S.R. & RE.** (eds.). 2010. *The Conversion to Sustainable Agriculture: Principles, Processes, and Practices*. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group. 370 págs.
- Hart, J.L.** 1979. *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Jackson, W.** 2011. *Nature as Measure: The Selected Essays of Wes Jackson*. Berkeley, CA, USA, Counterpoint.
- Kimbrell, A.** (ed.). 2002. *The Fatal Harvest Reader: The Tragedy of Industrial Agriculture*. Washington, DC, Island Press.
- Macrae, R.J., Hill, S.B., Mehuys, G.R. & Henning, J.** 1990. Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*, 43: 155-198.
- Poniso, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., de Valpine, P. & Kremen, C.** 2014. diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences: Biological Sciences*, 282 (1396). DOI: 10.1098/rspb.2014.1396





01

**SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
EN UN MUNDO EN EVOLUCIÓN:**

HA LLEGADO LA HORA DE LA AGROECOLOGÍA



02

**MEJORA DE LA FUNCIÓN Y LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS EN LA AGRICULTURA:**

LOS PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS



03

**CREAR CICLOS VIRTUOSOS EN LOS SISTEMAS DE LAS PEQUEÑAS
GRANJAS MEDIANTE LA AGROECOLOGÍA**



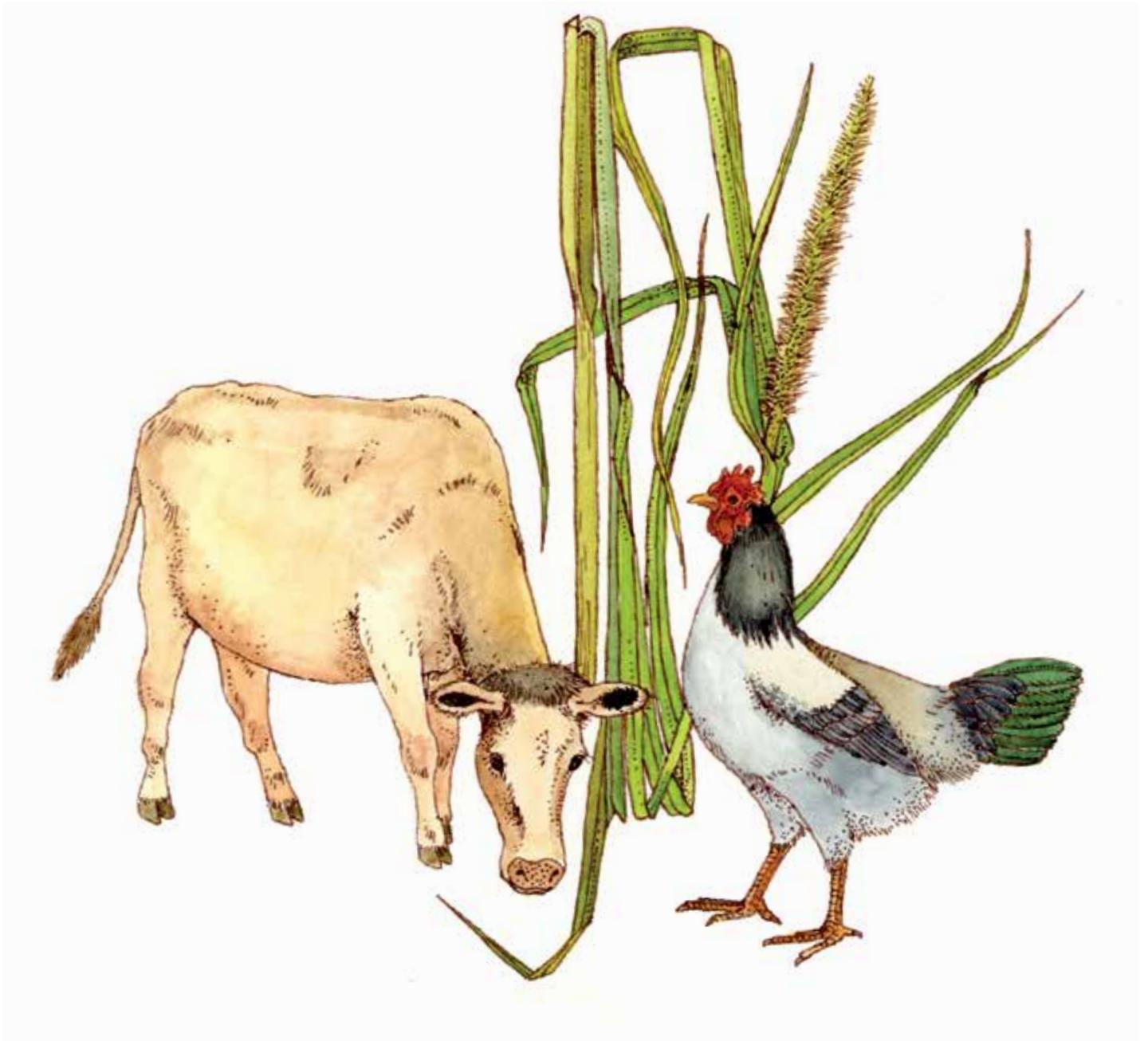
04

ORDENACIÓN DE PAISAJES POR LAS POBLACIONES:

LA AGROECOLOGÍA Y PROCESOS SOCIALES

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Principios de la Agroecología





01

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN MUNDO EN EVOLUCIÓN: HA LLEGADO LA HORA DE LA AGROECOLOGÍA

Pablo Tittonell

Ecología de los sistemas de producción agrícola, Universidad de Wageningen, Países Bajos
Sistemas de producción y transformación tropicales, CIRAD-PerSyst, Francia
Correo electrónico: pablo.tittonell@wur.nl



© FAO/Luohui Liang

Resumen

La agroecología ofrece innovaciones técnicas y en materia de organización que abren el camino a un modelo agrícola restaurador, adaptable, inclusivo y eficaz en el uso de los

recursos a nivel mundial. Pero las diferentes definiciones de agroecología que dan diversas escuelas de pensamiento influyen en el papel que desempeñan la naturaleza y los



movimientos sociales en los modelos agrícolas resultantes, propuestos para hacer frente a la seguridad alimentaria y nutrición en el futuro. La agroecología, definida como la aplicación de principios ecológicos para el diseño de sistemas agrícolas, tiene grandes posibilidades de contribuir a la capacidad de adaptación al cambio global. En el presente capítulo, se examinan ejemplos provenientes de todo el mundo para explorar cuatro aspectos importantes de la agroecología: i) el diseño de sistemas complejos y adaptables, basados en la pequeña granja, a través de la diversificación y las sinergias; ii) las

potencialidades que ofrece la aplicación de los principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas alternativos a gran escala; iii) la capacidad de la agroecología de restaurar los paisajes degradados, y iv) el papel crucial de los movimientos sociales y las políticas de apoyo en la difusión de la agroecología. Basándose en la biodiversidad, los sistemas agroecológicos no sólo son más productivos y resilientes que los convencionales, sino que además contribuyen a la reducción de los riesgos de producción, y a la diversificación de las dietas y de las fuentes de ingresos de las familias de los pequeños agricultores.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las tierras agrícolas del mundo producen actualmente por debajo de su capacidad (véase, por ejemplo, van Ittersum *et al.*, 2013). A nivel mundial, el rendimiento medio de la mayoría de los cultivos principales ha aumentado constantemente durante los últimos 50 años (Tilman *et al.*, 2011). Sin embargo, este crecimiento no se ha distribuido de manera uniforme en todo el mundo, y hoy, la productividad suele ser más baja en las regiones más pobres del planeta donde más se necesitan los alimentos, y es aun más baja en el caso de los agricultores menos provistos de recursos, independientemente de su localización (UNCTAD, 2014). Aunque, en términos globales, el mundo produce suficientes calorías para alimentar a todos los seres humanos (2 700 kilocalorías por persona al día frente a las 1 800-2 100 kilocalorías por persona al día necesarias), la producción de alimentos per cápita de las regiones menos favorecidas del mundo se mantiene en el mismo nivel que en el decenio de 1960 (FAO, 2014). Si tenemos en cuenta no sólo las calorías o macronutrientes, las tendencias mundiales indican que la importancia en la dieta mundial de tres cereales principales (maíz, trigo y arroz) ha aumentado a expensas de cultivos alimentarios locales a menudo mejor adaptados y más nutritivos, como los pequeños cereales o las legumbres. Esta evolución ha tenido consecuencias nutricionales negativas para las poblaciones del mundo en desarrollo (Khoury *et al.*, 2014).

En estas regiones en desarrollo, la combinación de modelos de desarrollo agrícola inadecuados y densidades de población (sedentarias) cada vez mayores en las zonas rurales ha provocado una grave degradación de la base de recursos naturales (véase, por ejemplo, Bationo y Waswa, 2011; Valbuena *et al.*, 2014; Andrieu *et al.*, 2015). La mayoría de los agricultores de estas regiones no



tiene acceso a las tecnologías agrícolas ‘modernas’, no dispone de los medios para costearlas o no está dispuesto a adoptarlas. Estas tecnologías no se desarrollaron para adecuarse a la realidad de sus sistemas de producción y de su entorno socioecológico, por lo que no son eficaces para aumentar la productividad agrícola y pecuaria (Tittonell y Giller, 2013). Por el contrario, en las regiones más favorecidas del mundo, la intensificación agrícola mediante el uso de insumos, en una medida mayor de la que hubiera aconsejado su elasticidad de sustitución factorial, ha provocado una contaminación ambiental con consecuencias perjudiciales para la salud humana y con elevados costos para la sociedad en su conjunto (costos que nunca se internalizan en el precio pagado por el producto agrícola).

El cambio climático representa una amenaza adicional para la producción de alimentos y agrava los riesgos ecológicos en los países del Sur y del Norte (Reidsma *et al.*, 2009; Mapfumo *et al.*, 2010). Además, la seguridad alimentaria mundial presenta vulnerabilidades inherentes derivadas de su dependencia de los combustibles fósiles, que se necesitan actualmente para la producción y el transporte de productos alimenticios. La utilización de combustibles fósiles, junto con la deforestación, el drenaje de los humedales, la fermentación entérica y la oxidación de la materia orgánica del suelo, dan lugar a emisiones netas de carbono en la atmósfera que contribuyen considerablemente al calentamiento del planeta (más del 25 por ciento de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se deben a la agricultura). Además, como el petróleo es un recurso cada vez más escaso, las inevitables crisis de su precio harán que automáticamente muchas personas padezcan inseguridad alimentaria.

Ha llegado la hora de reconsiderar nuestro modelo agrícola actual, un modelo que ha sido concebido para hacer frente a los problemas del mundo en un contexto histórico completamente diferente (da Silva, 2014). Ha llegado la hora de adoptar un nuevo modelo agrícola que garantice la producción de alimentos nutritivos en cantidad suficiente *ahí donde más se necesitan*; que pueda adaptarse al cambio climático y que, en la medida de lo posible, contribuya a mitigarlo; que conserve la diversidad biológica y cultural, y que preste servicios ecosistémicos pertinentes a nivel local y mundial. En otras palabras, ha llegado la hora de la agroecología. En el presente capítulo se examinará el concepto tal como lo proponen las diferentes escuelas de pensamiento del mundo, y se facilitarán pruebas proporcionadas por la ciencia, la práctica y las políticas del potencial de la agroecología para abrir el camino a una agricultura restauradora, adaptable, inclusiva y eficaz en el uso de los recursos.

EL PAISAJE DE LA AGROECOLOGÍA

Antecedentes, definiciones y debates

La agroecología ha sido definida acertadamente como un dominio en que convergen ciencia, práctica y movimientos sociales (véase, por ejemplo, Wezel *et al.*, 2009; Tomich *et al.*, 2011). Un reciente informe, compilado por el Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo con el objetivo de informar a la comunidad internacional sobre la naturaleza de la agroecología y lo que esta puede ofrecer (Silici, 2014), acometió el valioso intento de describir sus antecedentes.



Según se afirma, el uso científico del término agroecología se remonta al decenio de 1930, su aparición como práctica agrícola al decenio de 1970 y la historia de los movimientos sociales relacionados con ella al decenio de 1980. El más notable de estos movimientos es sin duda la Vía Campesina, que reúne a un gran número de grupos independientes de agricultores familiares de todo el mundo (Martínez-Torres y Rosset, 2014). La organización social es uno de los pilares de la agroecología. Ella es responsable de la difusión de los conocimientos y tecnologías agroecológicas o, como afirma Peter Rosset, “*la organización social es el medio por el cual la agroecología se difunde...*”. No se conoce con claridad la extensión real de la agroecología en lo que se refiere a superficie ocupada o número de agricultores o consumidores implicados. Por más grande o pequeña que esta sea, no es el resultado de una campaña de difusión impulsada por los gobiernos, las partes privadas u organizaciones internacionales, como los organismos de las Naciones Unidas. Es el resultado de una difusión de *campesino a campesino* (Holt- Giménez y Altieri, 2013).

Sin embargo, la agroecología es también un término utilizado en varias disciplinas agrícolas y por diferentes escuelas de pensamiento (Tiftonell, 2014). En la agronomía clásica, se utiliza con frecuencia para referirse al conjunto de condiciones pedológicas y climáticas que determinan el potencial productivo de un determinado lugar. El término ha sido utilizado igualmente para referirse al estudio de la ecología de los sistemas agrícola (véase, por ejemplo, Dalgaard *et al.*, 2003; Francis *et al.*, 2003). De conformidad con estas amplias definiciones, y en respuesta a la creciente y difundida impresión de que la agroecología es una suerte de palabra de moda en la jerga del desarrollo, hay un número cada vez mayor de grupos de investigación en el mundo que afirman trabajar sobre la agroecología, y de científicos que se denominan a sí mismo ‘agroecologistas’, aunque a menudo ignoran la existencia de un movimiento agroecológico internacional o la disciplina científica que crece junto a él. Igualmente, existen también numerosos ejemplos de prácticas y conocimientos agroecológicos en todo el mundo a los que no se aplica necesariamente esta etiqueta (véase, por ejemplo, E.G. Khan *et al.*, 2010; Xie *et al.*, 2011; Khumairoh *et al.*, 2012; Nezomba *et al.*, 2015). En algunos círculos, la agroecología suele considerarse como un discurso de pensamiento lateral, que puede tender un puente sobre el abismo filosófico aparentemente infranqueable entre la agricultura ‘convencional’ y la orgánica, por ejemplo. Los miembros del movimiento agroecológico no aceptan necesariamente de buen grado estas tendencias. Sostienen, con fundamento, que la agroecología fue primero ignorada, después criticada y ahora incorporada (Altieri, 2014).

Dos manuales (Altieri, 1987; Gliessman, 1998), publicados hace un par de decenios, ejercieron una influencia considerable en el continente americano y, después, en todo el mundo, debido a que aportaron la base científica de la agroecología. No eran estrictamente los únicos libros que trataban de los principios ecológicos en los ámbitos de la ciencia o del diseño agrícola, pero fueron muy populares para toda una generación de agrónomos y de investigadores agrícolas en formación, entre ellos, yo mismo. Los dos autores definían la agroecología, en resumidas cuentas, como la aplicación de los principios ecológicos al diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles. Posteriormente, Gliessman (2007) propuso hablar de ‘sistemas alimentarios’ en lugar de ‘sistemas agrícolas’ en una definición revisada de agroecología, ampliando de este modo la definición de sistemas agroecológicos para incluir, además de la agricultura, la distribución, la



elaboración, la comercialización y el consumo de alimentos. Dentro del movimiento agroecológico existen también corrientes que hacen hincapié en la organización social de la agroecología como su pilar principal, relegando un poco los conocimientos, la ciencia y la práctica ecológicas a un lugar secundario (véase, por ejemplo, Sevilla-Guzmán y Woodgate, 2013).

La agroecología no facilita recetas, ni paquetes técnicos, ni normas, ni prescripciones. Se basa en la aplicación de cinco principios básicos¹: reciclaje, eficacia, diversidad, regulación y sinergias. La elección de las prácticas de gestión y de las tecnologías para la aplicación de estos principios es siempre específica al lugar, determinada por un contexto socioecológico concreto. La falta de normas y sistemas de certificación diferencia a la agroecología de la agricultura orgánica. A pesar de las discrepancias entre una y otra, que han sido subrayadas con insistencia en el pasado, estoy convencido de que: i) la agroecología puede proporcionar las bases para el diseño de sistemas agrícolas orgánicos sostenibles ayudando a los agricultores a sortear la trampa de la 'sustitución de insumos', y ii) la agricultura orgánica ofrece ya excelentes ejemplos de aplicación de los principios agroecológicos en un contexto de producción agrícola comercial en gran escala en las regiones en desarrollo, como se demostrará más adelante. Es verdad, también, que no todas las granjas orgánicas actuales se pueden describir como agroecológicas, y que no todas las prácticas agroecológicas cumplen con las actuales normas de certificación orgánica. Sin embargo, ambos movimientos están convergiendo gradualmente. Por ejemplo, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) lanzó en 2014 un nuevo concepto, denominado Orgánico 3.0 (www.ifoam.bio/en/what-organic-30), que propone ampliar la gama de prácticas basadas en los principios agroecológicos con miras a abrir el camino hacia normas de certificación más flexibles y, de este modo, aumentar las posibilidades de extensión de la agricultura orgánica en el ámbito internacional.

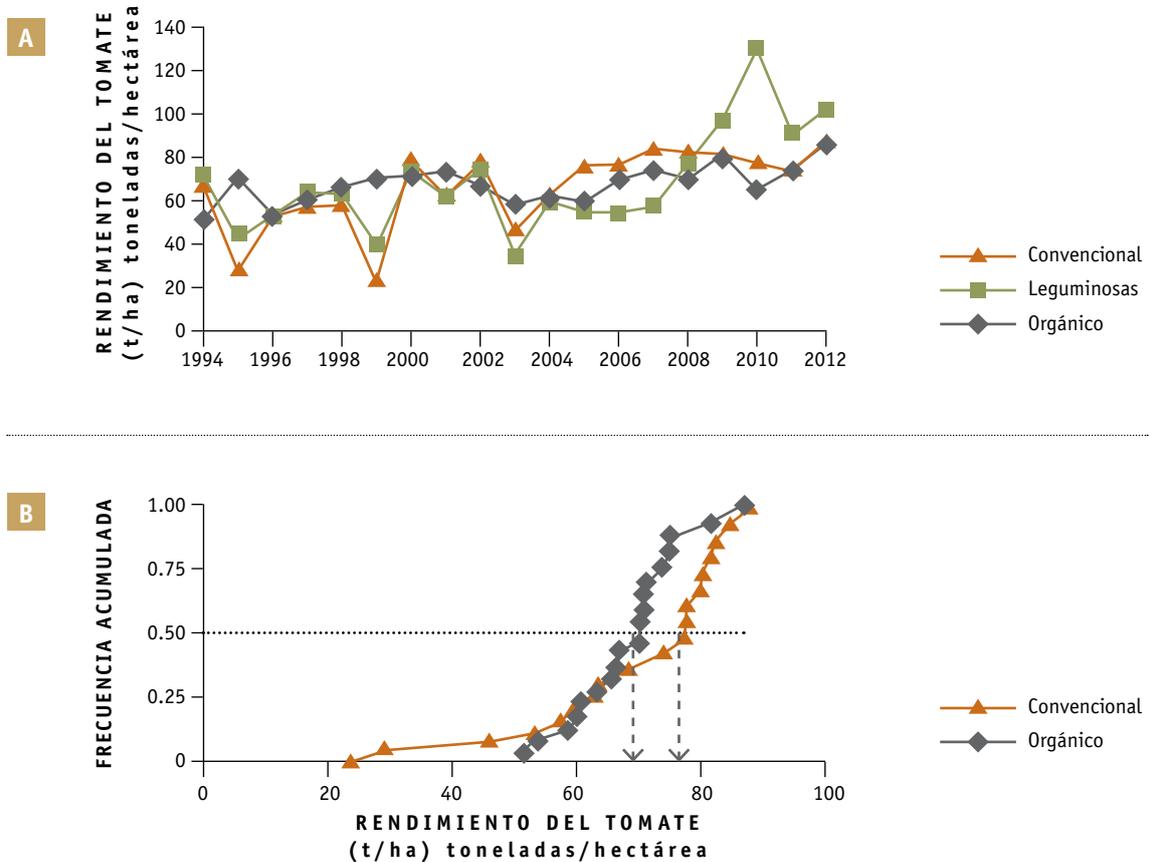
Agroecología y adaptación al cambio global

La seguridad alimentaria actual y futura resultan amenazadas por el cambio global. Este comprende el cambio climático, el crecimiento demográfico, la urbanización, la globalización del comercio y los cambios en los regímenes alimenticios. Además, la degradación del medio ambiente es, a la vez, un resultado y una causa del cambio global. Es imperioso diseñar sistemas agrícolas que sean resilientes a las crisis cada vez más frecuentes, y adaptables a las presiones y las nuevas condiciones impuestas por estos cambios. Ha quedado ampliamente demostrado que la agroecología puede contribuir a la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, la producción de alimentos con menor impacto ambiental en las ciudades o en torno a ellas, y la producción de mayores rendimientos en lugares donde otros modelos de agricultura no funcionan (véase, por ejemplo, Pretty *et al.*, 2011). Pero la globalización y los cambios de los regímenes alimenticios siguen siendo la mayor amenaza para la agroecología. La globalización del comercio amenaza la producción local, monopoliza la diversidad genética y trae consigo la uniformización a nivel mundial de las dietas, consistentes en gran medida

¹ Se supone que estos cinco principios no constituyen un dogma; se proponen en este capítulo como definición de trabajo, y corresponden a los principios propuestos en las obras clásicas de Altieri (2002) y Gliessman (2007).



Figura 1. Datos sobre el rendimiento proporcionados por el experimento a largo plazo entre sistemas realizado en el rancho Russell, UC Davis, California



(A) Rendimiento del tomate de campo en rotación con maíz, bajo manejo orgánico, y en rotación con maíz y legumbres; (B) Frecuencias acumuladas de los rendimientos del tomate convencional y orgánico, la línea gris punteada indica el 50° percentil. Los datos utilizados en el análisis se pueden consultar en: <http://asi.ucdavis.edu/rr>

en unos cuantos productos básicos mundiales (por ejemplo, trigo, arroz, maíz, soja, aceite de palma y caña de azúcar) (Khouri *et al.*, 2014). Estos cambios en la alimentación ocasionan una pérdida de diversidad en los agroecosistemas, tanto genética como paisajística, con consecuencias negativas para los servicios ecosistémicos, la producción alimentaria y el medio ambiente. Aún más importante, cada vez resulta más claro que la pérdida de biodiversidad de los agroecosistemas afecta a la capacidad de resiliencia y adaptabilidad.

La información obtenida de los ensayos a largo plazo es muy útil en estos casos. Hace ya más de 30 años que vienen realizándose estos ensayos, en los que se compara la agricultura convencional, la orgánica y otros sistemas agroecológicos. En 1933, la Universidad de California, Davis, emprendió un experimento de 100 años en su rancho experimental de Russell, donde se siguen de cerca los rendimientos, la calidad de los rendimientos, la biología de los suelos y los flujos de agua y nutrientes de diferentes sistemas de gestión (<http://asi.ucdavis.edu/rr>). Los datos a largo plazo obtenidos de este experimento muestran cómo, para un cultivo sensible a

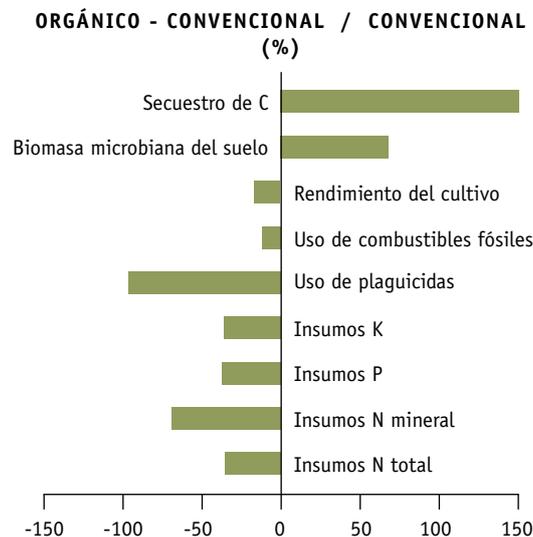


la sequía como el tomate de campo producido en rotación con el maíz, el manejo orgánico del suelo mejora la estabilidad de los rendimientos a lo largo del tiempo (Figura 1). Los rendimientos medios durante el período considerado (1993-2012) fueron de $66,7 \pm 18,2$, $68,9 \pm 24,1$ y $67,8 \pm 9,0$ toneladas por hectárea para el sistema convencional, el sistema legumbres-maíz-tomate y el sistema orgánico respectivamente. La Figura 1B muestra que el rendimiento mediano del sistema orgánico fue inferior en un 7,3 por ciento al convencional (69,9 frente a 75,4 toneladas por hectárea), pero que en el 50 por ciento de los años menos favorables, los rendimientos orgánicos fluctuaron entre 51 y 70 toneladas por hectárea, mientras que los del sistema convencional fluctuaron entre 23 y 75 toneladas por hectárea. Del mismo modo, los resultados a largo plazo del experimento entre sistemas realizado en el Instituto Rodale de Pennsylvania muestran que, en los años secos, los cultivos bajo manejo orgánico tienen un rendimiento superior a los cultivos convencionales, lo que supone márgenes económicos más favorables (Mirsky *et al.*, 2012).

La comparación de los rendimientos de la agricultura convencional y la orgánica ha sido una práctica frecuente en los últimos años, y dos documentos muy citados llegaron de manera independiente a la conclusión de que la diferencia media de rendimiento entre los dos sistemas, para distintos tipos de cultivo y localidades, es del orden del 20 por ciento (Seufert *et al.*, 2012; de Ponti *et al.*, 2012). En una publicación más reciente, en que se volvieron a analizar los mismos datos utilizando técnicas estadísticas más avanzadas para tener en cuenta las covarianzas, se señaló que las diferencias de rendimiento se reducían cuando en los dos sistemas se aplicaban cantidades semejantes de nitrógeno (9 por ciento), o cuando se consideraban rotaciones enteras (7 por ciento). Además, basta una rápida ojeada a los datos de la Figura 1A para darse cuenta de la importancia de tomar en consideración las series a largo plazo en lugar de medidas puntuales al comparar los rendimientos en los dos sistemas. Si el experimento de Russell se hubiera realizado sólo en 1994, la conclusión habría sido que los rendimientos de los sistemas legumbre-maíz-tomate y convencional eran mejores que los del orgánico. Si no se hubiera considerado más que el año 1995, entonces la conclusión habría sido que los rendimientos del orgánico eran superiores a los de los otros dos sistemas. Si se hubiera considerado sólo el año 1996, entonces la conclusión habría sido que no había diferencias significativas entre los sistemas. En general, los sistemas que contribuyen a la mejora a largo plazo de la calidad del suelo tienden a expresar su máximo potencial al cabo de varios años de aplicación. Por tanto, los ensayos a largo plazo son un instrumento esencial para la ciencia de la agroecología, no sólo cuando se trata de evaluar la adaptabilidad al cambio global, sino también para analizar el impacto ambiental y el potencial de mitigación de los sistemas alternativos. Un informe de la FAO, en que se resumen los resultados de varios ensayos agrícolas a largo plazo realizados en todo el mundo en relación con variables pertinentes al cambio climático, muestra que el manejo orgánico de los suelos en la agricultura contribuye sustancialmente al secuestro de carbono y reduce significativamente el potencial de calentamiento global (PCG), en comparación con el manejo convencional (Niggli *et al.*, 2009). A conclusiones similares había llegado antes Küstermann *et al.* (2008) a partir de un estudio basado en modelos de simulación. Igualmente, el experimento a largo plazo de Rodale mencionado poco antes indica que el manejo orgánico comporta una reducción del 64 por ciento del PCG, y una mejora del 45 por ciento de la eficiencia energética, en comparación con el manejo convencional (www.rodaleinstitute.org/our-work/farming-systems-trial). El experimento



Figura 2. **Comparación de los resultados ambientales de los sistemas de manejo orgánico y de manejo convencional en las rotaciones de 21 años del experimento DOK en Suiza**



El manejo orgánico arrojó, en promedio, rendimientos inferiores en 17 por ciento al manejo convencional, pero aumentó el secuestro del carbono en 150 por ciento y la biomasa microbiana del suelo en 67 por ciento respectivamente, redujo el consumo de combustible fósil en 13 por ciento y de plaguicidas en 96 por ciento, y las aportaciones de nutrientes en más de 35 por ciento.

Fuente: Datos tomados de Fließbach *et al.*, 2007

a largo plazo DOK² puesto en marcha en Suiza en 1978 indica que los sistemas de manejo orgánico consumen de 30 a 35 por ciento menos de energía por unidad de superficie, y 19 por ciento menos de energía por unidad de producto que los sistemas convencionales y que son los únicos sistemas que mantienen la materia orgánica del suelo a largo plazo (Fließbach *et al.*, 2007). En la Figura 2 se presentan de manera resumida las diferencias entre los sistemas orgánico y convencional recogidas por este experimento durante un período de 21 años.

Más recientemente, Rossing *et al.* (2014) resumieron las pruebas científicas de la capacidad de los sistemas de producción agroecológicos y orgánicos de adaptarse al cambio climático o de mitigar sus efectos, mediante un examen de la literatura incluyendo 19 referencias. Se examinaron varios indicadores y se comprobaron efectos positivos estadísticamente significativos (mejores resultados) para estos sistemas, así como efectos estadísticamente no significativos (resultados no interpretables), en comparación con los sistemas convencionales. Los sistemas agroecológicos mostraron resultados significativamente mejores para: i) el secuestro del carbono hasta una profundidad de 0,3 metros; ii) la eficiencia energética; iii) la capacidad de retención de agua en el suelo; iv) la resiliencia a la sequía, y v) la resiliencia a los huracanes y las fuertes precipitaciones. Se encontraron resultados no interpretables para: i) el secuestro del carbono

² El ensayo DOK compara la producción biodinámica (D), orgánica (O) y convencional (K por el alemán "konventionell") de cultivos como trigo, papa, maíz, soja y cultivos forrajeros desde 1978, y ha dado lugar a varias publicaciones



hasta una profundidad de 1 metro, y ii) el PCG. No se disponían más que de unos cuantos estudios que indicaban medidas del carbono del suelo por debajo de 0,3 metros de profundidad (Gattinger *et al.*, 2012).

En cuanto al PCG, una importante discrepancia se observó entre los estudios que indicaban emisiones de CO₂ equivalentes calculadas a través de la evaluación del ciclo vital por unidad de producto o por unidad de superficie (Tuomisto *et al.*, 2012). La agricultura industrial tenía mejores resultados cuando las emisiones equivalentes se expresaban en kilogramo por producto (por ejemplo, por kilogramo de carne o cereal). Sin embargo, la causa del calentamiento del planeta es el volumen neto de emisión de CO₂ y de gases semejantes por superficie, independientemente de los rendimientos obtenidos. Por tanto, calcular las emisiones o cualquier otro impacto ambiental por unidad de producto, como suelen hacer los métodos de contabilidad ambiental, lleva a conclusiones erróneas. Esta práctica exagera la sensibilidad de las evaluaciones ambientales a la definición de los límites de los sistemas.

EJEMPLOS Y ESTUDIOS DE CASOS

Se han seleccionado estudios de casos de todo el mundo para ilustrar cuatro aspectos importantes de la agroecología:

1. el potencial que ofrece la combinación de la biodiversidad, las prácticas tradicionales y las fuentes alternativas de conocimientos para el diseño de sistemas agrícolas complejos y adaptables que contribuyan a la seguridad alimentaria y nutrición en la agricultura familiar;
2. el potencial que ofrece el uso de los principios agroecológicos en el diseño y gestión de sistemas agrícolas mecanizados a gran escala en las regiones desarrolladas, mediante el ajuste de las prácticas y tecnologías agronómicas;
3. el potencial que ofrecen las prácticas agroecológicas para rehabilitar y mantener la productividad de las tierras actualmente degradadas del África subsahariana, y la necesidad de crear las condiciones propicias para que ello ocurra a gran escala;
4. el potencial de transformación que ofrece la agroecología para contribuir a la seguridad alimentaria, la nutrición y el empoderamiento de los agricultores familiares cuando los movimientos sociales y las políticas de apoyo se armonizan.

Para ilustrar estos cuatro aspectos basándose en casos reales, se filmaron vídeos documentales que se presentaron en el primer Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición organizado por la FAO en septiembre de 2014. Los vídeos se puede ver en: www.fao.org/about/meetings/afns/en.

Agroecosistemas complejos adaptables

Los agroecosistemas complejos adaptables, que combinan diferentes actividades de producción agrícola y animal en el espacio y el tiempo, tienen por objeto mejorar la eficacia general en el uso de los recursos, entre ellos los recursos humanos y financieros. Por ejemplo, los sistemas agroecológicos complejos de producción de arroz que combinan el arroz, la azolla, los patos,



los peces y las plantas de borde prestan servicios ecosistémicos que contribuyen a los sistemas ecológicos de producción de arroz (véase el vídeo titulado “Complex adaptive rice cultivation in Indonesia”). Los peces y las patos controlan las malas hierbas y las plagas directamente gracias a su comportamiento alimentario y a sus movimientos (Figura 3A), favorecen el reciclaje de nutrientes y contribuyen a diversificar las dietas y los ingresos familiares (Xie *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2012; Long *et al.*, 2013). Los experimentos de sistemas complejos adaptables de producción de arroz, realizados desde 2010 en los campos de agricultores de Malang, en Java oriental, mostraron un rendimiento medio y una absorción de nutrientes superiores a los del monocultivo durante los primeros dos años del experimento, y los rendimientos mejoraban en la medida en que la complejidad (es decir, el número de componentes del sistema) aumentaba (Khumairoh *et al.*, 2012). Se observaron rendimientos de 10,2 toneladas por hectárea de arroz en el segundo ciclo de cultivo, cuando se combinó la producción de arroz, peces y azolla. En mediciones recientes, realizadas en 2013, también se incluyó la volatilización del amoníaco, que es una de las principales causas de pérdida de nitrógeno para el sistema (Del Río, 2014). La complejidad del sistema bajo gestión orgánica no tenía influencia en la volatilización de NH₃, cuyos niveles fueron siempre menores a los de la producción de arroz convencional con fertilizantes químicos. Los sistemas estuvieron expuestos a la variabilidad climática, como a una prolongada estación húmeda en 2010, y al brote de plagas endémicas en 2014. Las mediciones realizadas en 2010 revelaron niveles de infestación de caracoles, larvas de dípteros y cigarritas considerablemente inferiores tanto al comienzo como al final del ciclo de crecimiento del arroz (Cuadro 1)., La presencia de patos y peces redujo la población de las principales plagas del arroz en 2010 y controló eficazmente el barrenador blanco del arroz en 2014, en comparación con el sistema convencional (que recibía 6 litros de plaguicidas por hectárea). El análisis económico indica que el aumento de los costos asociados a la producción animal en los sistemas complejos se compensaba con creces con la reducción de los costos asociados a los productos agroquímicos y con el aumento y la diversificación de los ingresos generados por los sistemas complejos (Khumairoh, com. pers.).

Los agroecosistemas complejos adaptables se inspiran a menudo en las prácticas agrícolas tradicionales, como en el ejemplo anterior, pero las optimizan mediante el uso de tecnologías y conocimientos modernos. Sin embargo, los sistemas complejos –o en un sentido amplio, los policultivos – han sido diseñados también con finalidades bien definidas, que responden a objetivos explícitos, adaptados al contexto sociotécnico, pero sin inspirarse necesariamente en

Cuadro 1. Niveles de infestación de caracoles, larvas de dípteros y cigarritas del arroz (individuos por m²) en las fases inicial y final del crecimiento de la planta

Semanas después del trasplante	CARACOLES		LARVAS		CIGARRITAS	
	4	10	4	10	4	10
Control del arroz	35	17	46	21.8	11	18
Arroz + patos	20	1	25	1.8	1	2
Arroz + patos + peces	21	1	25	1.1	2	2

Fuente: Khumairoh *et al.*, 2012



los sistemas tradicionales (véase, por ejemplo, Vereijken, 1997). Como ejemplos evidentes cabe citar la combinación de cultivos anuales y plantas perennes (o de estos con rumiantes en régimen de pastoreo o con la crianza al aire libre de cerdos o aves), y de la agroforestería y los sistemas silvopastorales, entre otros. Aunque la mayoría de las inversiones en investigaciones agrícolas realizadas en los últimos cinco decenios se han dirigido hacia los monocultivos excesivamente simplificados, es hora que los científicos y los innovadores en materia de tecnología reconozcan y adopten seriamente los policultivos complejos como alternativa viable para conciliar los objetivos de productividad agrícola, diversidad nutricional, adaptabilidad al cambio global y producción de servicios ecosistémicos.

Figura 3. **Imágenes de varios estudios de casos**



(A) Patos alimentándose de malas hierbas e insectos en un sistema complejo adaptable de producción de arroz en Malagn, Indonesia (foto: P. Tittone); (B) Planta gigante de trigo de invierno cultivada con amplio espaciado en una innovadora granja orgánica en Zelanda, Países Bajos (foto: K. Steendijk); (C) Paisaje degradado, con profunda erosión en cárcavas y casi sin vegetación en el distrito de Arsha, Tanzania (foto: S. de Hek); (D) Paisaje saheliano rehabilitado en Burkina Faso (foto: G. Félix).



Principios agroecológicos en la agricultura a gran escala

Aunque la agroecología se origina en los movimientos ‘campesinos’ de América Latina y ha sido adoptada por los movimientos de agricultores familiares de todo el mundo, sus principios básicos también son muy pertinentes para el diseño de sistemas agrícolas sostenibles a gran escala. Varios agricultores orgánicos, biodinámicos e inclusive ‘convencionales’ de Europa y América han adoptado sinceramente los principios agroecológicos para el diseño y gestión de sus granjas. Esta forma de agroecología no se vincula necesariamente con los movimientos sociales – aparte de los movimientos de consumidores– como la agricultura con apoyo comunitario, los sindicatos agrícolas y las asociaciones de agricultores involucrados, entre otros. Las organizaciones nacionales de investigación agrícola de países como la Argentina (INTA) o Francia (INRA) se están abriendo cada vez más a la agroecología, creando nuevos programas de investigación y desarrollo con miras a adaptar sus principios en cuanto a opciones de gestión, tecnología y políticas, teniendo por objetivo la agricultura mecanizada a gran escala. Las granjas seleccionadas no se ajustan necesariamente al modelo de los sistemas de los agricultores familiares en pequeña escala, que constituye el objetivo principal del movimiento agroecológico. Sin embargo, por sus dimensiones y por el volumen de su producción, su transición a la agroecología puede tener un importante impacto positivo en el medio ambiente global, en la biodiversidad, y en la calidad de los alimentos distribuidos a los consumidores, en particular a la mayoría de los habitantes urbanos que son abastecidos por estas granjas.

Los agricultores orgánicos y otros agricultores innovadores de los Países Bajos están aprovechando el elevado potencial de rendimiento en cereales de los suelos holandeses mediante técnicas inteligentes de intensificación ecológica, y han llegado a alcanzar rendimientos tan elevados como los obtenidos por sus vecinos de las granjas convencionales (véase el vídeo titulado *Healthy Cereals, The Netherlands*). La técnica utilizada por estos agricultores se asemeja a los principios por lo que se rige el sistema de intensificación del cultivo del arroz (Stoop, 2011), es decir, la reducción de la población de plantas para permitir un amplio amacollamiento, la uniformidad del lecho de siembra y una tasa de brotación para facilitar el deshierbe mecanizado, la selección de semillas vigorosas, la sincronización entre la demanda del producto y su oferta por parte de productores orgánicos y, a veces, la labranza cero o mínima. A esto, se añade el control asistido por GPS de la circulación de la maquinaria agrícola para sembrar sobre lechos permanentes y evitar la compactación del suelo; el uso de abonos verdes, y la diversificación de las rotaciones³ (Oomen, 2012). En el Cuadro 2 se presentan datos sobre el rendimiento del trigo de invierno y los componentes de este rendimiento, recopilados en dos granjas orgánicas vecinas de Zelanda: una en que se cultiva el trigo ‘como de costumbre’ (es decir, mediante prácticas similares a las de los agricultores convencionales de la región), y la otra en que la agronomía del trigo se adapta al cultivo orgánico. A pesar de comenzar con menos semillas y un mayor espaciado entre plantas, el cultivo bajo gestión adaptada termina con más espigas

³ Por ejemplo, el agricultor orgánico holandés que aparece en el vídeo cultiva 80 hectáreas de tierra, en las que mantiene no menos de 18 cultivos diferentes en rotación.



fértiles por unidad de superficie y rendimientos medios mayores, con menos variabilidad espacial (Figura 3B). Estos agricultores reducen las densidades iniciales de siembra porque aplican abono de estiércol avícola, que libera nutrientes mucho más lentamente (en especial a comienzos de primavera) que el estiércol digerido aplicado por los agricultores convencionales. Como lo demuestra Delmotte *et al.* (2011) en su análisis comparativo de los rendimientos del arroz orgánico y el arroz convencional en Francia, los agricultores orgánicos efectúan considerables ajustes agronómicos en su cultivos, teniendo en cuenta los niveles de fertilidad y las previsiones meteorológicas en las fases iniciales del cultivo. El producto final difiere ampliamente del convencional en su estructura y sus características ecofisiológicas. Esto prueba una vez más que, contrariamente a lo que se piensa en general, la agricultura orgánica y agroecológica es mucho más que simplemente una agricultura convencional sin insumos o con un tipos de insumos diferente. La producción agroecológica supone una comprensión completamente diferente de la agronomía básica.

Cuadro 2. **Variables agronómicas y componentes de rendimiento del cultivar de trigo de invierno Tartarus producido bajo cultivo orgánico por agricultores de Zelanda, Países Bajos, siguiendo prácticas agronómicas actuales/adaptadas en 2011/12***

SISTEMA	DENSIDAD DE SIEMBRA (kg/ha)	PESO DE 1 000 SEMILLAS	LANTAS POR M ² EN EL AMACOLLAMIENTO (CV, %)	ESPIGAS POR M ² (CV, %)	GRANOS POR ESPIGA	PESO DE 1 000 GRANOS	ÍNDICE DE RECOLECCIÓN (%)	RENDIMIENTO EN GRANOS (t/ha)
Actual	200	52	111 (55)	277 (30)	50.5	47.7	47	6.7 ± 2.1
Adaptado	60	60	84 (19)	317 (23)	51.2	47.3	51	7.7 ± 1.4

Fuente: G. Oomen, 2012

*El rendimiento medio del trigo en granjas convencionales en la región fue de 8,5 toneladas por hectárea-en 2012.

Restauración de sistemas degradados en el África subsahariana

Se estima que alrededor del 25 por ciento de la superficie de los suelos agrícolas del mundo se encuentra en una estado de degradación severa (Bai *et al.*, 2010). Si se trata de atender la demanda futura de alimentos, esta situación plantea sin duda un problema. Pero también ofrece una oportunidad, pues la restauración de una superficie tan vasta no sólo dará lugar a un aumento del 25 por ciento de tierras para producir alimentos, sino también a millares de megatoneladas de carbono sustraídos de la atmósfera e reintroducidos en la capa arable del suelo. El problema de la degradación del suelo en el África subsahariana resulta agravado por la coexistencia de suelos que son intrínsecamente pobres (formados de rocas precámbricas fuertemente meteorizadas) o demasiado gruesos o superficiales para retener el agua, la prevalencia en amplias superficies de condiciones climáticas estructuralmente erráticas (por ejemplo, una variabilidad de las precipitaciones del 30-40 por ciento en zonas semiáridas y del 15-20 por ciento en zonas húmedas), y el aumento de la densidad de las poblaciones rurales, con el consiguiente incremento de la intensidad de los cultivos, la densidad del ganado y la fragmentación de la tierra. Según las estimaciones, el 45 por ciento de la superficie del continente es vulnerable a la desertificación (Reich *et al.*, 2001).



Sin embargo, en la literatura existen varios ejemplos exitosos de restauración de paisajes degradados. Un caso clásico es la restauración de la productividad del suelo en el Sahel mediante la aplicación a gran escala del sistema tradicional “zai” de pozos de siembra, en combinación con zanjas de siembra a media luna y barreras de piedras para reducir la erosión del suelo (véase, por ejemplo, Bationo *et al.*, 2005). Más recientemente, se han documentado ejemplos interesantes de uso de tierras de exclusión (“exclosure”) en Etiopía (Corral-Núñez *et al.*, 2014), de ‘barbechos indígenas de leguminosas’ en Zimbabwe (Nezomba *et al.*, 2015) o de enmiendas arbustivas y leñosas en Burkina Faso (Lahmar *et al.*, 2012; Félix *et al.*, 2015; Figura 3D). Además, estimaciones generales de la productividad cerealera primaria a escala continental basadas en mediciones reiteradas del índice normalizado diferencial de la vegetación (INDV) indican que las superficies en que mejora la producción agrícola y de biomasa vegetal natural son más grandes que aquellas en que la producción de biomasa disminuye, en particular en regiones áridas (Cuadro 3). Sin embargo, la mayoría de la tierra ‘reverdecida’, probablemente como consecuencia del aumento de las precipitaciones anuales con respecto al período de referencia (comienzos del decenio de 1980), está más asociada a los sistemas pastoriles que a las zonas agrícolas.

Cuadro 3. Superficies (millones de kilómetros cuadrados) de África en que se observa una descenso, una estabilización o un aumento de la producción de biomasa, estimada a partir de la pendiente del INDV, por zona climática

TENDENCIA DE LA BIOMASA	ZONA CLIMÁTICA			
	Árida (<500 mm)	Semiárida (500-800 mm)	Subhúmeda (800-1 300 mm)	Húmeda (>1 300 mm)
Disminución	0.3	0.3	0.9	0.7
Neutral	2.2	1.5	2.8	2.2
Incremento	4.2	1.8	2.5	1.9
Total	6.7	3.6	6.2	4.8

Fuente: adaptado de Vlek *et al.*, 2008

Todas las pruebas científicas parecen indicar que la recuperación y el mantenimiento de la productividad de la tierra, que es esencial para la seguridad alimentaria futura en el África subsahariana, ya no es necesariamente un problema técnico, sino una cuestión de encontrar los incentivos adecuados para que los pequeños agricultores realicen las inversiones necesarias. El agricultor tanzano que aparece en el vídeo del estudio de caso (véase el vídeo titulado “Restoring landscapes, Tanzania”) no es un agricultor medio de su región. Comenzó siendo un maestro de escuela primaria local, muy respetado en su comunidad y con una curiosidad natural por las innovaciones. Aceptó de buen grado un gran número de tecnologías, promovidas en la región por la Red Africana de Labranza de Conservación (ACT, por sus siglas en inglés), y las seleccionó y adaptó a su sistema. Creó un oasis de productividad en un paisaje degradado y en vías de desertificación (Figura 3C), combinando medidas tales como labranza en curvas de nivel, agroforestería, labranza de conservación, cultivos intercalados, alimentación del ganado por ‘corte y transporte’, compostaje y producción de biogás, y almacenamiento adecuado de semillas. Este ejemplo demuestra que es posible recuperar paisajes degradados y la productividad agrícola



mediante la aplicación de principios agroecológicos. Demuestra asimismo que la aplicación de una tecnología o de una intervención aislada no funcionará.

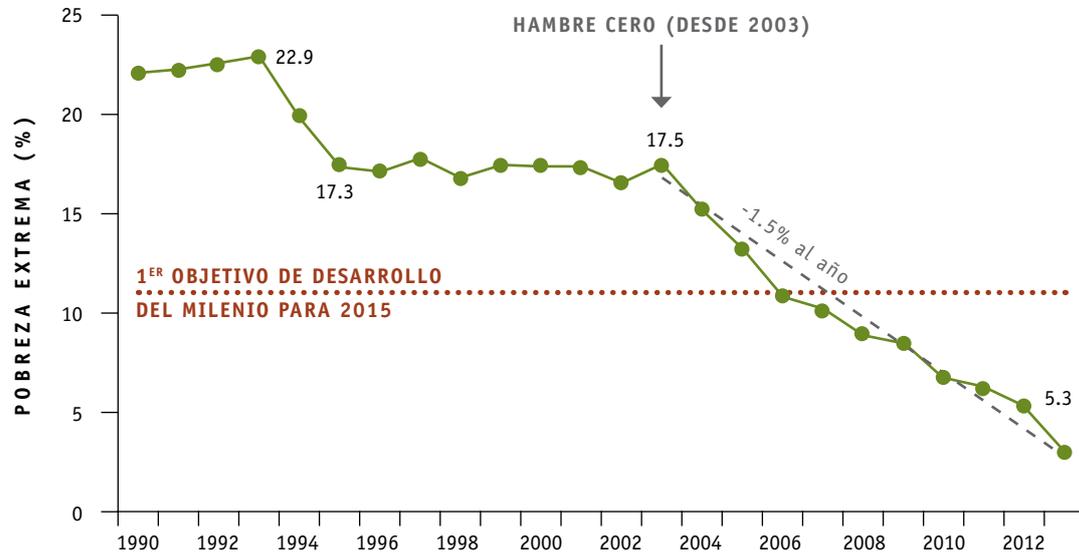
La gran cuestión que la agroecología y los movimientos afines tienen ante sí es determinar la manera de extender estos ejemplos exitosos. ¿Cuáles son los incentivos para que los agricultores inviertan tiempo y recursos en restaurar sistemas degradados? ¿Cuáles son las políticas que pueden crear las condiciones propicias para que en las zonas remotas, con escaso acceso a servicios básicos, información, mercados o educación, se adopte la agroecología? Lo más notable es que no todos los habitantes rurales del África subsahariana son necesariamente 'agricultores' por elección o vocación, y que sólo un pequeño porcentaje de ellos considera la agricultura como una forma viable de medio de vida para sus hijos (Bryceson, 2002). Cuando realizaba encuestas por hogares en África oriental hace más de un decenio, solía preguntar a los agricultores sobre sus motivaciones para dedicarse a la agricultura. A la pregunta ¿Por qué trabajan la tierra? muchas veces respondían literalmente: 'Porque no tengo empleo' (cf. Tiftonell *et al.*, 2010). Es evidente que la restauración de paisajes y el mantenimiento de agroecosistemas productivos requieren mucho más que remedios agronómicos o tecnológicos.

Movimientos y políticas agroecológicas

El Brasil es uno de los pocos países que, en el plazo de un decenio, logró los Objetivos de Desarrollo del Milenio de reducir la pobreza extrema y erradicar el hambre (Figura 4). Esto no hubiera sido posible sin el lanzamiento del programa *Fome Zero* (Hambre Cero), compuesto de un gran número de instrumentos normativos y de desarrollo que se aplicaron en todo el país, adaptándolos a las diferencias regionales. Algunas de estas políticas tuvieron consecuencias positivas nuevas e inesperadas. Por ejemplo, mediante la creación de un programa obligatorio de distribución de comidas escolares, los directores de las escuelas de todo el país están obligados por ley a comprar al menos el 30 por ciento de los alimentos a los agricultores familiares. Cuando los alimentos son orgánicos, los agricultores reciben una prima del 30 por ciento del precio. Como la distribución geográfica de las escuelas abarca todas las zonas urbanas y rurales del Brasil (45 millones de escolares), esta política creó un enorme mercado de proximidad para la producción atomizada de los pequeños agricultores (4,3 millones en todo el país), reduciendo los costos de transporte y transacción tanto para los compradores como para los vendedores, y contribuyendo, así, a reducir los precios de los alimentos. Los agricultores que tienen que abastecer a una cocina escolar se ven incentivados a diversificar su producción pues las escuelas exigen una gran diversidad de ingredientes para sus comidas. La diversificación resultante de la producción en las granjas también tiene consecuencias positivas en la dieta de las familias de los pequeños agricultores, situación claramente beneficiosa para todos. Otra consecuencia indirecta de los programas fue la diversidad de nuevas formas de organizaciones de agricultores establecidas para agregar y distribuir las producciones de sus miembros, garantizando así la trazabilidad, la calidad y el precio de sus productos. Estas formas de organización pudieron establecerse gracias a una cierta tradición de organización de los agricultores de las zonas rurales del Brasil (véase el vídeo titulado "Agroecology in movement, Brazil), pero, también, al apoyo político.



Figura 4. Niveles de pobreza extrema en el Brasil durante los primeros 10 años de aplicación del programa *Fome Zero* (2003-2013), que muestran el umbral establecido como Objetivo de Desarrollo del Milenio para 2015 alcanzado en 2006



Para el Banco Mundial, un nivel del 3 por ciento equivale a la erradicación (Paes-Sousa y Vaitsman, 2014)

Fuente: IBGE, 2013

El Brasil es el primer país que ha creado un Ministerio de Desarrollo Agrario (Medaests *et al.*, 2003) para atender las necesidades específicas del sector de la pequeña agricultura familiar, y el primero en haber lanzado un Plan Nacional de Agroecología, basado en los principios del desarrollo territorial. Por ejemplo, este ministerio financia la construcción de escuelas rurales en que se forman a los jóvenes basándose en los principios de la agroecología. Todavía quedan muchos aspectos por mejorar en las políticas de desarrollo rural brasileñas, pero el motivo por el cual presentamos este estudio de caso es para subrayar que las políticas propicias, respaldadas por una voluntad política, son indispensables para que la agroecología funcione y sea una realidad para un gran número de agricultores familiares. Se necesitan políticas nacionales como las formuladas y aplicadas en el Brasil para que las innovaciones agroecológicas pasen de una posición de nicho a un régimen sociotécnico alternativo. En una época en que los expertos en agricultura y seguridad alimentaria formulan hipótesis, especulan y a menudo están en desacuerdo sobre las medidas que se han de aplicar para poner fin al hambre en el mundo, quizá sea más sensato examinar el ejemplo de países que, como el Brasil, han erradicado efectivamente el hambre dentro de sus fronteras en los últimos años. En particular, la experiencia del Brasil demuestra que no es necesariamente indispensable duplicar los rendimientos agrícolas para acabar con el hambre.



OBSERVACIONES FINALES

La agroecología ofrece innovaciones técnicas y orgánicas para promover, a nivel mundial, un modelo de agricultura regeneradora, adaptable, inclusiva y eficaz en el uso de los recursos. Quedan varios problemas por resolver. En particular, es importante conocer con certeza la extensión actual de la agroecología en el mundo en lo que se refiere a superficie abarcada y número de agricultores que han adoptado los principios agroecológicos. Si logramos comprender y documentar qué tipos de agricultores están orientándose hacia la agroecología y en qué condiciones, podremos contribuir mejor a la formulación de políticas públicas de apoyo a esta transición. Nuestro próximo gran desafío consiste en fomentar la agroecología, a partir de los ejemplos exitosos pero aislados de agricultores pioneros, para que alcance una difusión a gran escala. Las organizaciones y los movimientos sociales tienen un papel importante que cumplir a este respecto. Invertir en innovación institucional y normativa será por lo menos tan importante como invertir en nuevos conocimientos científicos en materia de agroecología. En lugar de políticas que fuercen a los agricultores a adoptar la agroecología, lo que nos hace falta son políticas que establezcan las reglas del juego para que la agricultura agroecológica sea tan competitiva y económicamente viable como la agricultura industrial, por ejemplo: i) internalizando las externalidades ambientales en los costos de producción; ii) asignando de manera preferencial las subvenciones a la agricultura de bajo impacto ambiental; iii) protegiendo el derecho de los agricultores familiares de acceder a la biodiversidad, cada vez más limitado por las patentes y las reivindicaciones antiéticas de derechos de propiedad, y iv) promoviendo circuitos de comercialización cortos y sistemas alimentarios locales, incluida la elaboración, que puedan garantizar alimentos de calidad e inoctrinos para los habitantes urbanos más pobres.

En un contexto de rápido crecimiento demográfico y reducción del tamaño de las granjas, los pequeños agricultores pueden desempeñar un papel más importante complementando y reforzando las dietas mediante la producción de una amplia diversidad de cultivos nutritivos, en lugar de centrarse únicamente en productos ricos en calorías. Aunque las dietas modernas de los seres humanos están en general más determinadas por la demanda que por la oferta (Marie y Delpeuch, 2005), el caso de los pequeños agricultores puede constituir una excepción en muchas situaciones. La dieta media de los habitantes de las zonas rurales que están bien conectadas con los mercados y centros urbanos, o que tienen acceso a los medios de comunicación de masa, es determinada cada vez más por la demanda. Es casi normal ver a los habitantes rurales que viven en entornos megadiversos consumir alimentos procesados producidos en las ciudades y utilizar ingredientes provenientes de lugares muy lejanos. Sin embargo, en las regiones cuya conexión a los mercados y los medios de información es menor, o donde la pobreza impide a las personas comprar alimentos, la relación entre paisaje y diversidad nutricional es mucho más fuerte. La biodiversidad funcional, que es necesaria para apoyar los procesos y funciones agroecológicos, también trae consigo una mayor diversidad de productos agrícolas y animales, lo que puede mejorar la dieta de las familias de agricultores, como en el caso del Brasil.

Si consideramos la composición media de una dieta recomendada para reducir los riesgos de salud relacionados con la alimentación y mejorar la nutrición (Murray, 2014), y la comparamos con la actual producción alimentaria global, es claro que nos falta 11 por ciento de hortalizas,



34 por ciento de frutas, 50 por ciento de leche fresca y 58 por ciento de nueces y semillas. Estos déficit nutricionales ponen de manifiesto la necesidad de diversificar la producción, por ejemplo, mediante las asociaciones y rotaciones intensivas de productos hortícolas, la integración de la agricultura y ganadería, o la agroforestería de árboles frutales, prácticas que son habituales en la agroecología. Se deben orientar los esfuerzos hacia el diseño de paisajes que tengan en cuenta la cuestión de la nutrición mediante la diversificación. La buena intención de aumentar los rendimientos de unos cuantos productos básicos mundiales para reducir la pobreza y el hambre ha mostrado sus limitaciones. En particular, en la pequeña agricultura familiar, donde los agricultores no tienen más de media hectárea de tierra, el aumento de los rendimientos de los cultivos básicos no sacará a las familias de la pobreza. Dado el reducido tamaño de sus tierras, el ingreso total que pueden obtener por la venta de su cosecha– incluso si producen a niveles de su rendimiento potencial – seguirá siendo exiguo. Como consecuencia, hoy un gran número de agricultores de las regiones en desarrollo son agricultores a tiempo parcial, que no pueden prestar suficiente atención a sus granjas y sus paisajes. A menos que se haga algo para invertirla, esta tendencia resultará exacerbada por las futuras generaciones de agricultores familiares. Ha llegado la hora de la agroecología.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Gerard Oomen, Kees Steendijk, Uma Khumairoh, Thomas Loronjo e Irene Cardoso por la inspiración, la información y las observaciones formuladas.



REFERENCIAS

- Altieri, M.A.** 1987. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Boulder, CO, USA., westview Press.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Altieri, M.A.** 2014. Discurso público pronunciado en el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, 18-19 de septiembre, FAO, Roma.
- Andrieu, N., Vayssières, J., Corbeels, M., Blanchard, M., Vall, E. & Tittonell, P.** 2015. From farm scale synergies to village scale trade-offs: cereal crop residues use in an agro-pastoral system of the Sudanian Zone of Burkina Faso. *Agricultural Systems*, 134: 84-96.
- Bai, Z.G., de Jong, R. & Van Lynden, G.W.J.** 2010. *An update of GLADA – Global assessment of land degradation and improvement*. Informe CICIS 20010/08. Wageningen, ISRIC – Información Mundial sobre los Suelos.
- Bationo, A., Tabo, R., Kimetu, J., Adamou, A. & Koala, S.** 2005. Farming in the drylands of West Promising soil fertility restoration techniques. In G.O. Omany & D. Pasternak, eds. *Sustainable Agriculture Systems for the Drylands*, pp. 100–125. Actas del International Symposium for Sustainable Dryland Agriculture Systems, 2-5 diciembre de 2003, Niamey, Níger. ICRISAT.
- Bationo, A. & Waswa, B.S.** 2011. New challenges and opportunities for integrated soil fertility management (ISFM) in Africa. In A. Bationo, B. Waswa, J.M. Okeyo, F. Maina & J. Kihara, eds. *Innovations as Key to the Green Revolution in Africa: Exploring the Scientific Facts*, pp. 3-20. vol. 1. Dordrecht, Países Bajos, Springer.
- Bryceson, D.F.** 2002. The scramble in Africa: reorienting rural livelihoods. *World Development*, 30: 725-739.
- Corral-Núñez, G., Opazo-Salazar, D., GebreSamuel, G., Tittonell, P., Gebretsadik, A., Gebremeskel, Y., Tesfay, G. & Van Beek, C.L.** 2014. Soil organic matter in Northern Ethiopia, current level and predicted trend: a study case of two villages in Tigray. *Soil Use and Management*, 30: 487-495.
- da Silva, J.G.** 2014. Discurso de clausura del Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, 19 de septiembre, FAO, Roma.
- Dalgaard, T., Hutchings, N.J. & Porter, J.R.** 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 100: 39-51.
- de Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M.K.** 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108: 1-9.
- Del Río, T.** 2014. *Assessment of nitrogen use and losses from rice agro-ecosystems with different levels of complexity in East Java, Indonesia*. Universidad de Wageningen. (Tesis de maestría)
- Delmotte, S., Tittonell, P., Mouret, J.-C., Hammond, R. & Lopez-Ridaura, S.** 2011. On farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, 35(4): 232-236.
- FAO, FIDA y PMA.** 2014. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2014. Fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y nutrición*. Roma.
- Félix, G., Scholberg, J., Courmac, L. & Tittonell, P.** 2015. Woody amendments to restore soil fertility and improve productivity in semi-arid west Africa. *A review. Nutr. Cycl. Agroecosyst.* submitted.
- Fliessbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L. & Mäder, P.** 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118: 273-284.



- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoeft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. & Poincelot, R. 2003. Agroecology: The ecology of food systems. *J. Sustain. Agr.*, 22(3): 99-118.
- Gottinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., El-Hage Scialabba, N. & Niggli, U. 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS*, 109: 18226-18231.
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. MI, USA., Ann Arbor Press.
- Gliessman, S.R. 2007. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. Boca Ratón, FL, USA., CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Holt-Giménez, E. & Altieri, M.A. 2013. Agroecology, Food Sovereignty, and the New Green Revolution. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 90-102.
- IBGE. 2013. *Pesquisa nacional por amostra de domicílio: segurança alimentar*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (disponible en: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/).
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., Hamilton, M.L., Hassanali, A., Hooper, A.M., Kuate, S.P., Midega, C.A.O., Pittchar, J. & Torto, B. 2010. Control of stemborers and striga in African cereals: A low input push-pull approach with rapidly expanding impact. *Aspects of Applied Biology*, 56: 145-151.
- Khoury, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L.H. & Struik, P.C. 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *PNAS*, 111: 4001-4006.
- Khumairoh, U., Groot, J.C.J. & Lantinga, E.A. 2012. Complex agro-ecosystems for food security in a changing climate. *Ecology and Evolution*, 2: 1696-1704.
- Küstermann, B., Kainz, M. & Hülsbergen, K.-J. 2008. Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23: 38-52.
- Lahmar, R., Bationo, B.A., Lamso, N.D., Guéro, Y. & Tiftonell, P. 2012. Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: Building on traditional local practices for soil restoration. *Field Crops Research*, 132: 158-167.
- Liang, K.A., Zhang, J., Lin, T., Quan, G. & Zhao, B. 2012. Control effects of two-batch-duck raising with rice framing on rice diseases, insect pests and weeds in paddy field. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4(5): 309-315.
- Long, P., Huang, H., Liao, X., Fu, Z., Zheng, H., Chen, A. & Chen, C. 2013. Mechanism and capacities of reducing ecological cost through rice-duck cultivation. *J. Sci. Food Agric.*, 93: 2881-2891.
- Mapfumo, P., Chikowo, R. & Mtambanengwe, F. 2010. *Lack of resilience in African smallholder farming: Exploring measures to enhance the adaptive capacity of local communities to climate change*. Final technical report to the IDRC-DfID climate change adaptation in Africa (CCAA) Program. Harare, Universidad de Zimbabwe. 99 pp.
- Marie, B. & Delpuech, F. 2005. *Nutrition indicators for development. Reference Guide*. Nutrition Planning, Assessment and Evaluation Service, Food and Nutrition Division. Roma, FAO.
- Martinez-Torres, M.E. & Rosset, P.M. 2014. Diálogo de saberes en La Vía Campesina: Food Sovereignty and Agroecology. *J. of Peasant Studies*, 41: 979-997.
- Medaests, J.P., Kleber Pettan, K. & Takagi, M. 2003. *Family farming and food security in Brazil*. OCDE, Global Forum on Agriculture, Designing and Implementing Pro-Poor Agricultural Policies, Brasilia, noviembre de 2003.
- Mirsky, S.B., Ryan, M.R., Curran, W.S., Teasdale, J.R., Maul, J., Spargo, J.T., Moyer, J., Grantham, A.M., Weber, D., Way, T.R. & Camargo, G.G. 2012. Conservation tillage issues: Cover crop-based organic rotational no-till grain production in the mid-Atlantic region, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27: 31-40.



- Murray, C.** 2014. *Low-risk diet vs. availability: A Mismatch*. Institute for Health Metrics and Evaluation, Universidad de Washington.
- Nezomba, H., Mtambanengwe, F., Tiftonnell, P. & Mapfumo, P.** 2015. Point of no return? Rehabilitating degraded soils for increased crop productivity on smallholder farms in Eastern Zimbabwe. *Geoderma*, 239: 143-155.
- Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P. & Scialabba, N.** 2009. Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. *Ökologie & Landbau*, 141: 32-33.
- Oomen, G.** 2012. *Tarweteelt. Vergelijking van drie teeltsystemen*. Universidad de Wageningen. 54 pp.
- Paes-Sousa, R. & Vaitsman, J.** 2014. The Zero Hunger and Brazil without Extreme Poverty programs: a step forward in Brazilian social protection policy. *Ciênc. saúde coletiva*, 19: 4351-4360.
- Ponisio, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., De Valpine, P. & Kremen, C.** 2014. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B*, 282(1799): 20141396.
- Pretty, J., Toulmin, C. & Williams, S.** 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9: 5-24.
- Reich, P.F., Numbem, S.T., Almaraz, R.A. & Eswaran, H.** 2001. Land resource stresses and desertification in Africa. In E.M. Bridges, I.D. Hannam, L.R. Oldeman, F.W.T. Pening, S.J. De Vries, S.J. Scherr & S. Sompatpanit, eds. *Responses to Land Degradation*. Proceedings of the 2nd international conference on land degradation and desertification, Khon Kaen, Tailandia. Nueva Delhi, Oxford University Press.
- Reidsma, P., Oude Lansink, A. & Ewert, F.** 2009. Economic impacts of climate variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. *Mitigation Adaptation Strategies for Global Change*, 14: 35-59.
- Rossing, W.A.H., Modernel, P., Tiftonnell, P.** 2013. Diversity in organic and agro-ecological farming systems for mitigation of climate change impact, with examples from Latin America. In J. Fuhrer & P.J. Gregory, eds. *Climate change Impact and Adaptation in Agricultural Systems*. CABI.
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J.A.** 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485: 229-232.
- Sevilla-Guzmán, E. & Woodgate, G.** 2013. Agroecology: Foundations in agrarian social thought and sociological theory. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 32-44.
- Silici, L.** 2014. *Agroecology: What it is and what it has to offer*. International Institute of Environment and Development Issue Paper. London.
- Stoop, W.A.** 2011. The scientific case for system of rice intensification and its relevance for sustainable crop intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9: 443-455.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L.** 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *PNAS*, 108: 20260-20264.
- Tiftonnell, P.** 2014. Ecological intensification – sustainable by nature. *Current Opinion on Environmental Sustainability*, 8: 53-61.
- Tiftonnell, P., Muriuki, A.W., Shepherd, K.D., Mugendi, D., Kaizzi, K.C., Okeyo, J., Verchot, L., Coe, R. & Vanlauwe, B.** 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa - A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems*, 103: 83-97.
- Tomich, T.P., Brodt, S., Ferris, H., Galt, R., Horwath, W.R., Kebreab, E., Leveau, J.H.J., Liptzin, D., Lubell, M., Merel, P., Michelmore, R., Rosenstock, T., Scow, K., Six, J., Williams, N. & Yang, L.** 2011. Agroecology: a review from a global-change perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 36: 193-222.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. & Macdonald, D.W.** 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112: 309-320.



- UNCTAD.** 2014. *Economic Development in Africa Report 2014: Catalysing Investment for Transformative Growth in Africa*. Ginebra, Suiza (disponible en:http://unctad.org/en/Publicationslibrary/aldcafrica2014_en.pdf).
- Valbuena, D.F., Groot, J.C.J., Mukalama, J., Gerard, B. & Tittonell, P.A.** 2014. Improving rural livelihoods as a 'moving target': Trajectories of change in smallholder farming systems of Western Kenya. *Regional Environmental Change*. DOI: 10.1007/s10113-014-0702-0.
- van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. & Hochman, Z.** 2013. Yield gap analysis with local to global relevance – a review. *Field Crop Res.*, 143: 4-17.
- Vereijken, P.** 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *European Journal of Agronomy*, 7: 235-250.
- Vlek, P., Le, Q.B. & Tamene, L.** 2008. *Land Decline in Land-rich Africa – A Creeping Disaster in the Making*. CGIAR Science Council Secretariat. Roma. 55 pp.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C.** 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 503-515.
- Xie, J., Hu, L., Tang, J., Wu, X., Li, N., Yuan, Y., Yang, H., Zhang, J., Luo, S., & Chen, X.** 2011. Ecological mechanisms underlying the sustainability of the agricultural heritage rice-fish coculture system. *PNAS*, 108(50): e1381–e1387.



02

MEJORA DE LA FUNCIÓN Y LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA AGRICULTURA: LOS PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS

Etienne Hainzelin

CIRAD (Centro de cooperación internacional en investigación agrícola para el desarrollo)

Correo electrónico: etienne.hainzelin@cirad.fr



© INRA/Christian Dupraz



Resumen

La agroecología se basa fundamentalmente en el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la producción agrícola; por esto, representa una ruptura verdadera con la forma en que la ciencia predominante considera la agricultura desde hace un siglo. La agroecología no tiene una definición consensual; representa un espacio conceptual para reflexionar sobre la sostenibilidad de la agricultura a través de las estrechas interacciones existentes entre la ciencia y la sociedad, con una gran cantidad de nuevos conceptos, preguntas e instrumentos. Entre las diversas ‘encarnaciones’ de la agroecología, el mínimo común denominador se encuentra a nivel de la parcela cultivada. El principio básico y común a todas las acepciones es aumentar la producción de biomasa mediante la mejora de los servicios prestados por los organismos vivos, y aprovechar al máximo los recursos naturales, en especial los que son abundantes y gratuitos (por ejemplo, la radiación solar, el carbono y el nitrógeno atmosférico, y las precipitaciones). La agroecología se propone gestionar la producción, y en algunos casos aumentarla, de manera sostenible y resiliente, manteniendo y mejorando el capital natural a largo plazo. Producirá una mejora de los procesos ecológicos y las interacciones de la biodiversidad funcional, por encima y por debajo de la superficie del suelo, en

el espacio y en el tiempo, intensificando los ciclos biológicos de los nutrientes, el agua y la energía, y controlando los agresores de los cultivos.

Como los servicios ecosistémicos están implicados, la agroecología se interesa desde hace mucho tiempo por los sistemas a gran escala (es decir, granjas, paisajes, cuencas receptoras, cadenas de valor, sistemas alimentarios). La agroecología ha colaborado estrechamente con la investigación interdisciplinaria, en particular centrándose en algunos de los motores del desarrollo agrícola, como la industria y la distribución alimentarias, la salud de los consumidores, y las políticas públicas, entre otros. Debido a que la agroecología depende en gran medida de los recursos naturales disponibles localmente, entre ellos la agrobiodiversidad, no puede prescribir paquetes tecnológicos listos para usar a los agricultores. Los modelos y soluciones agroecológicos se elaboran a partir de la combinación de los conocimientos científicos y tradicionales y de la extensa utilización de los procesos de aprendizaje e innovación locales. Ante los numerosos retos futuros, la agroecología representa un verdadero camino alternativo para la transformación de la agricultura, al tiempo que cuestiona la función y las prácticas de la investigación agrícola y exige su renovación sustancial.



INTRODUCCIÓN

Ante los retos cada vez más abrumadores que el mundo debe afrontar seguridad alimentaria y nutricional, deterioro de la biodiversidad y de la integridad de los ecosistemas, cambio climático, transición energética y descarbonización de la economía, entre otros, la sostenibilidad se ha vuelto una necesidad acuciante y urge hallar formas concretas de aplicarla. La agricultura mundial, al igual que todas las demás actividades humanas, debe reflexionar sobre el modo de poder aumentar realmente su sostenibilidad. La agroecología es una forma de concebir la transformación de la agricultura mundial, en su inmensa diversidad, en sistemas y formas más sostenibles.

La agricultura, debido a que utiliza casi el 40 por ciento de las tierras del planeta y más de tres cuartos del agua dulce disponible, y proporciona medio de vidas y empleo a casi la mitad de la fuerza de trabajo mundial, está estrechamente vinculada con algunos de los desafíos más apremiantes que afronta el mundo, tal como se mencionó poco antes (Hainzelin, 2014).

El futuro de la agricultura no está escrito en piedra; no existe una ley universal que obliga a la agricultura de los países en desarrollo a seguir los mismos pasos de la modernización por industrialización, como ocurrió en la mayoría de los países ricos. La agroecología representa un nuevo enfoque de la intensificación, una 'familia' de caminos de transformación que afecta a todos los sistemas agrícolas: desde la agricultura manual y 'orgánica por omisión' en las regiones en que todavía no ha comenzado el proceso de intensificación, hasta los agroecosistemas industrializados que tienen que reconsiderar el modelo debido a su insostenibilidad. En el presente capítulo, examinaremos los principios básicos de la agroecología y discutiremos el modo en que sus diferentes encarnaciones movilizan los servicios ecosistémicos para intensificar la producción de manera sostenible. Luego, analizaremos lo que implican estos principios en lo que atañe a la consideración de los contextos y conocimientos tradicionales locales. Por último, reflexionaremos acerca del papel que puede desempeñar la investigación científica para contribuir a construir caminos de intensificación agroecológicos.

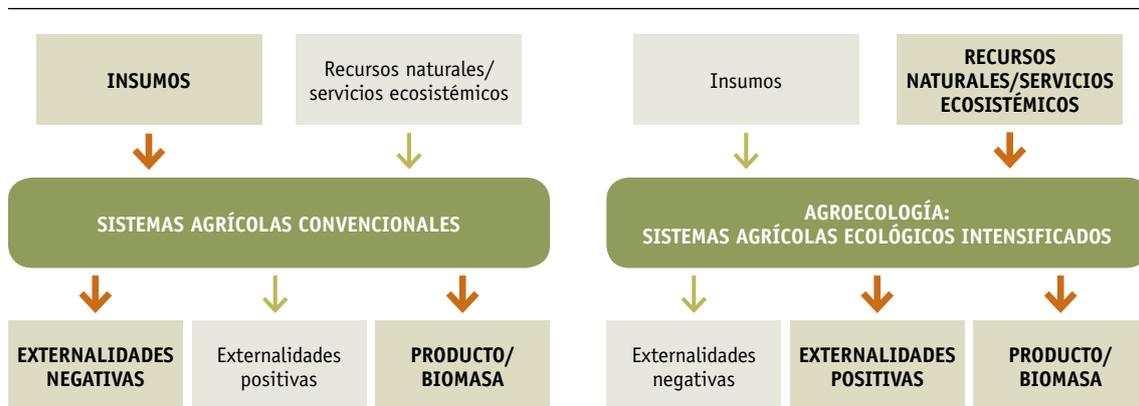
LA AGROECOLOGÍA ABRE EL CAMINO A UNA AMPLIA VARIEDAD DE SOLUCIONES PARA TRANSFORMAR LA AGRICULTURA Y MEJORAR SUS RESULTADOS Y SU SOSTENIBILIDAD

Un cambio de paradigma

La agroecología representa una ruptura con la forma en que la ciencia predominante ha considerado y analizado la agricultura desde hace más de un siglo, esto es, con un punto de vista básicamente reduccionista y una creciente dependencia de insumos agrícolas externos. De conformidad con esta perspectiva predominante, la evolución lógica de la agricultura es la intensificación de los rendimientos mediante el uso de variedades de alta productividad y elevados niveles de insumos



Figura 1. Comparación de los caminos convencional y ecológico de intensificación en los sistemas de cultivos



Fuente: adaptado de Griffon, 2013

(fertilizantes, plaguicidas, riego, entre otros). Este modelo de ‘intensificación convencional’ ha sido la base de la agricultura industrializada de la ‘Revolución Verde’. Promueve una fuerte especialización de los cultivos, reducidos a menudo a una cubierta vegetal uniforme y síncrona, compuesta en última instancia de un único genotipo de algunas especies principales, con la eliminación sistemática del resto de los organismos vivos considerados ‘factores limitantes’. Considerada por mucho tiempo como la manera suprema de producir, su sostenibilidad es cada vez más objeto de cuestionamientos porque no tiene en cuenta la importancia de la biodiversidad como fuerza impulsora de la productividad y de los procesos de regulación en los ecosistemas. No obstante los avances espectaculares en cuanto a productividad (economías de escala, homogeneidad, mecanización, etc.), la agricultura industrializada ha ocasionado un empobrecimiento extremo de las interacciones bióticas (Figura 1).

Reconociendo la doble necesidad absoluta de la intensificación y la sostenibilidad, varios autores, entre ellos Pretty y Bharucha (2014), han desarrollado el concepto de “intensificación sostenible”, definido como un “proceso o sistema en que los rendimientos agrícolas aumentan sin un impacto ambiental negativo”. Este concepto, que todos deberían de aceptar sin dificultad, no indica un camino tecnológico específico; pone el acento más en los fines que en los medios, que pueden ser muy diversos (Pretty y Bharucha, 2014).

Por otro lado, la agroecología presta mucha atención a los medios: se basa principalmente en el fortalecimiento y movilización de los recursos naturales, así como en de las funcionalidades de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos pertinentes en que descansa la producción agrícola, como el control natural de las plagas, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la polinización. En este sentido, se trata de una ‘intensificación ecológica’. Representa una ruptura con la intensificación convencional, pero está en armonía con otras transformaciones que la agricultura ha experimentado desde su aparición en el neolítico: el proceso de domesticación y selección, seguido de la asociación agricultura-ganadería, la rotación con leguminosas, la labranza del suelo y, posteriormente, la labranza cero, entre otras.



Una nueva manera de considerar los resultados

Dada la necesidad de la sostenibilidad, ¿qué se entiende exactamente por resultados de la producción agrícola? Es un hecho ampliamente reconocido que la agricultura es multifuncional, como se afirma en el siguiente pasaje tomado de la Evaluación internacional sobre el papel del conocimiento, la ciencia y la tecnología en el desarrollo agrícola:

“otras funciones importantes para el desarrollo sostenible son el suministro de artículos no alimentarios, la prestación de servicios ecológicos y de protección ambiental, el fomento de los medios de vida, el desarrollo económico, la creación de oportunidades de empleo, la inocuidad alimentaria y la calidad nutricional, la estabilidad social, y la conservación de las culturas, tradiciones e identidades” (IAASTD, 2009).

La productividad agrícola no puede medirse únicamente por la productividad de la mano de obra o de la tierra. Las externalidades negativas y el aporte de servicios ecosistémicos deben entrar en el cálculo. Además, estos deben ser cuantificados a lo largo del tiempo para poder evaluar el impacto a largo plazo en las potencialidades y la resiliencia de los ecosistemas. Actualmente, estos resultados basados en múltiples criterios, elemento crucial para la evaluación de la sostenibilidad, son objeto de debate: aunque se proponen numerosos indicadores, muy pocos se aprueban por consenso. Un reciente meta-análisis basado en 49 trabajos de investigación publicados en Europa ha encontrado más de 500 indicadores de sostenibilidad, la mayoría de los cuales (431) no se utilizaron más que una vez (Buckwell, 2014). Esto pone de relieve la falta de herramientas aceptadas de común acuerdo para medir la sostenibilidad, aunque están en curso numerosas iniciativas de investigación para poder caracterizarla mejor (Caron *et al.*, 2014).

Los principios de la agroecología conducen a un nuevo análisis de todas las intervenciones técnicas en los sistemas de cultivos. Este análisis se basa en un enfoque a largo plazo de la ‘agradación’, elaborado sobre cimientos existentes, uno de cuyos objetivos es la mejora del capital natural. El ejemplo de la labranza ilustra la necesidad de alcanzar un equilibrio ente los efectos positivos previstos (por ejemplo, reducir las malas hierbas, aumentar la porosidad del suelo) y los efectos negativos (por ejemplo, costos en equipo y energía, riesgos de erosión y perturbación de la biodiversidad del suelo) (Griffon, 2013).

LA AGROECOLOGÍA NO TIENE UNA DEFINICIÓN COMÚN, PERO TIENE MUCHAS ‘ENCARNACIONES’

Aunque muchos estudiosos la han descrito de manera bastante detallada y sobre una base conceptual sólida (Altieri, 1995; Gliessman, 1998), hoy la agroecología no tiene una definición clara y consensual. Su naturaleza misma es objeto de un amplio debate; se le ha descrito como una ciencia, un movimiento y una práctica, lo que indica hasta qué medida su naturaleza depende del punto de vista del autor (Wezel *et al.*, 2009). La agroecología tiene muchas ‘encarnaciones’,



que además son muy variadas. En la familia de las encarnaciones como comunidad de prácticas, podemos citar la permacultura, la agricultura orgánica, la ecoagricultura, la agricultura de conservación, la agricultura perenne, la labranza mínima o la labranza cero, entre otras. Cada una de ellas se centra en un aspecto específico de la agroecología. La expresión “intensificación ecológica” se refiere aun más a la gama de medios que han de movilizarse de manera prioritaria para transformar la agricultura a través de la agroecología (Griffon, 2013; Tittone, 2013; 2014). En lo que respecta a la ciencia, los estudiosos podrían entablar debates infinitos para determinar si la agroecología es una nueva disciplina científica, una transdisciplina o una interdisciplina, observando que sus conceptos y métodos siguen siendo bastante fluidos.

La diversidad de los temas tratados por las investigaciones publicadas sobre la agroecología también es muy amplia. Xavier Reboud (com. pers.) examinó más de 2 500 referencias de trabajos científicos publicados entre 1975 y 2010 que utilizaban el término “agroecología” o que se relacionaban con la agroecología sin utilizar el término. Su intento por agrupar y cartografiar las cuestiones o temas científicos relacionados con la agroecología desembocó en una amplia variedad de esferas, objetos de investigación y escalas, entre otros resultados.

La agroecología representa un espacio conceptual para reflexionar sobre la sostenibilidad de la agricultura a través de las estrechas interacciones entre ciencia y sociedad, con una gran cantidad de nuevos conceptos, interrogantes y herramientas. El hecho mismo de que la definición de agroecología sea un poco vaga es considerado por algunos autores como una oportunidad y una riqueza; la diversidad de las perspectivas generadas provoca animados debates y es una fuente prometedora de nuevas ideas y conceptos (Griffon, 2013).

Entre la amplia diversidad de ‘encarnaciones’ de la agroecología, el mínimo común denominador se encuentra a nivel de la parcela. El principio básico de la agroecología y común a todas sus acepciones es mejorar los servicios prestados por los organismos vivos y aprovechar al máximo los recursos naturales, en especial aquellos que abundan y que son gratuitos (por ejemplo, radiación solar, carbono y nitrógeno atmosféricos, y precipitaciones).

¿DE QUÉ MANERA LA AGROECOLOGÍA MOVILIZA LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A NIVEL DE PARCELA?

Tres palancas principales para poner los servicios ecosistémicos al servicio de la intensificación

Para comenzar, la agroecología procura optimizar la biodiversidad funcional por encima del suelo, a diferentes escalas espaciales y temporales, para intensificar los ciclos biológicos de los nutrientes, el agua y la energía (Malézieux *et al.*, 2009). La amplificación de estos ciclos, cada uno de los cuales constituye un servicio ecosistémico, tiene por objetivo aumentar la producción de biomasa, en particular de la biomasa cosechada (alimentos, fibras y energía, entre otros). Se presta una atención constante a la necesidad de conservar los recursos naturales y de aumentar el potencial del ecosistema local. Experimentar con las complementariedades de



los nichos, la arquitectura de la cubierta vegetal y los sistemas radiculares entre las especies (incluidas las 'especies de servicio' cultivadas para proporcionar servicios específicos), y planificar combinaciones anuales y perennes entre ellas, etc., maximiza la utilización de los recursos, por debajo y por encima del suelo.

Segundo, la biodiversidad funcional se utiliza para limitar la población de bioagresores como las malas hierbas, las plagas y las enfermedades transmitidas por suelo que reducen la biomasa de cultivos cosechada. Existen numerosos ejemplos de utilización de la lucha biológica, de aumento de los depredadores de plagas y agresores, de efectos alelopáticos y de técnicas de desviación estímulo-disuasivas para luchar contra los agresores. La agroecología propugna un enriquecimiento de los conocimientos sobre el modo en que los equilibrios e interacciones espacio-temporales biológicos, las cadenas tróficas y la ecología específica pueden contribuir a la lucha contra los agresores de los cultivos (Ratnadass *et al.*, 2014).

Tercero, la agroecología maneja la biodiversidad funcional por debajo del suelo mediante la ampliación de los ciclos biogeoquímicos, el reciclaje de los nutrientes provenientes de perfiles profundos y el aumento de las actividades microbianas. Probablemente esta sea la esfera en que más difieran la intensificación convencional y la ecológica; la primera depende casi exclusivamente de los fertilizantes y las correcciones para proporcionar los nutrientes necesarios a la cubierta vegetal, mientras la segunda moviliza y potencia la actividad de las comunidades vivas del suelo para mejorar los ciclos de los nutrientes. La agroecología no exonera de la necesidad de compensar las exportaciones de nutrientes, pero como proporciona un espacio de suelo más amplio y activo, y reduce las pérdidas de nutrientes, los fertilizantes se usan de manera más parsimoniosa. Se trata pues de un enfoque de la intensificación completamente diferente, aunque todavía queda mucho por descubrir sobre las diferentes maneras de aplicar este principio. Los ciclos en el suelo son un mundo en gran parte desconocido, y no se ha descrito más que el 10 por ciento de la biodiversidad del suelo, que representa un cuarto del total de las especies vivas. Además, se sabe muy poco sobre el modo en que los ciclos y la biodiversidad del suelo funcionan según los diferentes tipos de suelo. La fauna del suelo y la biomasa microbiana pueden representar hasta 10 toneladas por hectárea, pero también pueden estar muy degradadas y mermadas por las técnicas agrícolas modernas (Eglin *et al.*, 2010).

Ventajas previstas

La agroecología evidentemente depende mucho más de los recursos disponibles localmente y del ambiente que la agricultura convencional. El clima (en especial el volumen y la distribución de las precipitaciones), la naturaleza y riqueza del suelo, y la biodiversidad disponible, entre otros factores, afectarán a la ecuación de la agroecología. Por consiguiente, las ventajas previstas diferirán según el contexto, pero serán en general de tres tipos:

- » aumento de la producción de biomasa y del secuestro de carbono en las plantas y el suelo durante todo el año, en condiciones que mantienen y mejoran el capital natural (mejora de la biología y la fertilidad del suelo) a largo plazo;



- » reducción de los costos de los insumos y de la dependencia tecnológica a través de la agroecología gracias al aprovechamiento de los recursos locales gratuitos, al mejor balance energético del cultivo y a la reducción de las externalidades provocadas por los insumos a expensas de la salud humana y ambiental;
- » mejora de la estabilidad de la producción y de la capacidad de hacer frente y adaptarse al estrés, las perturbaciones y los agresores, debido a que la agroecología no depende de mecanismos sincronizados u homogéneos.

La agroecología no es una solución milagrosa. Se requiere una gran cantidad de conocimientos y de espíritu de innovación para construir estos nuevos sistemas y alcanzar estas ventajas. Uno de los desafíos consistirá en mantener el balance mineral a medida que el sistema se intensifica y la biomasa exportada aumenta. Para algunos macronutrientes, como el fósforo, la ecuación será particularmente difícil de resolver, pero aquí puede crearse un espacio de investigación común entre el enfoque convencional y el agroecológico, en el que los dos tengan que aplicar el principio de la parsimonia. La mayoría de las veces, la aplicación de principios agroecológicos da lugar a una 'complejización' de los sistemas de cultivos. Esto puede considerarse un inconveniente, un obstáculo a la estandarización y mecanización de las técnicas, en especial en las grandes granjas. Existe también un debate en curso sobre la comparación de los resultados entre los sistemas convencionales y los agroecológicos. Si limitamos esta comparación a los rendimientos, los resultados pueden ser favorables a la intensificación convencional. Sin embargo, cuando el análisis de las eficiencias de producción se combina con el del costo global del cultivo, comprendidas las externalidades negativas, pocas veces la comparación resulta favorable a los sistemas convencionales. Además, la agroecología aplica el principio comúnmente aceptado de que existen concesiones mutuas entre los rendimientos a corto plazo y la sostenibilidad a largo plazo, mientras que los sistemas convencionales están más centrados en el corto plazo. Por ello se necesitan nuevas herramientas basadas en múltiples criterios para medir los resultados de los diferentes sistemas de cultivos.

Algunos ejemplos concretos de agroecología aplicada

Los principios básicos que se han descrito anteriormente ya se están aplicando con buenos resultados a gran escala, tanto en las grandes granjas mecanizadas como en las pequeñas granjas. Planificar y manejar la biodiversidad en el espacio y el tiempo con miras a su optimización funcional implica trabajar sobre la diversidad genética, pero también sobre la diversidad entre especies y ecosistemas. Esto supone siempre la 'complejización' de los sistemas de cultivos, no solo en la parcela sino también en el paisaje circundante. Entre los numerosos ejemplos posibles, se presentan a continuación cuatro casos ilustrativos de esta 'complejización'.

Técnicas de labranza cero en Mato Grosso, Brasil:

En las regiones amazónicas de Mato Grosso (Brasil), las técnicas de labranza cero asociadas con diferentes combinaciones y la sucesión de cultivos múltiples se aplican sobre una superficie de 10 millones de hectáreas. En estas regiones, el nivel de precipitaciones es muy elevado y el



monocultivo convencional de soja, tras el desbroce del bosque, deja el suelo sin cubierta vegetal y provoca una erosión considerable. Utilizando plantas de servicio intercaladas con cultivos comerciales, los principios aplicados son los siguientes: i) mantener el suelo cubierto con una cobertura vegetal o de biomasa sobre el suelo, y ii) desarrollar un sistema radicular sólido y profundo y garantizar su viabilidad durante todo el año, tanto en los meses muy húmedos como en los secos. La aplicación de estos dos principios permite mantener la actividad biológica y la producción de biomasa todo el año, eliminar la erosión y ampliar los ciclos de los nutrientes a partir de horizontes muy profundos (Séguy y Bouzinac, 2008). Hoy, la superficie total sometida a un régimen de agricultura de conservación (labranza cero, cultivos de cobertura) en el Brasil es de alrededor de 18 millones de hectáreas, tanto en las grandes como en las pequeñas granjas (Scopel *et al.*, 2005).

Sistemas 'atracción-repulsión' en África:

Para luchar contra el barrenador del tallo del maíz en África, el Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (ICIPE) perfeccionó el uso combinado de 'plantas-trampas' (pasto del Sudán o pasto elefante) y 'plantas repelentes' (pasto gordura, *Desmodium uncinatum*), que atraen y repelen respectivamente al barrenador para su oviposición, con miras a optimizar los efectos parciales de cada una de ellas. Este procedimiento se denomina 'desviación estímulo-disuasiva de las plagas' o, de una forma más simple, sistemas 'atracción-repulsión'. Ofrece innumerables combinaciones de especies y de tipos de contextos (cultivo intercalado, pericultura, etc.) para luchar contra los agresores (Ratnadass *et al.*, 2014). Esta familia de técnicas, que son poco costosas y estimulan la inteligencia y el espíritu innovador de los agricultores, se está difundiendo cada vez más entre los pequeños agricultores de África.

Sistemas agroforestales templados en Europa:

La agroforestería es un sistema agrícola tradicional en muchas regiones tropicales, como ocurría en las regiones templadas antes del proceso de intensificación. La asociación entre especies anuales y perennes puede ser muy compleja y ofrece muchas ventajas, entre ellas, la mejor explotación de los recursos, la diversidad de productos, la complementariedad en el espacio y en el tiempo y la mejora de la capacidad de absorber las perturbaciones. La investigación ha mostrado un gran interés por la reintroducción de especies arbóreas en los grandes cultivos mecanizados e intensificados. El grande proyecto europeo 'SAFE', que funcionó en siete países mediante la asociación de cultivos de cereales y diferentes especies arbóreas (nogales, cerezos, álamos, robles), ha tenido resultados muy positivos (es decir, uno más uno puede ser más que dos) en lo que se refiere al rendimiento global (hasta un 30 por ciento más con respecto al cultivo en parcelas separadas), con beneficios adicionales en lo que atañe al secuestro de carbono, la rentabilidad y la capacidad de adaptación, entre otros. La reintroducción de especies arbóreas en las grandes granjas europeas de monocultivo no se producirá de la noche a la mañana; necesitará tiempo debido a la revolución mental que implica, pero al final puede abarcar 65 millones de hectáreas en Europa (Dupraz y Capillon, 2005).



Especies de servicio para la lucha contra las plagas en las Antillas Francesas:

En general, los cultivos de banano son tratados abundantemente con diferentes plaguicidas (hasta 80 veces por año en América Central), lo que suscita serias preocupaciones por la salud de los seres humanos y los ecosistemas. En las Antillas francesas, se puso en marcha un plan original de investigación y desarrollo con una organización de productores para encontrar la manera ecológica de reducir el uso de plaguicidas sin perder el control sobre las plagas. Se realizaron experimentos con una amplia variedad de 'especies de servicio' para cubrir el suelo en diferentes etapas del cultivo del banano, así como con cultivos para producir entre los ciclos del banano, con miras a reducir las poblaciones de plagas (nematodos, gorgojos), aumentar la porosidad del suelo y contener las malas hierbas y la erosión. Se realizaron investigaciones pormenorizadas sobre la ecología espacial y trófica, que concernieron a diferentes especies en asociación con otras técnicas agroecológicas (entre ellas, trampas de feromonas, gestión del barbecho, mejora varietal). Los resultados son bastante alentadores; las dosis de plaguicida se han reducido (de 12 kilogramos por hectárea en 2006 a 4 kilogramos por hectárea en 2012), especialmente de insecticidas, mientras se mantiene el control de los nematodos y gorgojos, y se reduce el costo total de producción (Risède *et al.*, 2010).

LA AGROECOLOGÍA TRABAJA DESDE HACE TIEMPO EN UNA ESCALA SUPERIOR A LA DE LA PARCELA

Como la agroecología se ocupa de servicios ecosistémicos que a menudo se movilizan a una escala superior a la de una parcela, desde hace tiempo se interesa por innovaciones a escalas mayores: granjas, paisajes, cuencas hidrográficas, cadenas de valor y sistemas alimentarios. Estas innovaciones en general van en la misma dirección, es decir, hacia una diversificación y 'complejización' de los sistemas de producción que exigen planificación, gestión y coordinación a escalas más elevadas (Tittonell, 2013). Para hacer frente a las plagas o insectos a nivel de la parcela se deben tener en cuenta los diferentes aspectos tróficos, entre ellos la población de enemigos naturales presentes a nivel del paisaje. Para hacer frente a la erosión en una vertiente de una cuenca hidrográfica se necesita tomar medidas para aumentar la 'rugosidad' del terreno que atraviesa la vertiente. Para optimizar la producción agrícola y la eficiencia de los sistemas alimentarios, las comunidades a menudo tienen que coordinar mejor sus diferentes estrategias de producción. La agroecología debe tomar en consideración las comunidades vivas de la parcela, de sus alrededores y de los ecosistemas no cultivados a nivel del paisaje. Esta necesidad de coordinación entre los agricultores y entre las comunidades puede constituir, a la vez, una limitación y una oportunidad para la agroecología.

De hecho, en las regiones en que la agroecología se ha aplicado durante un prolongado período de tiempo, se observa claramente una coevolución entre los sistemas técnicos y las sociedades rurales – entre los sistemas ecológicos y sociales. Altieri y sus colegas han demostrado efectivamente hasta qué punto las iniciativas emprendidas por los pequeños agricultores son esenciales para la innovación y la difusión de la agroecología (Altieri 1995;



Altieri y Nicholls, 2012). Esto quiere decir que las interacciones entre las dinámicas sociales entre agricultores (organización, cooperación, proceso de aprendizaje, conexión con otras partes interesadas de las cadenas de valor, etc.) y las innovaciones técnicas a diferentes niveles son fundamentales para llegar a una transformación beneficiosa.

Por último, muchos factores impulsores de la transformación agrícola están fuera del control de los productores (por ejemplo, la economía de los agronegocios, las cadenas de abastecimiento previas y las cadenas de valor posteriores), o incluso son extraños totalmente al mundo de la agricultura (industria y distribución alimentarias, mercados de consumidores urbanos, y políticas y reglamentaciones públicas, entre otros). Como consecuencia, la transformación hacia la agroecología depende sustancialmente de los parámetros, que pueden ser ‘favorables’ o ‘limitantes’.

Por estas razones, la agroecología se ha ocupado desde sus comienzos de problemas complejos, que combinan mecanismos biológicos y ecológicos básicos, a veces a una escala ínfima, con cuestiones humanas, sociales y políticas a una escala que puede ser la del planeta (Wezel *et al.*, 2009). La integración de esas diferencias extremas de escala genera preguntas radicalmente nuevas frente a las cuales los científicos están en general mal preparados (Chevassus-au-Louis *et al.*, 2009).

LA AGROECOLOGÍA DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE LOS RECURSOS NATURALES DISPONIBLES LOCALMENTE

La agroecología atribuye prioridad al uso de los recursos locales, entre ellos la agrobiodiversidad. Por consiguiente, depende fuertemente del contexto y las potencialidades locales. Los diferentes parámetros climáticos, edáficos y biológicos que caracterizan a un determinado contexto local afectarán a los recursos disponibles y configurarán los posibles sistemas técnicos que aprovecharán al máximo estos recursos. Por esta razón, la agroecología no prescribe paquetes técnicos listos para usar, sino que procura responder a las necesidades de los agricultores con una variedad optimizada de opciones técnicas que los agricultores deberán combinar y perfeccionar (Caron *et al.*, 2014). Se trata de una diferencia crucial con respecto a la intensificación convencional; los modelos y soluciones se elaboran a partir de una combinación de conocimientos científicos y tradicionales y se basan en gran medida en los procesos de aprendizaje e innovación entre las partes interesadas locales.

Algunas implicaciones

Una consecuencia de la importancia del contexto local y del paso de los sistemas agrícolas ‘listo para usar’ a los ‘hechos a medida’ es que los productores y sus redes se convierten en el centro de los sistemas locales de innovación. No existe ya una prescripción técnica uniforme; se empodera a los agricultores no sólo en el plano técnico, sino también social, orgánico y político.

Esto implica que la ciencia debe estar en condiciones de alimentar los sistemas locales de innovación con conocimientos científicos pertinentes y aportar una nueva ingeniería del saber, utilizando como base los conocimientos de los agricultores. La agroecología necesita una



ciencia de vanguardia que sea capaz no sólo de asociar diferentes disciplinas y escalas, sino también de combinar conocimientos de diferentes orígenes y niveles de fiabilidad, de suerte que refuerce las dinámicas de aprendizaje e innovación. Las experiencias prácticas, entre ellas las obtenidas a través de las escuelas de campo para agricultores y los intercambios entre campesinos innovadores, muestran cuán exigentes son estos procesos participativos, pero también qué provechosos pueden ser.

Otra consecuencia importante de la transición hacia la agroecología es el estado de la agrobiodiversidad. Este componente fundamental de la resiliencia es la principal palanca que los agricultores pueden poner al servicio de la intensificación, y que debe permanecer accesible a los pequeños agricultores sin costo alguno. Se debe poner fin a su degradación porque es un capital fundamental para la adaptación en el futuro; la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad debe apoyarse como complemento indispensable de la conservación *ex situ* (Louafi *et al.*, 2014).

La agroecología representa una vía de intensificación radicalmente nueva para la mayoría de los agricultores del mundo, pero los senderos de acceso son muchos y diversos. Prácticamente todos los agricultores del mundo, pequeños y grandes, pueden emprenderlos. En algunas regiones, innumerables agricultores han aplicado con éxito la agroecología durante muchos decenios. Sin embargo, existen diferentes entornos normativos, alguno más propicios que otros. Las transiciones hacia la agroecología fortalecerán la resiliencia de la agricultura y reducirán la dependencia del empleo de insumos, pero tienen un costo y no se materializarán sin políticas públicas concretas, entre ellas políticas de transición para la agricultura familiar, la remuneración de los servicios ambientales y la capacitación.

CONCLUSIÓN: CUESTIONES CRÍTICAS SOBRE EL PAPEL Y LAS PRÁCTICAS DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Frente a los numerosos desafíos que tenemos por delante, la agroecología representa una alternativa verdadera de transformación de la agricultura, al tiempo que plantea algunas cuestiones críticas sobre el papel y las prácticas de la investigación agrícola; requiere una renovación sustancial de lo que se espera de la ciencia agrícola. La agroecología, debido a sus propias especificidades, tiene consecuencias directas sobre el papel y las prácticas de los investigadores (Caron *et al.*, 2014):

- » La investigación debe reflexionar sobre el papel que desempeña en la agroecología y lo que aporta a esta disciplina – abrir nuevas cuestiones de investigación, tratar de liberarse de la ‘dependencia del camino’ ahí donde se manifiesta, y encontrar formas nuevas y abiertas de gestionar los conocimientos. Para ello, se debe reforzar la capacidad de acción colectiva entre los investigadores, a nivel de equipos y de proyectos, pero también a nivel institucional, debido a que hace falta ‘orquestrar’ de mejor manera las numerosas instituciones que trabajan en este campo para evitar la duplicación de empleos y crear una masa crítica.
- » Los investigadores no pueden limitarse a producir conocimientos y prescribir tecnologías; junto con los ingenieros, encargados de ensamblar el conocimiento existente, deben ser también catalizadores del cambio y la innovación y, por tanto, deben poder trabajar con



diferentes tipos de partes interesadas, a veces en el marco de asociaciones asimétricas, en que las fuerzas y poderes no están necesariamente equilibrados. Los científicos deben tomar en consideración el conocimiento local y mantener estrechas interacciones personales con las realidades de la agricultura y los sistemas locales de innovación.

- » La investigación agrícola deberá ampliar sus conexiones con el conocimiento básico para poder desempeñar un papel importante en la aplicación de la agroecología (ecología funcional, biología de predicción¹, etc.), pero deberá ampliar también su capacidad y sus herramientas para integrar y explorar los efectos y consecuencias a largo plazo de las diferentes opciones.
- » Los biólogos, en especial los mejoradores que trabajan para mejorar los organismos vivos, deben reconsiderar sus enfoques y abrirse a la consideración de una gama más amplia de especies (domesticación de 'especies de servicio' que prestan servicios ecosistémicos fundamentales, incluidas las especies animales o los microorganismos) y de nuevos tipos de variedades (selección de cultivos múltiples y genotipos múltiples, selección participativa, variedades para perfeccionar, entre otras) (Ahmadi *et al.*, 2014). El progreso genético debe reevaluarse a la luz del concepto de resultados basados en múltiples criterios, definido poco antes. El aprovechamiento al máximo de la biodiversidad a diferentes escalas podría inaugurar una nueva era para las biotecnologías.
- » Los agrónomos tendrán que trabajar sobre la gestión de sistemas de cultivos complejos, la combinación de muchas especies, las sucesiones cíclicas y las prácticas, y deberán adaptarse al concepto de resultados basados en múltiples criterios. La diversidad de puntos de vista entre los diferentes movimientos agroecológicos es enriquecedora, pero se deben elaborar conceptos, herramientas y criterios de medición comunes que engloben esta diversidad y faciliten la comparación y la invención constructivas.

¹ La biología de predicción es una esfera de la investigación biológica centrada en una comprensión adecuada (y por tanto predictiva) de la expresión de los genes, mediante la integración de diferentes disciplinas y herramientas.



REFERENCIAS

- Ahmadi, N., Bertrand, B. & Glaszmann, J.-C.** 2014. Rethinking plant breeding. In E. Hainzelin, ed. *Cultivating Biodiversity to Transform Agriculture*, pp. 91-140. Países Bajos, Springer.
- Altieri, M.A.** 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2nd edition. Boulder, CO, USA., Westview Press.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I.** 2012. Agroecology Scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency. In e. Lichtfouse, ed. *Sustainable Agriculture Reviews*. vol. 11, pp. 1-29.
- Buckwell, A.** 2014. *Sustainable intensification of European agriculture. A review sponsored by the Rise Foundation*. Bruselas, Rise Foundation.
- Caron, P., Bienabe, E. & Hainzelin, E.** 2014. Making transición towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8: 44-52.
- Chevassus-au-Louis, B., Génard, M., Habib, R., Houllier, F., Lancelot, R., Malézieux, E. & Muchnik, J.** 2009. *L'intégration, art ou science ?* Open Science network meeting jointly organized by INRA and CIRAD, 3 de junio de 2009. París.
- Dupraz, C. & Capillon, A.** 2005. L'agroforesterie: une voie de diversification écologique de l'agriculture européenne ? *Cahier d'étude DEMETER - Economie et Stratégies agricoles*. París.
- Eglin, T., Blanchart, E., Berthelin, J., de Cara, S., Grolleau, G., Lavelle, P., Richaume-Jolion, A., Bardy, M. & Bispo, A.** 2010. *La vie cachée des sols*. MEEDDM. 20 pp.
- Gliessman, S.R.** 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Boca Ratón, FL, USA., CRC Press.
- Griffon, M.** 2013. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* Édition Quae. 224 pp.
- Hainzelin, E.** 2014. Introduction. In E. Hainzelin, ed. *Cultivating Biodiversity to Transform Agriculture*, pp. 1-10. Países Bajos, Springer.
- IAASTD.** 2009. *Agriculture at a crossroads. A Global Report*. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Washington, DC, Island Press. 606 pp.
- Louafi, S., Bazile, D. & Noyer, J.-L.** 2014. Conserving and cultivating agricultural genetic diversity: transcending established divides. In E. Hainzelin, ed. *Cultivating Biodiversity to Transform Agriculture*, pp. 181-201. Países Bajos, Springer.
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tournonnet, S. & Valantin-Morison, M.** 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 29: 43-62.
- Pretty, J. & Bharucha, Z.P.** 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8): 1571-1596.
- Ratnadass, A., Blanchard, E. & Lecomte, P.** 2014. Ecological interactions within the biodiversity of cultivated species. In E. Hainzelin, ed. *Cultivating Biodiversity to Transform Agriculture*, pp. 141-180. Países Bajos, Springer.
- Risède, J.M., Lescot, T., Cabrera Cabrera, J., Guillon, M., Tomekpe, K., Kema, G.H.J. & Cote, F.** 2010. *Challenging short and mid-term strategies to reduce the use of pesticides in banana production*. Banana Field Study – Guide Number 1. Endure (disponible en: www.endure-network.eu/endure_publications).
- Scopel, E., Triomphe, B., Goudet, M., Valadares Xavier, J.-H., Sabourin, E., Corbeels, M. & Macena da Silva, F.** 2005. *Potential role of CA in strengthening small-scale farming systems in the Brazilian Cerrados, and how to do it*. Third World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, 3-7 octubre de 2005.



- Séguy, L. & Bouzinac, S.** 2008. *La symphonie inachevée du semis direct dans le Brésil central*. Montpellier, Francia, CIRAD.
- Tittonell, P.** 2013. Farming systems ecology: towards ecological intensification of world agriculture. Inaugural lecture upon taking up the position of chair in Farming Systems Ecology at Wageningen University, 16 de mayo.
- Tittonell, P.** 2014. Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 8: 53-61.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C.** 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 503-515.



03

CREAR CICLOS VIRTUOSOS EN LOS SISTEMAS DE LAS PEQUEÑAS GRANJAS MEDIANTE LA AGROECOLOGÍA

Paul Mapfumo¹, Florence Mtambanengwe, Hatirarami Nezomba, Tongai Mtangadura, Grace Manzeke, Christopher Chagumaira, Tariro Gwandu, Tinashe Mashavave, Jairos Rurinda

Consortio de la fertilidad del suelo para el Sur de Africa (SOFECSA), Departamento de Ciencia del Suelo e Ingeniería Agrícola, Universidad de Zimbabwe, Harare, Zimbabwe

¹ Autor para correspondencia

Correo electrónico: pmapfumo@agric.uz.ac.zw; paulMapfumo@gmail.com



© CIMMYT/T. Samson



Resumen

Existe una creciente preocupación en el mundo por las deficiencias de los sistemas alimentarios actuales y la degradación acelerada de la base de recursos naturales, ocasionadas por la presión cada vez mayor que se ejerce sobre los sistemas de producción agrícola como consecuencia del aumento creciente de la población humana y el cambio climático.

Estas preocupaciones plantean interrogantes con respecto a la idoneidad de los enfoques de la agricultura convencional (influidos por la Revolución Verde) en lo que atañe al fomento de sistemas de producción y de medios de vida sostenibles y resilientes entre las comunidades pobres del mundo, como las del continente africano. El presente capítulo se basa en ejemplos de intervenciones de investigación y desarrollo tomados de África subsahariana para mostrar de qué manera los enfoques agroecológicos a nivel de campo, granja y paisaje pueden crear ciclos de nutrientes virtuosos, desencadenando, a niveles socioecológicos superiores, dinámicas que mejoran la seguridad alimentaria y los medios de vida de los pequeños agricultores. Las intervenciones que supusieron el uso de leguminosas herbáceas indígenas no cultivadas y secuencias planificadas de manejo integrado de la fertilidad del suelo (MIFS) mostraron potencialidades para revertir la reducción del carbono en el suelo, el agotamiento de los nutrientes y el descenso de los rendimientos de los cultivos que afectan a los sistemas agrícolas convencionales.

Además, en el presente capítulo se ponen de relieve los problemas de la gestión de las eficiencias en el uso de los recursos y los nutrientes provocados por las intrincadas interdependencias entre producción agrícola, reservas de recursos naturales, sistemas de redes de seguridad social y modos de acceso a los conocimientos, los recursos productivos y las tecnologías, de una manera no lineal. Los enfoques de la investigación y la extensión agrícolas que se examinan en este artículo pueden crear plataformas para el coaprendizaje y la coinnovación de los agricultores con diferentes actores, entre ellos con los que están fuera de la esfera de la agricultura. Se trata de factores críticos para obtener buenos resultados. Estos enfoques abren oportunidades para que los agricultores intercambien sus objetivos en cuanto a medios de vida y avancen en la consecución de los mismos dentro y fuera del marco de la agricultura, reforzando los ciclos virtuosos y ampliando aún más las perspectivas de colaboración a medida que surge la demanda de nuevas formas de recursos, habilidades y tecnologías. Basándonos en estas experiencias, sostenemos que los elementos de la resiliencia y los enfoques del éxito propios de los sistemas de pequeñas granjas, que agrupan a la mayoría de los agricultores de África, han sido dejados de lado hace mucho tiempo a favor de los paradigmas actuales de la investigación y el desarrollo agrícolas, a menudo con el consiguiente aumento de la vulnerabilidad de los pequeños agricultores.



INTRODUCCIÓN

El desafío que entraña alimentar a una creciente población humana no es un fenómeno nuevo en muchas partes del mundo (Naciones Unidas, 1997). La Revolución Verde de la agricultura del decenio de 1970 es uno de los eventos de desarrollo más célebres del siglo XX, debido a su éxito ante el desafío creciente que suponía alimentar a las cada vez más numerosas poblaciones aquejadas de hambre, en particular en Asia y América Latina (Tribe, 1994; FAO, 1996; Evenson y Gollin, 2003; Pingali, 2012). Es posible que el éxito de la Revolución Verde haya eclipsado otras experiencias positivas a nivel local, de las cuales se pueden extraer enseñanzas fundamentales sobre el modo en que las poblaciones locales han mantenido su resiliencia ante desafíos ecológicos multifacéticos, entre ellos el crecimiento demográfico y disminución de los recursos naturales.

Millones de habitantes del mundo dependen todavía de sistemas alimentarios enraizados en planes de producción agrícola ajenos al dominio de los enfoques clásicos de la Revolución Verde. Esto plantea la pregunta *¿Qué hay de especial en el temor que siente hoy el mundo frente a la necesidad de alimentar a la creciente población del planeta?* o *¿Por qué la inseguridad alimentaria y nutricional siguen siendo un problema grave a nivel mundial a pesar de todas las repercusiones positivas y de las enseñanzas de la Revolución Verde y/o la agricultura industrial?* Estas interrogantes, aunque pueden conducir a otras igualmente críticas y más apremiantes, resaltan también los amplios problemas relativos al fracaso de los sistemas alimentarios actuales, así como las deficiencias de los modelos de producción agrícola actuales cuando se trata de apoyar los sistemas de medios de vida resilientes y sostenibles. El presente capítulo reconoce que las preocupaciones mundiales actuales se justifican por la enormidad de los desafíos que entrañan la lucha contra la inseguridad alimentaria y nutricional y la necesidad de aumentar la producción, en particular en los países en desarrollo. Estos desafíos se plantean en el contexto de un aumento desmesurado de la demanda mundial de alimentos, piensos y fibras; una disminución de los recursos naturales, y los efectos sobre la producción ocasionados por el cambio climático. Nosotros sostenemos que el problema de fondo reside en las limitaciones y las estrecheces de mira de los enfoques convencionales de la producción agrícola que están basados en las tecnologías, instituciones y políticas de la Revolución Verde. Los enfoques convencionales de la producción agrícola han puesto en peligro las oportunidades para explotar los procesos ecológicos. En medio de las amenazas que se ciernen sobre la seguridad alimentaria, estos procesos ecológicos permiten la supervivencia de algunas de las poblaciones más pobres del mundo, en particular en el África subsahariana. África presenta la paradoja de familias que cultivan la tierra y padecen hambre y malnutrición. El continente sigue siendo una zona crítica en lo que se refiere a la inseguridad alimentaria y nutricional y alberga a algunas de las poblaciones más pobres del mundo. La ayuda alimentaria se ha convertido casi en un rasgo permanente, en particular en el África subsahariana. Más grave aún, a diferencia de lo que ocurre en otros continentes, la productividad agrícola en África ha seguido reduciéndose (van Ittersum *et al.*, 2013). Esta reducción se ha atribuido principalmente a la escasa y decreciente fertilidad del suelo y a la falta de acceso de los agricultores a fertilizantes minerales, semillas de buena calidad y mercados, en un contexto de variabilidad y cambio climáticos. África tiene uno de los suelos más antiguos del mundo, caracterizados por su escasa fertilidad y su exposición a la erosión eólica e hídrica (World Soil Resource Base, 1998; Lal, 2007). La mayoría de los



pequeños productores que constituyen la mayor parte de los agricultores del África subsahariana no han podido aplicar las prácticas agronómicas basadas en la Revolución Verde (por ejemplo, el uso de insumos agrícolas externos) o medidas de conservación de suelos, lo que ha dado lugar a una explotación generalizada de nutrientes y el deterioro de la calidad de suelos y tierras. La investigación y la extensión agrícolas han respondido en general ‘impulsando’ las soluciones técnicas agronómicas mediante recomendaciones generales, que a menudo han ignorado los conocimientos y experiencias indígenas/locales. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que los sistemas agrícolas y las condiciones en África son demasiado diversos y heterogéneos para prestarse a una solución mágica válida para todos los casos (Tiftonell *et al.*, 2010; Giller *et al.*, 2011). Por consiguiente, se debe recurrir a soluciones específicas para cada contexto (por ejemplo, cultivos mixtos autóctonos, sistemas agroforestales) para apoyar sistemas de producción agrícola sostenibles capaces de satisfacer las necesidades locales en materia de alimentación, nutrición y medios de vida de las comunidades vulnerables.

A raíz de la extensión de la pobreza y de las amenazas a la seguridad alimentaria y nutricional, los informes sobre la inadecuada adopción de tecnologías agrícolas convencionales, nuevas o mejoradas, se han vuelto habituales en África, en particular en las zonas agroecológicas subhúmedas y semiáridas (Knowler y Bradshaw, 2007). A este respecto, se han señalado diferentes causas, entre ellas un enfoque inadecuado de la extensión, la falta de capacidad y recursos, y los riesgos económicos y sociales (véase, por ejemplo, Mekuria y Siziba, 2003; Marenja y Barrett, 2007; Ajayi *et al.*, 2007). Sin embargo, actualmente se sabe poco sobre las consecuencias negativas y los costos de las intervenciones y tecnologías que han fracasado, como las posibles perturbaciones a los sistemas agrícolas y alimentarios existentes. El cambio y la variabilidad climáticos, debido a su previsto impacto negativo en las familias y comunidades de pequeños agricultores africanos, proporcionan una nueva óptica para evaluar la agricultura en el continente (véase, por ejemplo, IPCC, 2014). Ya se han hecho crecientes llamamientos para transformar los sistemas de pequeñas granjas de África y hacerlos más inclusivos, resilientes y sosteniblemente productivos (FAO, 2013). Sin embargo, lo que no queda claro es la parte de ‘como hacerlo’ y su base empírica. Basándose en las experiencias del Consorcio de la fertilidad del suelo para el Sur de África (SOFECSA), con sede en la Universidad de Zimbabwe, el presente capítulo trata de mostrar de qué manera, centrándose inicialmente en la aplicación de los principios agroecológicos para hacer frente a la deficiente productividad de los suelos, se pueden abrir nuevas oportunidades para transformar los ciclos viciosos a múltiples niveles en círculos virtuosos a nivel de las pequeñas granjas.

FRACASO DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL, CÍRCULOS VICIOSOS Y TRAMPAS MÚLTIPLES DE POBREZA

Las actividades de investigación y desarrollo impulsadas por enfoques de arriba abajo de la extensión han promovido el monocultivo de una reducida variedad de cultivos alimentarios y comerciales en los sistemas africanos de pequeñas granjas. En África meridional estos cultivos son el maíz, el tabaco, el algodón, la soja y el maní, así como cultivos arbóreos en plantaciones como el té. El monocultivo resultó favorecido por su compatibilidad con diversas operaciones



de labranza, el uso de productos químicos para la lucha contra las enfermedades y plagas y la cosecha mecanizada, entre otras prácticas agronómicas. Las consecuencias principales de estos enfoques agronómicos convencionales fueron la eliminación de los árboles de las tierras de cultivo y el abandono de los sistemas de cultivos mixtos, que antes habían contribuido a la agrobiodiversidad y la nutrición de los hogares. Este proceso alteró los ciclos de los nutrientes estrechamente interdependientes en que se basaba la productividad de los ecosistemas *miombo* de los cuales se derivan la mayoría de los sistemas agrícolas de África meridional y de una parte de África oriental (Swift *et al.*, 1989; Mapfumo y Mtambanengwe, 1999). Un factor agravante es que los actuales sistemas convencionales de producción agrícola se basan en la premisa de un uso sostenido de insumos agrícolas externos, exigencia que no se ha cumplido en la práctica, debido principalmente a las deficiencias del mercado y la falta de acceso a recursos productivos por parte de los agricultores. Una consecuencia importante de estos procesos ha sido la espiral descendente de la fertilidad del suelo debido a la explotación de los nutrientes (véase, por ejemplo, Smaling *et al.*, 1993; 1997), la disminución de la productividad agrícola, la inseguridad alimentaria crónica y la malnutrición generalizada (van Ittersum *et al.*, 2013). Esto ha llevado a mecanismos que se refuerzan mutuamente de degradación de la tierra y baja productividad, dado que los agricultores están preocupados a menudo por lograr el objetivo de autosuficiencia alimentaria de sus hogares (Mapfumo, 2009; Nyikahadzoi *et al.*, 2012) y, por tanto, no invierten en nuevas tecnologías e innovaciones. En esta situación, los pequeños agricultores suelen concentrarse en primer lugar en los beneficios a corto plazo, como la producción de maíz básico mediante enfoques de extensificación y la ocupación de zonas frágiles y marginales, atrapando a los hogares agrícolas en ciclos viciosos múltiples, mientras los rendimientos siguen bajando (véase la Figura 1).

Figura 1. **Presentación esquemática de los ciclos viciosos interconectados provocados por la disminución de la productividad de los suelos, y de la manera en que afectan a los medios de vida en el contexto del cambio y la variabilidad climáticos**





En África meridional, el maíz ocupa alrededor del 60 por ciento al 80 por ciento de la superficie cultivada en cualquier campaña agrícola (Aquino *et al.*, 2001; Smale y Jayne, 2003) y no existen mecanismos para ayudar a estas comunidades de pequeños agricultores a escapar de la *trampa de la pobreza del maíz*. Por diferentes motivos socioeconómicos, los agricultores siguen cultivando maíz aun cuando resulta evidente que el cultivo no funciona, en especial en un contexto de mayor variabilidad del clima y limitado acceso a insumos nutritivos (véase, por ejemplo, Mapfumo, 2011; Rurinda *et al.*, 2014). Esta concentración en el maíz también ha polarizado la atención de la investigación y el desarrollo a expensas de otros cultivos diversos y de sistemas de producción alternativos, que pueden contribuir más que el maíz a los objetivos de los agricultores en materia de seguridad alimentaria y medios de vida. No cabe duda de que estas dificultades han hecho del maíz el ‘problema’. Estos factores de fondo demuestran que la disminución de la fertilidad del suelo está a la base de las vulnerabilidades actuales y emergentes de las comunidades rurales a la inseguridad alimentaria y nutricional (Figura 1) e indican la necesidad de un cambio de paradigma en el diseño de sistemas de producción agrícola sostenibles.

VÍNCULOS MENOS EVIDENTES ENTRE LOS PROCESOS BIOQUÍMICOS DEL SUELO Y LAS TRAMPAS DE POBREZA

Durante mucho tiempo, se ha afirmado que la escasa y decreciente fertilidad del suelo era la causa biofísica fundamental del descenso de la productividad agrícola en el África subsahariana (Sánchez *et al.*, 1997). Aunque esto ha ayudado a sensibilizar a las diferentes partes interesadas (entre ellas los responsables de la formulación de políticas y los asociados en el desarrollo a nivel nacional y mundial) sobre la importancia de la gestión de los suelos para el desarrollo sostenible (véase, por ejemplo, la creación de SOFECSA, el Programa sobre la fertilidad y la biología de los suelos tropicales y la iniciativa del Banco Mundial sobre la fertilidad de los suelos), siguen existiendo lagunas críticas en los conocimientos de los agricultores. No se han hecho más que limitados intentos por traducir las experiencias y conclusiones de la investigación sobre la fertilidad de los suelos en el dominio del conocimiento ‘común’. Por consiguiente, los agricultores, los profesionales del desarrollo y los responsables de la formulación de políticas a nivel local no reconocen a menudo las relaciones entre la escasa productividad de los suelos, los problemas socioeconómicos y la disminución de los servicios ecosistémicos (Mapfumo *et al.*, 2013). Por ejemplo, se ha prestado poca atención a la transferencia de nutrientes entre subsistemas agrícolas y ganaderos (Giller *et al.*, 2011), al aporte gratuito de recursos en nutrientes a partir de los terrenos boscosos y praderas en apoyo de la producción agrícola, y al agotamiento de las existencias de carbono y los recursos hídricos del suelo en los humedales cultivados (Mtambanengwe y Mapfumo, 2008; Chagumaira *et al.*, 2015). La investigación sobre la adaptación al cambio climático en África facilita nuevas pruebas del aumento de la dependencia con respecto a los productos forestales no madereros y los productos de pastizales para la alimentación (energía y proteínas), a pesar de que están disminuyendo por la sobrecarga climática y la extracción excesiva (Woittiez *et al.*, 2013; Chagumaira *et al.*, 2015). Sin embargo, no se ha realizado ninguna inversión importante para promover las interacciones entre dichos componentes que aumentan la productividad de estos

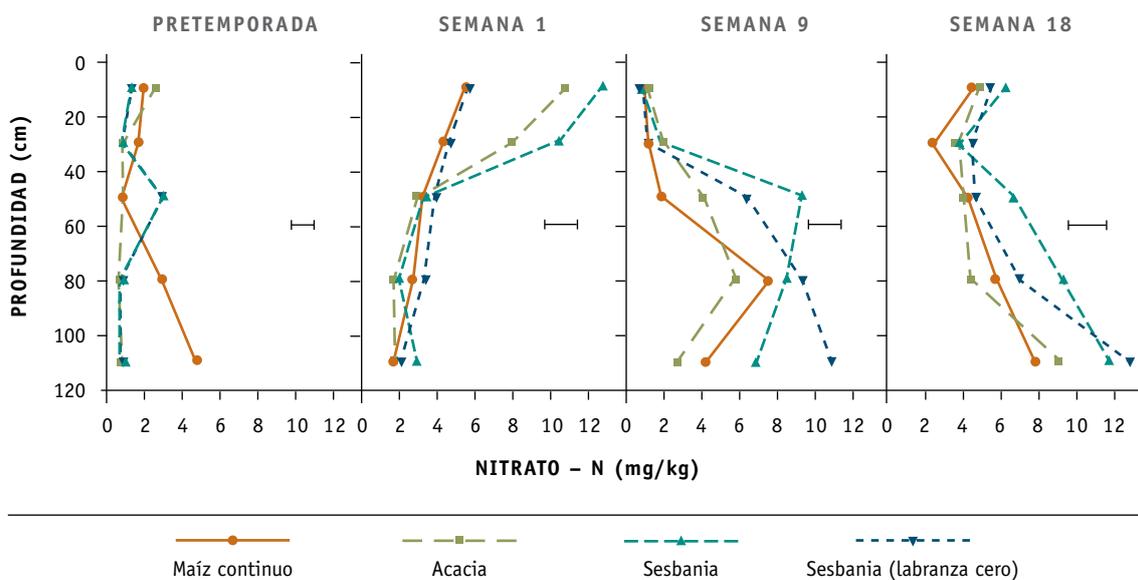


sistemas, en particular, para reforzar los ciclos de los nutrientes y empoderar a las comunidades con miras a conservar estos recursos. La única excepción han sido los esfuerzos del Centro Mundial de Agroforestería (Akinnifesi *et al.*, 2008).

COMPRENSIÓN DE LOS CICLOS VICIOSOS DE LOS NUTRIENTES Y DE SUS REPERCUSIONES EN LA AGRICULTURA CONVENCIONAL

Basándose en ejemplos de los suelos franco arenosos gruesos de origen granítico de África meridional, que constituyen algunos de los suelos más pobres en nutrientes y más difíciles para cultivar del continente, es evidente que se necesitan innovaciones extraordinarias en materia de manejo de la fertilidad del suelo para mantener o mejorar la productividad. En estos suelos arenosos, la pérdida de nutrientes ocurre fundamentalmente por lixiviación, en particular del nitrógeno (N), que se pierde muy temprano en la temporada de crecimiento, antes que cultivos como el maíz desarrollen un sistema radicular suficientemente amplio (Figura 2; Chikowo *et al.*, 2003). En la Figura 2 se puede observar que los cultivos de raíces profundas, como los cultivos arbóreos, aumentan la captura de nutrientes que de lo contrario se perderían por lixiviación. En cambio, es poco probable que los sistemas de monocultivo de cereales y los sistemas de rotaciones no sistemáticas produzcan ciclos de nutrientes que sean suficientemente eficaces para mejorar la productividad y aumentar el rendimiento de las inversiones de los agricultores en la compra de fertilizantes.

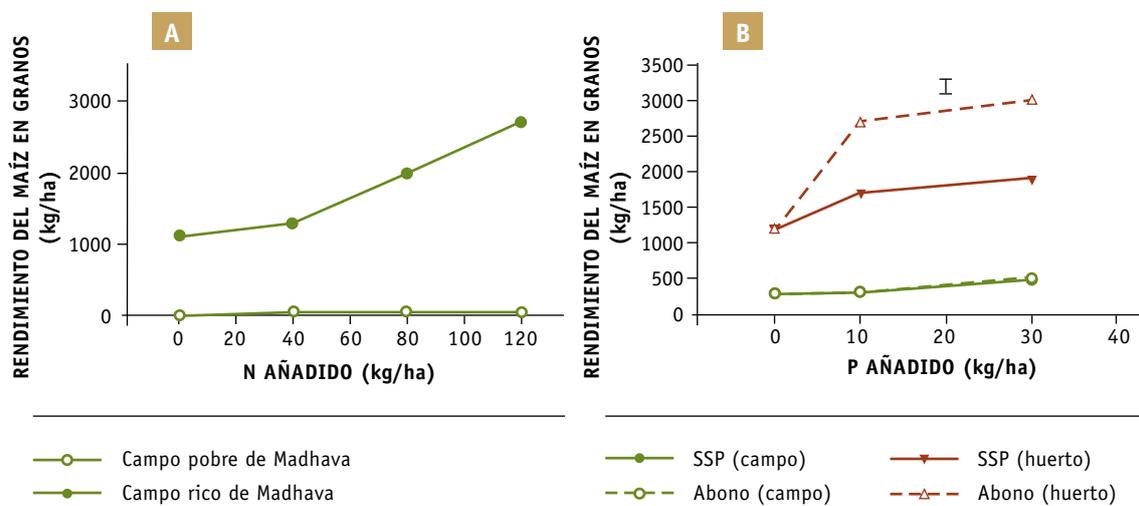
Figura 2. Nitrato-N medido a diferentes profundidades del suelo en varios sistemas de cultivo de maíz en suelos arcilloso-arenosos en Zimbabwe



Fuente: Chikowo *et al.*, 2003



Figura 3. Respuesta del rendimiento del maíz en grano a la aplicación de N y P en suelos arenosos



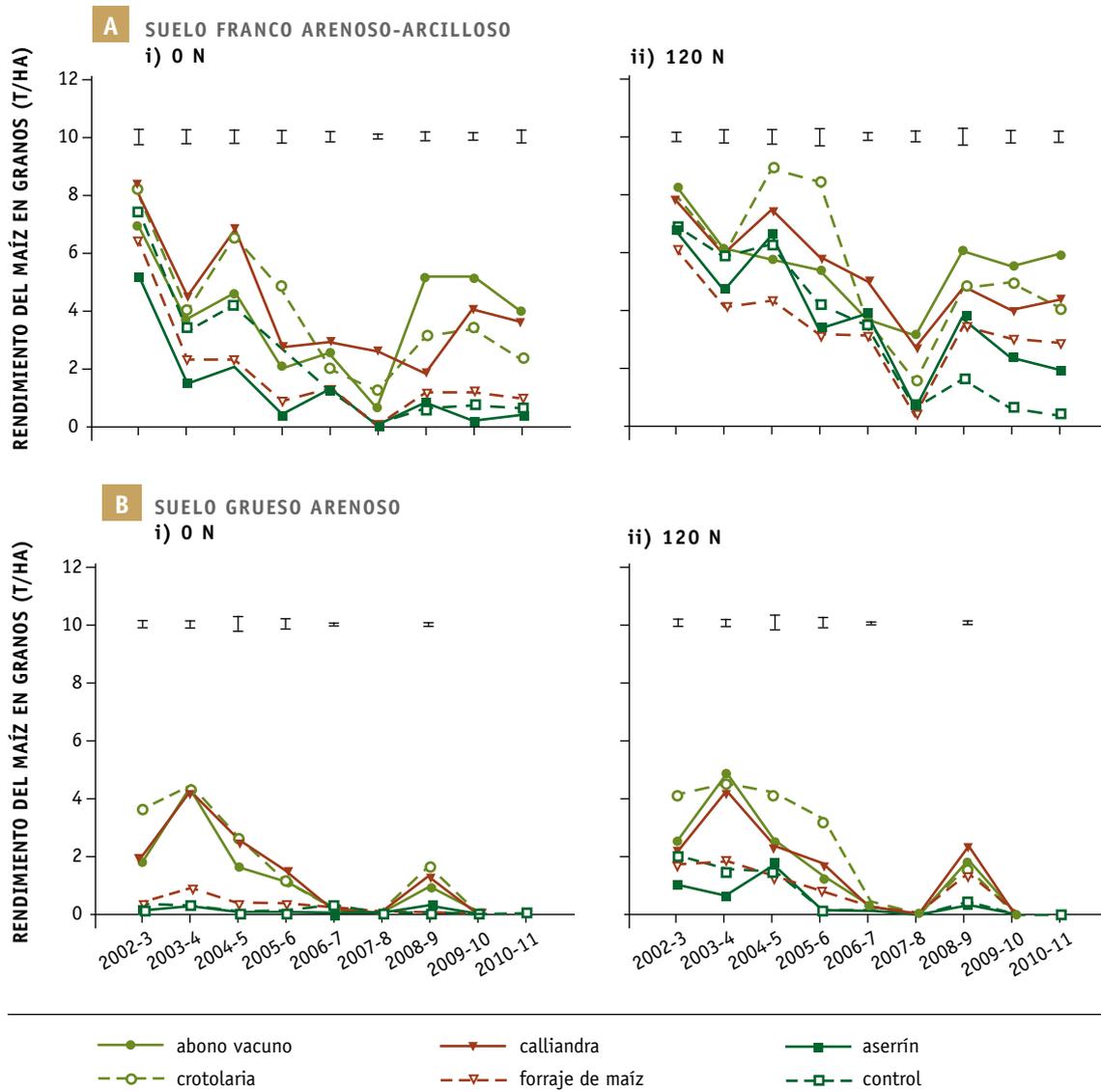
(A) Respuesta del maíz en grano con un bajo contenido de carbono orgánico (campo denominado 'pobre' por los agricultores de Madhava = 0.46% C) y con un contenido moderado (denominado 'campo rico' = 0.65% C) en suelos arenosos en Zimbabwe; (B) Respuesta del rendimiento del maíz en grano a la aplicación de 100 kg N por ha, abono y superfosfato simple (SSP) en suelos arenosos.

Fuentes: Mapfumo y Mtambanengwe, 2006; Zingore *et al.*, 2007

Basándose en la experiencia en materia de investigación del SOFECSA, la materia orgánica del suelo (MOS) es el principal elemento determinante de la eficacia en el uso de los nutrientes de los suelos arenosos. En los suelos con un contenido de carbono orgánico inferior al 0,46 por ciento, la aplicación de fertilizantes nitrogenados no produciría ninguna respuesta significativa del rendimiento de los cereales (Figura 3A), y los aumentos de productividad derivados de la aplicación de fósforo (P) serían igualmente limitados (Figura 3B). Estos tipos de suelos han sido abandonados a menudo por los agricultores (Mapfumo *et al.*, 2005; Nezomba *et al.*, 2010) y se pueden considerar parte de los grupos de suelos clasificados cada vez más como 'no sensibles' a la fertilización en las pequeñas granjas (Rowe *et al.*, 2006; Kamanga *et al.*, 2014; Chikowo *et al.*, 2014). En los suelos con un contenido de carbono orgánico superior al 0,46 por ciento, el uso de fuentes tradicionales de materia orgánica, como el estiércol vacuno o los residuos de cultivos, a menudo han producido respuestas significativas del rendimiento, aunque las respuestas a la aplicación de fertilizantes exclusivamente minerales fueron más significativas cuando el contenido de carbono orgánico del suelo era superior al 0,65 por ciento (Figura 3; Mapfumo *et al.*, 2006; Kurwakumire *et al.*, 2014). Estas constataciones destacan la importancia del manejo de la materia orgánica para influir en la eficacia del uso de fertilizantes, lo que tiene consecuencias cruciales para los programas de apoyo a la utilización de fertilizantes encabezados por muchos gobiernos, ONG y asociados en el desarrollo en la región. Sin embargo, el problema mayor es cómo generar suficiente biomasa en estos suelos gruesos y pobres de nutrientes para aumentar el contenido de carbono orgánico.



Figura 4. Evolución del rendimiento del maíz tras nueve campañas de monocultivo con y sin fertilización, con diferentes aplicaciones de recursos orgánicos en suelos de diferentes texturas



Fuente: datos tomados del experimento a largo plazo de UZ-SOFECSA

Los resultados de las investigaciones demuestran que se necesitan cantidades relativamente apreciables de materia orgánica para lograr aumentos significativos del contenido de carbono orgánico del suelo, aunque con tasas de aplicación superiores a 10 toneladas por hectárea (base de materia seca) parece que no se producen efectos beneficioso adicionales (Mapfumo *et al.*, 2007). Esto se debe principalmente a la escasa capacidad de los suelos arenosos de proteger físicamente al carbono añadido contra los ataques microbianos (Six *et al.*, 2002; Mtambanengwe y Mapfumo, 2008). Por otro lado, la mayoría de los campos que los agricultores abandonan



debido a la escasa productividad de los suelos a menudo producen menos de 3 toneladas por hectárea de materia seca, inclusive después de más de dos temporadas de barbecho natural (Mapfumo *et al.*, 2005). Estas cifras son coherentes con las medidas de la biomasa de residuos de cultivos efectuadas en la mayoría de los campos de los agricultores, que indicaban cantidades inferiores a 1,5 toneladas por hectárea de materia seca (Mtambanengwe y Mapfumo, 2005), lo que sugiere que los actuales sistemas convencionales de producción no podrán detener la espiral descendente del contenido de carbono orgánico de los suelos y, por tanto, de su productividad. Los resultados recientes de un experimento a largo plazo en el que se aplicaron repetidamente tasas reducidas (1,2 toneladas de carbono por hectárea) y elevadas (4 toneladas de carbono por hectárea) de diferentes calidades de materias orgánicas a suelos francos arenosos y suelos francos arcillosos cultivados exclusivamente con maíz, confirman la disminución continua de los rendimientos durante nueve años, a pesar de la aplicación anual de fertilizante NPK (Figura 4). La disminución del rendimiento a largo plazo del maíz bajo condiciones de monocultivo se atribuyó en parte a la pérdida de muchos otros nutrientes, como el magnesio (Mg) y el calcio (Ca), y de micronutrientes, como el cinc, que no aportan los fertilizantes minerales normales a los que tienen acceso los agricultores (véase, por ejemplo, Manzeke *et al.*, 2014). Esto explica aún más por qué el acceso limitado a la biomasa representa una importante amenaza para la sostenibilidad de los cultivos, en particular en casos de precipitaciones escasas o variables.

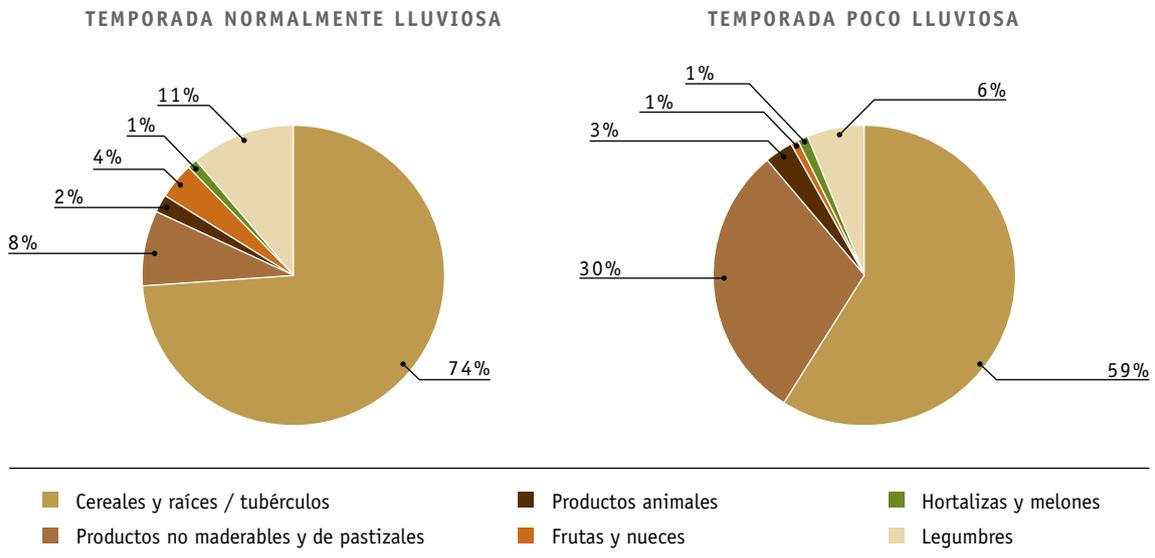
En África meridional, como en otras regiones semiáridas y subhúmedas de África oriental y occidental, los sistemas agrícolas se caracterizan por las estrechas interacciones entre la producción agrícola y ganadera. La competición por los residuos de los cultivos y otras formas de biomasa vegetal entre el ganado y la gestión de los suelos y el agua ejerce una presión considerable sobre el desarrollo de técnicas agronómicas sostenibles. Aunque el aumento de la demanda de cultivos básicos ha representado una amenaza creciente para la producción ganadera, estudios recientes sobre la adaptación al cambio climático han señalado igualmente que es probable que los sistemas integrados agrícola-ganaderos aumenten la capacidad de los pequeños agricultores africanos de adaptarse al cambio climático y la variabilidad (Chilonda *et al.*, 2007; Thornton *et al.*, 2007; Mapfumo *et al.*, 2014).

PÉRDIDA DE RESILIENCIA DEBIDO A LA DISMINUCIÓN DE LA BASE DE RECURSOS

En la mayoría de los países africanos es frecuente que la gestión de la agricultura y el manejo del medio ambiente y los recursos naturales estén a cargo de diferentes ministerios, lo que refleja la concepción dominante de la agricultura. Sin embargo, existen indicios cada vez más claros sobre la complejidad de las interrelaciones entre los sistemas agrícolas (agricultura/ganadería), pesqueros y forestales, en particular para las comunidades de pequeños productores que hacen frente a las crecientes presiones asociadas con el cambio y la variabilidad climáticos (IPCC, 2014; Mapfumo *et al.*, 2014). Las comunidades de pequeños agricultores han seguido dependiendo de sus ecosistemas naturales inmediatos para obtener servicios gratuitos para sus



Figura 5. Fuentes de consumo energético como porcentaje de la ingesta total anual por persona en las comunidades de pequeños agricultores, bajo la influencia de la variabilidad de las precipitaciones en el contexto del cambio climático en el distrito de Hwedza, Zimbabwe



Fuente: Adaptado de Woittiez et al., 2013

sistemas de producción agrícola, redes de protección contra las malas campañas agrícolas y/o las carencias de los servicios de apoyo institucional, y suplementos alimenticios y nutricionales para los hogares más pobres con limitaciones de recursos que a menudo hacen frente a déficit estructurales. Muchos estudios realizados en el pasado han caracterizado y cuantificado algunas de las contribuciones de los ecosistemas naturales a los medios de vida de las comunidades locales (véase, por ejemplo, Nyathi y Campbell, 1993; Campbell, 1996; Shackleton y Shackleton, 2004). Estos y otros estudios indican claramente el papel crucial que determinados ecosistemas y recursos naturales desempeñan en el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas de medios de vida y en la mitigación de la pobreza en algunas comunidades (Cavendish, 2000; Shackleton y Gumbo, 2010). Sin embargo, lo que estos estudios revelan de manera manifiesta es la falta de atención a los enfoques del desarrollo que integran la gestión de estos valiosos recursos naturales en los sistemas de producción agrícola en el marco de diversas agroecologías.

Además, estudios recientes ponen de relieve que, a pesar los esfuerzos concertados a favor del crecimiento agrícola en África, muchas comunidades de pequeños agricultores, paradójicamente, dependen cada vez más de los ecosistemas naturales para adaptarse a las amenazas, actuales y emergentes, provocadas por el cambio y la variabilidad climáticos (Woittiez et al., 2013; Chagumaira et al., 2015). Woittiez et al. (2013) encontraron 27 diferentes tipos de productos forestales no maderables de los que dependían normalmente las comunidades. Demostraron que los hogares más pobres obtienen el 40 por ciento de su consumo energético de estos recursos durante los períodos de escasez de lluvias. En general, la contribución de los productos



forestales no maderables a la ingesta energética de los hogares se triplica en los años de sequía (Figura 5). Chagumaira *et al.* (2015) aportan más indicios que sugieren que, en respuesta al aumento de la variabilidad del clima, las cestas de alimentos y las fuentes de ingresos tanto de los hogares de pequeños agricultores más acomodados como de aquellos con limitados recursos son determinadas cada vez más por la disponibilidad de reservas de recursos naturales comunes que proporcionan diferentes productos forestales no maderables y el acceso a ellas. Mientras los hogares más acomodados recogen productos forestales no maderables principalmente para complementar su consumo alimentario, los hogares con limitados recursos recogen cantidades considerables de estos productos para complementar su consumo de alimentos y generar ingresos mediante su venta en los mercados (Chagumaira *et al.*, 2015). Evidentemente, a nivel local, los sistemas agrícolas se están alejando inexorablemente de los principios básicos de la agricultura convencional debido a los riesgos climáticos y a muchos otros factores de estrés, pero, sin embargo, las políticas de desarrollo siguen basándose en el paradigma de la agricultura convencional. Estos resultados apuntan a la necesidad de integrar los enfoques agroecológicos en los esfuerzos actuales destinados a transformar la agricultura africana orientándola hacia sistemas de producción y medios de vida más resilientes.

HACIA LA CREACIÓN DE CICLOS VIRTUOSOS: DE LOS CICLOS DE LOS NUTRIENTES A LOS PROCESOS SOCIOECOLÓGICOS

Es evidente que la transformación de la agricultura hacia sistemas más productivos, resilientes y sostenibles no sólo exigirá un elevado nivel de innovación, sino también enfoques sistemáticos e integrados que vinculen los procesos ecológicos a los socioeconómicos. Para contribuir a la elaboración de estos enfoques, SOFECSA trató en primer lugar de romper los ciclos viciosos existentes de los nutrientes, concentrándose en los mecanismos de restablecimiento y mantenimiento de la productividad de los suelos. Hacer que los suelos respondan mejor a la fertilización y el agua se considera la clave para crear ciclos socioecológicos virtuosos, a medida que se presenten las oportunidades para que las comunidades configuren nuevos procesos de producción para sistemas alimentarios sostenibles.

Aprovechamiento de los procesos ecológicos para restablecer la productividad de los suelos

El barbecho natural se ha utilizado tradicionalmente como método clave para restablecer la fertilidad del suelo en África y muchas otras partes del mundo. Sin embargo, la creciente presión demográfica y la disminución de los recursos de tierras agrícolas lo ha transformado en un método impropio, pues los agricultores están obligados a cultivar continuamente las mismas parcelas para atender la creciente demanda de alimentos, piensos y fibras (véase, Garrity *et al.*, 2013). Durante los últimos decenios, una preocupación fundamental ha sido la creciente

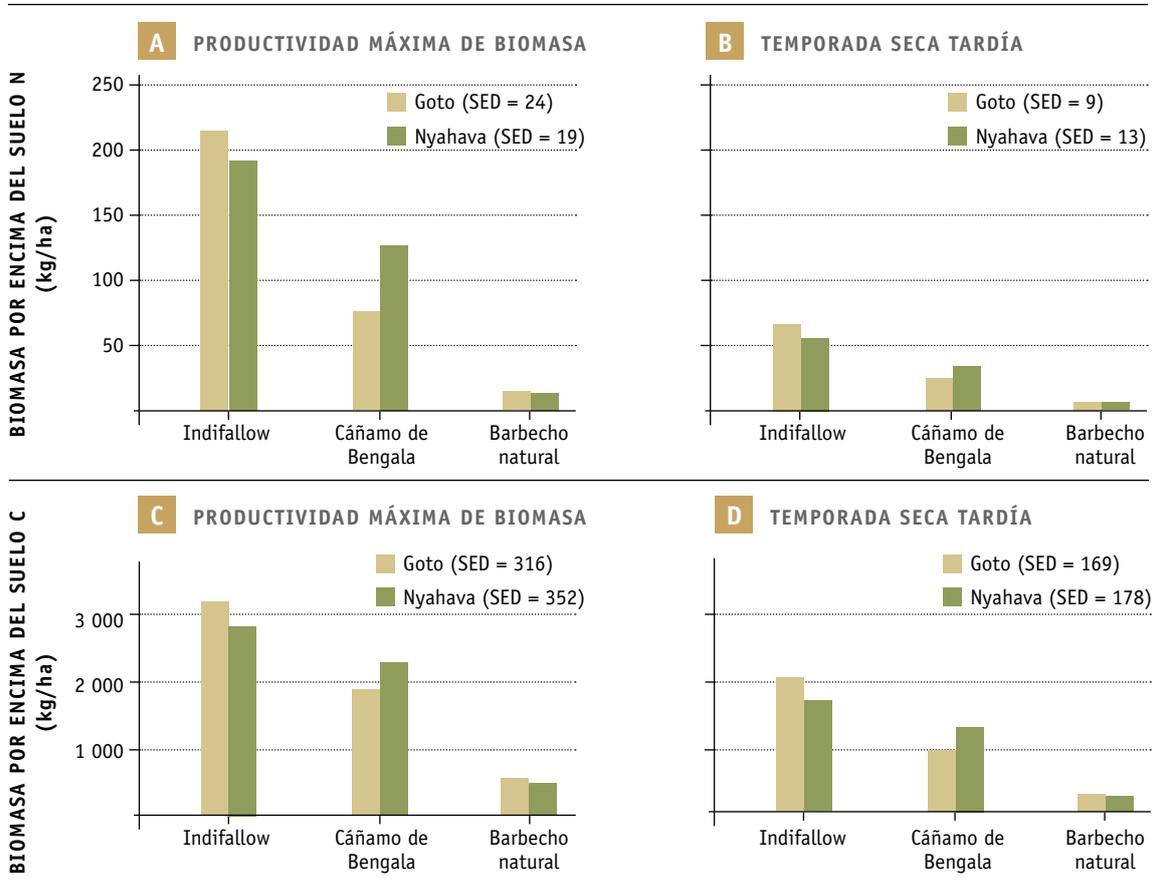


confirmación del abandono de las tierras de cultivo por parte de los pequeños agricultores africanos debido a su decreciente productividad y degradación en el marco de un acceso limitado a los fertilizantes y una escasez de insumos orgánicos externos (Mapfumo *et al.*, 2005; Tittonell *et al.*, 2005; Nezomba *et al.*, 2010; Manzungu and Mtali, 2012). A pesar de la reducción del tamaño de las granjas, resulta evidente que los agricultores ponen cada vez más sus tierras en barbecho no como una opción estratégica de utilización de la tierra para restablecer la productividad, sino como una medida desesperada para reducir el riesgo de perder los fertilizantes y las inversiones en mano de obra. De ahí que sea sumamente importante encontrar mecanismos para restaurar estas tierras de cultivo, dado que la constante pérdida de tierras para la agricultura, que son cada vez más limitadas, representa una grave amenaza para la seguridad alimentaria.

Las observaciones realizadas en los campos abandonados al barbecho en tres zonas agroecológicas diferentes de Zimbabwe mostraron matas aisladas e irregularmente distribuidas, aunque sanas, de leguminosas herbáceas (Mapfumo *et al.*, 2005). Un estudio ecológico exploratorio de estas plantas leguminosas llevado a cabo por Mapfumo *et al.* (2005) puso de relieve su capacidad excepcional para nodular con especies rizobianas indígenas fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium* spp.), y crecer en suelos arenosos (5-20 por ciento de arcilla) caracterizados por bajos niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P). Se utilizaron métodos de investigación participativa con los agricultores para permitir la identificación, recolección y colección conjuntas de semillas con las comunidades locales de las zonas de estudio respectivas. Se identificaron hasta 37 especies diferentes en las tres zonas agroecológicas y se realizaron estudios detallados sobre la dinámica de las poblaciones de estas especies (Tauro *et al.*, 2009; 2010), así como sobre las características de esta biomasa vegetal en lo que se refiere a cualidades químicas y modos de liberación de nutrientes. Estos estudios posibilitaron el diseño de intervenciones basadas en el establecimiento sobre el terreno de matas mixtas de especies dominantes de leguminosas recogidas en las agroecologías respectivas, que al final llevaron a un nuevo concepto de 'indifallows' (barbecho indígena de leguminosas) (Mapfumo *et al.*, 2005; Nezomba *et al.*, 2010). Las especies dominantes en 'indifallows' son *Crotalaria*, *Tephrosia*, *Indigofera*, *Rothia*, *Zornia* y *Chamaecrista*. Además, estas especies no eran apetecibles para el ganado. Un factor importante en el éxito de los 'indifallows' es su capacidad de generar biomasa rica en nitrógeno, en cantidades al menos cinco veces superiores a las generadas con el barbecho natural. Los 'indifallow' superaron los resultados del cáñamo de Bengala (*Crotalaria juncea*) utilizado en abono verde, que es la segunda mejor opción disponible para los agricultores (Figura 6). La capacidad de los agricultores de identificar las especies de leguminosas a través de los conocimientos locales les permite coleccionar las semillas y contribuir al debate sobre el modo de establecer los 'indifallows' (Mapfumo *et al.*, 2005). Las ventajas para los cultivos siguientes en rotación secuencial fueron modestas pero muy significativas (Nezomba *et al.*, 2010). Por consiguiente, los 'indifallows' se consideraron un punto de entrada potencial para impulsar la productividad de los suelos en los campos agotados de nutrientes de los agricultores, y se utilizaron en las iniciativas de SOFECSA. Los resultados positivos de los 'indifallows' tienen implicaciones para el desarrollo de opciones técnicas de generación de biomasa y mejorar el manejo de la materia orgánica en la agricultura.



Figura 6. Productividad en biomasa y volumen de nitrógeno generado con barbecho indígena de leguminosas (indifallow) en comparación con el barbecho natural y el abono verde de cáñamo de Bengala en las zonas de pequeños agricultores de Goto y Nyahava en Zimbabue oriental



Fuente: Nezomba et al., 2010

Fomento de los suelos: Secuenciación de opciones de manejo integrado de la fertilidad de los suelos

El monocultivo continuo en la mayor parte de los suelos africanos ha producido una espiral descendente en la fertilidad del suelo y la productividad agrícola debido a la explotación crónica de los nutrientes. Este es uno de los motivos principales de la degradación de la tierra y una causa subyacente de la inseguridad alimentaria y nutricional. En respuesta a esta situación, SOFECSA ha propuesto un concepto de secuenciación de opciones de manejo integrado de la fertilidad de los suelos (MIFS) para restaurar y mantener la productividad de los suelos ya agotados de nutrientes. El concepto se basa en las siguientes observaciones:

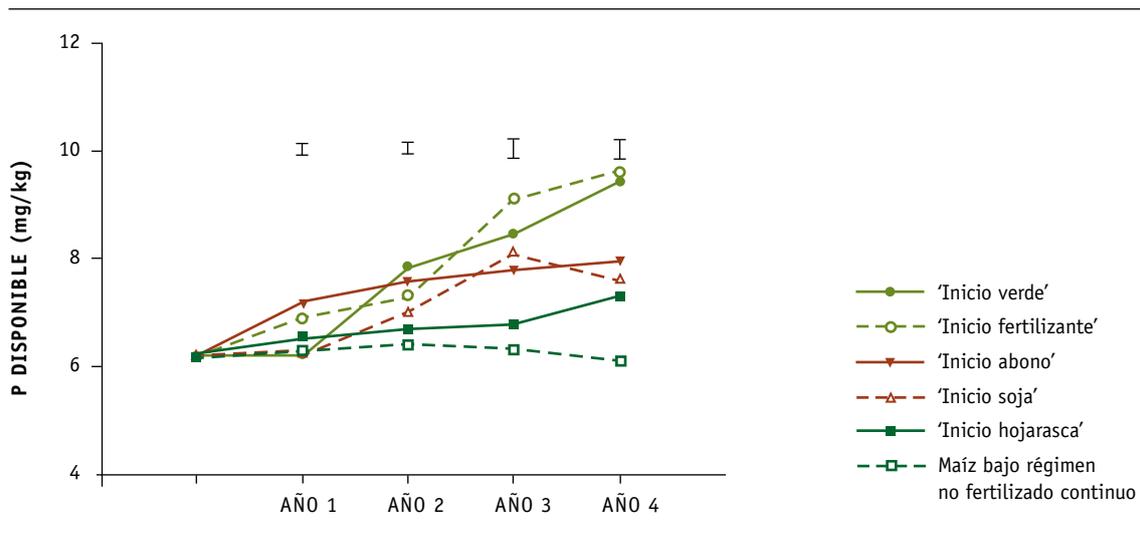
- » en los campos abandonados por los agricultores, debido a la falta de productividad y la mala respuesta a la fertilización normal, la principal limitación es el deterioro de las propiedades químicas y biológicas de los suelos provocado por la reducción de las existencias de nutrientes y el agotamiento de la materia orgánica;



- » una combinación de especies de leguminosas adaptables a las condiciones locales y fertilización con fósforo estimulará la actividad biológica de los suelos, la cual, siempre que sea seguida de una secuencia apropiada de regímenes de fertilización orgánica-inorgánica, puede conducir a una productividad sostenida;
- » los agricultores con dotaciones diferentes de recursos tienen acceso a diferentes nutrientes y, por tanto, dependerán de diferentes secuencias de manejo integrado de la fertilidad del suelo (puntos de entrada) para aumentar la fertilidad de sus suelos hasta niveles en que el uso de fertilizantes se vuelva sostenible;
- » la secuenciación adecuada de opciones tecnológicas de MIFS que involucra múltiples fuentes de nutrientes produce aumentos progresivos de las existencias de nutrientes y de la materia orgánica del suelo, que mejoran la capacidad de restablecer la productividad.

Los estudios sobre la secuenciación del MIFS se realizaron durante cuatro años, y supusieron la utilización de recursos orgánicos, leguminosas fijadoras de nitrógeno y fertilizantes minerales (Nezomba *et al.*, 2015a). Se utilizaron los recursos orgánicos a los que los agricultores tienen normalmente acceso, sobre todo abono vacuno, hojarasca de zonas boscosas y residuos de cultivos, mientras las leguminosas se componían de granos, abono verde y especies indígenas. Se utilizaron diferentes tratamientos para iniciar las secuencias del MIFS durante el primer año de intervención: leguminosas en abono verde (inicio verde), granos de soja (inicio soja), barbecho indígena de leguminosas (inicio 'indifallow'), tasas recomendadas de fertilizantes (inicio fertilizante), abono vacuno (inicio abono) y hojarasca de terrenos boscosos (inicio hojarasca). Durante las siguientes campañas, a estos primeros tratamientos le sucedieron diferentes combinaciones de insumos orgánicos y de fertilizantes aplicados con arreglo a diferentes tasas, en particular de fósforo (Nezomba *et al.*, 2015a; 2015b). Las secuencias mostraron beneficios progresivos en la producción

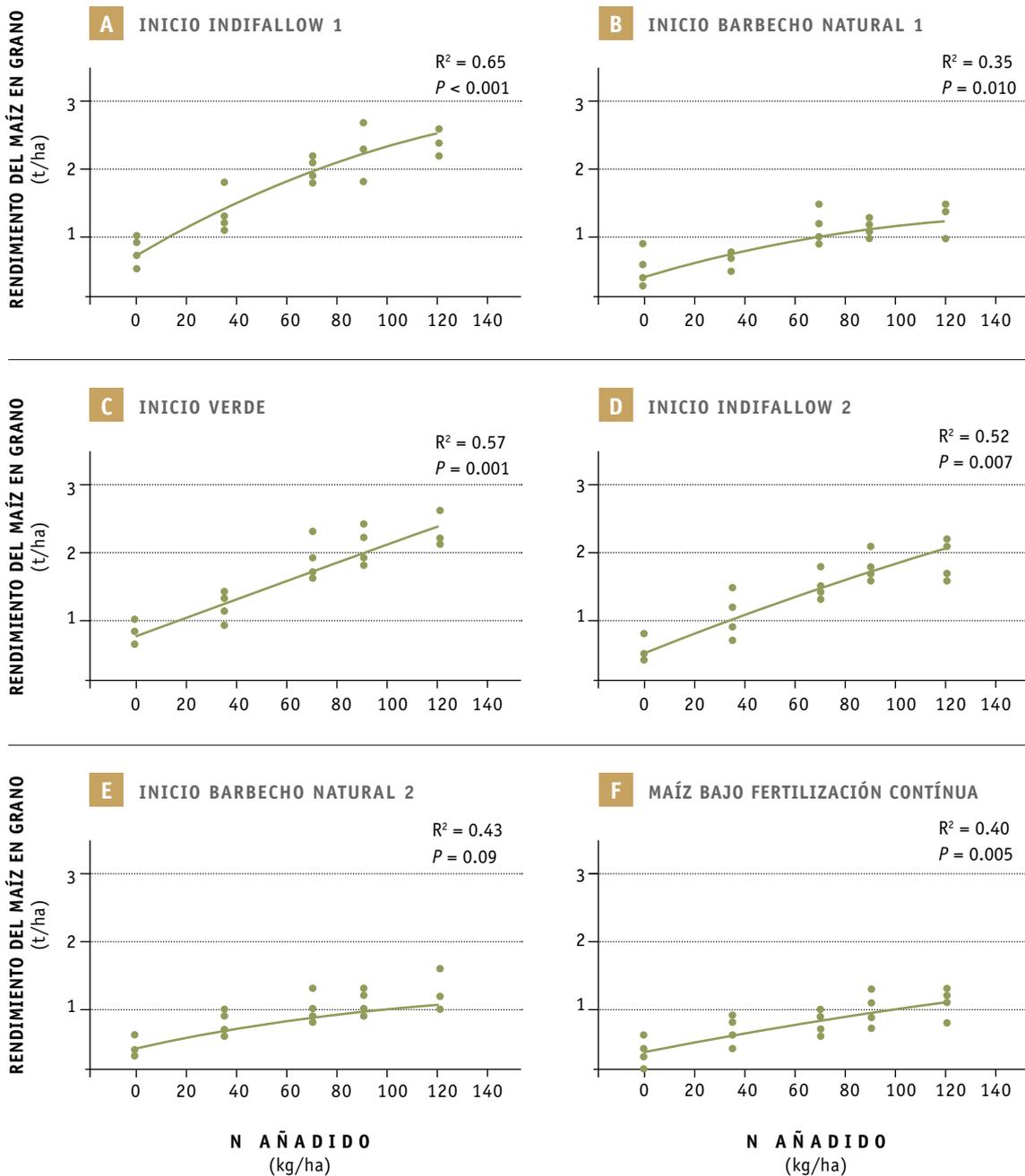
Figura 7. **Acumulación de fósforo disponible en la planta en suelos arenosos después de cuatro años de secuencias de MIFS en los campos de los pequeños agricultores en Zimbabwe**



Fuente: Nezomba *et al.*, 2015b



Figura 8. Respuesta del rendimiento del maíz al fertilizante nitrogenado después de cuatro campañas de diferentes secuencias de MIFS sobre suelos arenosos en Zimbabwe oriental



Fuente: Nezomba et al., 2015a

de calorías y proteínas y, al cabo de cuatro años, la cantidad de fósforo acumulada en el suelo se diferenciaba claramente en función de los diferentes tratamientos secuenciales (Figura 7). Las parcelas sembradas de abono verde y aquellas que recibieron las tasas de fertilizantes minerales recomendadas produjeron la mayor acumulación de fósforo tras cuatro campañas de cultivo bajo las secuencias de MIFS. Las secuencias también mejoraron el rendimiento del maíz en grano, que



resultó ser de tres a diez veces superior al rendimiento de las parcelas no fertilizadas (Nezomba *et al.*, 2015a). Después de la etapa de restauración del suelo, a través de las secuencias de MIFS que duraron cuatro años, se observaron cambios positivos en las respuestas del rendimiento del maíz a las diferentes tasas de fertilización nitrogenada, y mejoras en la productividad de leguminosas en grano. La mejor respuesta del rendimiento del maíz en grano a la aplicación de nitrógeno se observó tras las secuencias basadas en 'indifallow' (inicio indifallow) y en el abono verde de cáñamo de Bengala (inicio verde) (Figura 8.).

Estas secuencias son claramente superiores a las del maíz bajo fertilización continua y los barbechos naturales, pues dieron lugar a rendimientos máximos de más de 2 toneladas por hectárea frente a alrededor de 1 tonelada por hectárea de las últimas. La debilidad de la respuesta a la fertilización continua del maíz y de los barbechos naturales confirma las respuestas que los agricultores obtienen normalmente con sus prácticas actuales.

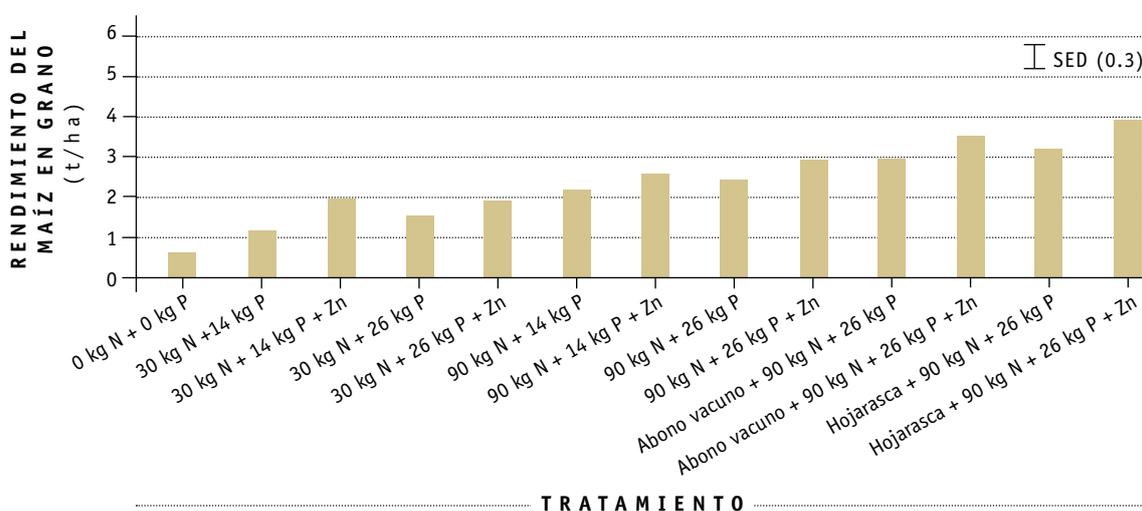
Hacer frente a las carencias de múltiples nutrientes

Aunque la aplicación secuencial de opciones de MIFS, centradas en la utilización de leguminosas indígenas, produjo claramente mejoras significativas en los rendimientos de las legumbres y el maíz básico (Nezomba *et al.*, 2015b), también se observaron carencias de múltiples nutrientes que no podían remediarse sin formulaciones de fertilizantes adicionales. Los regímenes de fertilización actuales y las prácticas de gestión agronómicas se han centrado generalmente en una reducida variedad de elementos macronutrientes, en particular nitrógeno, fósforo y potasio (K) y, hasta cierta medida, calcio (Ca) (en la cal) y azufre (S). Sin embargo, los estudios sobre la nutrición de las plantas han demostrado de manera creciente las repercusiones diferenciadas de la explotación de nutrientes en el estado de los micronutrientes del suelo. Estudios recientes han puesto de relieve un deterioro acentuado de la calidad de los granos de los cereales básicos en África meridional debido a las carencias de micronutrientes, tales como zinc, selenio, hierro y yodo, con considerables efectos negativos en la salud humana, como deterioro del crecimiento y la cognición principalmente de los niños, susceptibilidad a las infecciones diarreicas, neumonía, deterioro de la función inmunológica, y malnutrición (Chilimba *et al.*, 2012; Manzeke *et al.*, 2012; Joy *et al.*, 2014).

Parece que las carencias de micronutrientes levantan una barrera invisible a los rendimientos de los sistemas agrícolas. Existen cada vez más indicios que sugieren que las otras ventajas para los rendimientos derivadas del uso de recursos orgánicos de nutrientes tienen su origen en los múltiples nutrientes que liberan estos recursos durante su mineralización. En el caso del SOFECSA ejemplos típicos son el abono vacuno y la hojarasca de terrenos boscosos (Manzeke *et al.*, 2014). Sin embargo, se obtuvieron todavía aumentos significativos de los rendimientos tras la aplicación combinada de fertilizantes con zinc con abono y de hojarasca de terrenos boscosos y fertilizante NPK (Figura 9). Esta combinación permitió aumentar los rendimientos del maíz en grano en más de un 35 por ciento y, aún más importante, mejoró el contenido de zinc de los granos y, por tanto, su calidad nutricional (Manzeke *et al.*, 2012). Estas conclusiones fueron confirmadas por un estudio paralelo realizado por Rusinamhodzi *et al.* (2013), quienes encontraron respuestas diferenciales del rendimiento del maíz a las combinaciones de encalado y formulaciones de fertilizantes S, Zn y manganeso (MN) después de la adición de abono y nitrógeno.



Figura 9. Beneficios para el rendimiento del maíz de la fertilización con zinc en suelos arenosos en los campos de los pequeños agricultores en Zimbabue



Fuente: Manzeke et al., 2014

LOS CENTROS DE APRENDIZAJES COMO MEDIOS PARA PROMOVER LA ADAPTACIÓN Y LA ADOPCIÓN: IMPLICACIONES PARA LA AGROECOLOGÍA

La difusión de las tecnologías y prácticas asociadas con la gestión y conservación de los recursos naturales ha sido siempre un reto en África, debido a la escasa adopción general de las mismas entre los grupos beneficiarios (véase, por ejemplo, Ajayi *et al.*, 2007). Por ejemplo, paquetes tecnológicos como el MIFS, la agricultura de conservación y la agroforestería han tenido una aceptación limitada en África, a pesar de las pruebas de su validez técnica y sus beneficios potenciales (Mekuria y Siziba, 2003; Mugwe *et al.*, 2009; Corbeels *et al.*, 2014). Estos y otros resultados de las investigaciones han puesto de manifiesto las carencias de los métodos y los enfoques actuales de la extensión, que se han concebido en gran medida en el contexto de la agricultura convencional. En vista de lo anterior y de la limitada adopción experimentada por los paquetes tecnológicos, el SOFECSA elaboró un concepto de *Centros de aprendizaje* de campo para agricultores. Este enfoque se experimentó, en particular, en los distritos de Hwedza y Makoni de Zimbabue oriental y, en menor grado, en Malawi central y meridional y en la provincia de Manica de Mozambique. El objetivo principal de este nuevo concepto es crear un entorno para el coaprendizaje y la coinnovación con los agricultores, los extensionistas y diferentes proveedores de servicios agronómicos, incluidos los investigadores (Mapfumo *et al.*, 2013). Un centro de aprendizaje se define como una plataforma interactiva sobre el terreno para la integración de los conocimientos locales, convencionales y emergentes relativos a las tecnologías, prácticas o innovaciones agrícolas avanzadas, que dependen de la experimentación a nivel de la granja para difundirse ampliamente y poder resolver problemas complejos. Los centros de aprendizaje constan de tres componentes principales:

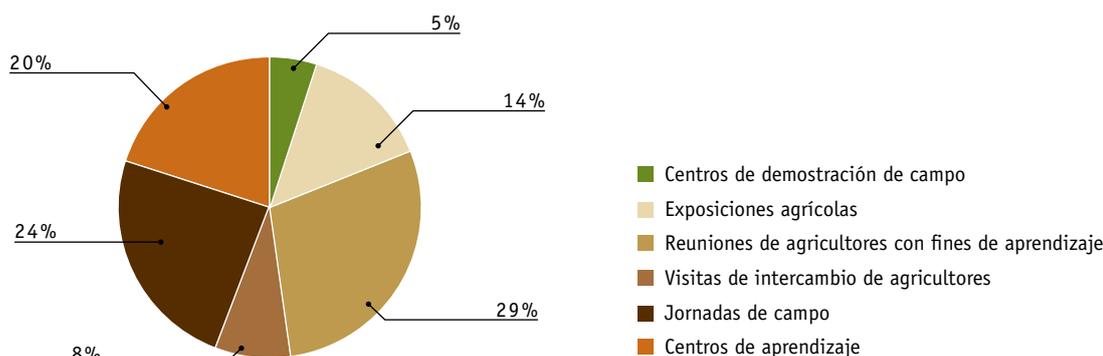


i) una alianza de aprendizaje entre agricultores; ii) un campo para la evaluación participativa y/o la adaptación de opciones técnicas prioritarias, y iii) un equipo de investigación/técnico de apoyo. El concepto de centro de aprendizaje se basa en los siguientes supuestos:

- » los flujos de información y conocimientos entre los actores del desarrollo tecnológico agrícola, los procesos de evaluación y los de adaptación (que influyen sobre la adopción) no son lineales y dependen de los procesos interactivos de retroinformación;
- » los actuales enfoques de la extensión ofrecen limitadas oportunidades para la integración de los conocimientos científicos convencionales y los conocimientos y procesos indígenas/ locales a fin de que promuevan realmente el aprendizaje y la innovación;
- » la dotación a los agricultores y las comunidades locales de principios y conceptos relacionados con las tecnologías pertinentes mediante procesos basados en el aprendizaje, les permitirá encontrar soluciones específicas al contexto.

En las zonas de estudio, la aplicación del concepto de centros de aprendizaje cambió considerablemente los enfoques del intercambio de información y conocimientos, así como los modos de interacción entre investigadores, extensionistas (públicos y privados) y agricultores. El aumento del intercambio de información y conocimientos, así como la participación inclusiva de diferentes categorías de agricultores, entre ellos las mujeres (Mapfumo *et al.*, 2013; Mashavave *et al.*, 2013), añadió una nueva dimensión a los procesos de aprendizaje de los agricultores y definió nuevas plataformas de aprendizaje a nivel comunitario/local (Figura 10).

Figura 10. **Preferencias de los agricultores por diferentes plataformas de intercambio de información y conocimientos agrícolas en el distrito de Hwedza , Zimbabwe**

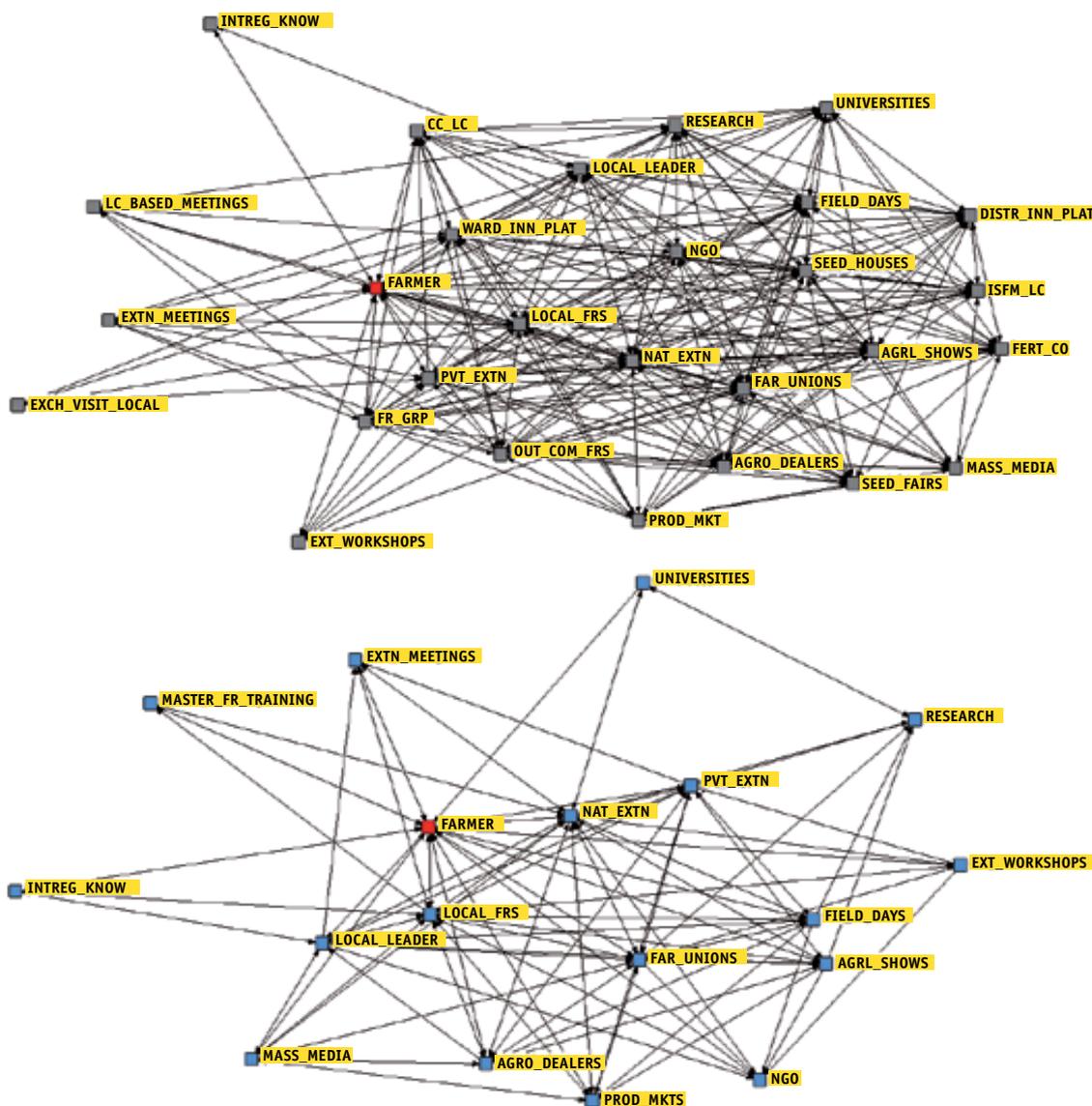


Fuente: Gwandu *et al.*, 2014

La alianza de aprendizaje, debido a su carácter abierto y dinámico, potenció las interacciones entre las diferentes partes interesadas. Cuando las alianzas de aprendizaje de los agricultores se vincularon con las plataformas de innovación promovidas por el organismo nacional de extensión



Figura 11. Interacciones entre agricultores y diferentes partes interesadas con (arriba) y sin (abajo) la existencia de centros de aprendizaje asociados con las plataformas de innovación de distrito en Makoni, Zimbabwe



Clave de lectura: Caminos de acceso e intercambio de información identificados para los agricultores de Chinyika Este, distrito de Makoni, Zimbabwe

FUENTES DE INFORMACIÓN		PLATAFORMAS DE INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS
<p>AGRODEALERS: proveedores de insumos agrícolas</p> <p>DISTINNPLAT: plataforma de innovación de distrito</p> <p>FARMERS: la experiencia de los mismos agricultores</p> <p>FERTCO: compañías de fertilizantes</p> <p>FRGRP: grupo locales de agricultores</p> <p>FRUNIONS: sindicatos de agricultores</p> <p>INTREGKNOW: Conocimiento intergeneracionales</p> <p>LOCALFRS: Agricultores de la misma comunidad</p> <p>LOCALDEALER: figuras importantes de la organización comunitaria</p> <p>MASS_MEDIA: medios de comunicación de masa</p>	<p>MASTERFRTRAINING: programa central de formación de agricultores</p> <p>NATEXTN: extensionistas nacionales (gubernamentales)</p> <p>ONG: organizaciones no gubernamentales</p> <p>OUTCOMFRS: agricultores no pertenecientes a la comunidad</p> <p>PRODMKT: operadores de mercados de productos</p> <p>PVTEXTENSION: extensionistas privados</p> <p>RESEARCH: organismos de investigación</p> <p>SEEDHOUSES: compañías de semillas</p> <p>UNIVERSITIES: instituciones de enseñanza superior</p> <p>WARDINNPLAT: plataformas de innovación a nivel de 'ward'</p>	<p>AGRLSHOWS: exposiciones agrícolas</p> <p>CCLC: centros de aprendizaje sobre cambio climático</p> <p>EXCHVISITLOCAL: visitas de intercambio con agricultores locales</p> <p>EXTWORKSHOPS: talleres de agricultores externos</p> <p>EXTNMEETINGS: reuniones de agricultores de facilitación de la extensión</p> <p>FIELDDAY: jornadas de campo</p> <p>ISFMLC: centros de aprendizaje de manejo integrado de fertilidad del suelo</p> <p>LCBASEDMEETINGS: reuniones de centros de aprendizaje sobre el terreno</p> <p>SEEDFAIRS: ferias de semillas</p>

Fuente: Mashavave et al., 2013



a nivel de distrito, la intensidad y la extensión de las interacciones entre los agricultores y las diferentes partes interesadas aumentaron (Figura 11). Como consecuencia, los centros de aprendizaje se pueden utilizar como puntos de entrada para resolver problemas socioecológicos, gracias a la capacidad adquirida por los agricultores de movilizarse y organizarse por sí mismos para hacer frente a los problemas locales y formular sus exigencias relativas a determinados servicios a los actores y partes interesadas correspondientes.

Las intervenciones de SOFECSA relativas a la puesta en marcha de centros de aprendizaje tuvieron un éxito razonable en cuanto a la mejora de la productividad y la autosuficiencia alimentaria para los agricultores participantes (Nyikahadzoi *et al.*, 2012; Mapfumo *et al.*, 2013). El éxito de los centros de aprendizaje se atribuyó a:

- » el aprovechamiento de los conocimientos locales y el fortalecimiento de las instituciones locales para apoyar los procesos de aprendizaje;
- » la facilitación a los agricultores de principios en lugar de prescripciones;
- » la adopción de un enfoque sistémico que favorece la participación de actores interdisciplinarios y de múltiples instituciones;
- » la promoción del principio de la especificidad al contexto y de las soluciones más adecuadas mediante la selección de las agroecologías y los grupos socioeconómicos (por ejemplo, la clasificación de los agricultores en función de su dotación de recursos);
- » la incorporación de las lecciones aprendidas y de la retroinformación de los agricultores en relación con los principios que se les retransmitió a las comunidades a través de la capacitación y el aprendizaje.

CONCLUSIONES

Los casos estudiados en el presente capítulo demuestran que es posible transformar los actuales círculos viciosos de los nutrientes que afectan a los pequeños agricultores africanos en círculos virtuosos que produzcan efectos positivos en los medios de vida. Resulta claro que los pequeños agricultores africanos hacen frente a múltiples factores de estrés sustentados por la disminución de su capacidad de lograr la seguridad alimentaria sostenible a través de los actuales modelos de producción agrícola y los sistemas alimentarios conexos. La escasa y decreciente fertilidad de los suelos es un problema importante que no sólo provoca la degradación de la tierra y la inseguridad alimentaria, sino también cambios en los modos de utilización de la tierra y la gestión de los recursos naturales por parte de las comunidades de pequeños agricultores de África.

Hacen falta intervenciones nuevas para promover la resiliencia de los sistemas agrícolas y de los medios de vida en África. Se necesita urgentemente un cambio de paradigma hacia enfoques agroecológicos más holísticos, para lograr la transformación de la agricultura y los medios de vida sostenibles y la seguridad alimentaria y nutricional en África. Esta transición exigirá la colaboración de científicos pertenecientes a diferentes disciplinas, así como de actores del desarrollo, tanto públicos como privados, y de los responsables de la formulación de políticas.



AGRADECIMIENTOS

Varios donantes financiaron las intervenciones del SOFECSA a través de la Universidad de Zimbabwe y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Entre ellos figuran el Centro internacional de investigación para el desarrollo (CIID, Canadá), el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID, Reino Unido), la Unión Europea, la Fundación Científica Internacional (IFS), Zinc Harvest Plus y el Comité de Investigaciones de la Universidad de Zimbabwe. Se les agradece por el apoyo prestado.



REFERENCIAS

- Ajayi, O.C., Akinnifesi, F.K., Sileshi, G. & Chakeredza, S.** 2007. Adoption of renewable soil fertility replenishment technologies in the southern African region: Lessons learnt and the way forward. *Natural Resources Forum*, 31: 306-317.
- Akinnifesi, F.K., Sileshi, G., Ajayi, O.C., Chirwa, P.W., Mng'omba, S., Chakeredza, S. & Nyoka, B.I.** 2008. Domestication and conservation of indigenous miombo fruit trees for improving rural livelihoods in southern Africa. *Biodiversity*, 9:72-74.
- Aquino, P., Carrion, F., Calvo, R. & Flores, D.** 2001. *Selected maize statistics*. Part 4 of the CIMMYT maize facts and trends. Ciudad de México.
- Campbell, B.** (ed.). 1996. *The Miombo in Transición: Woodland and Welfare in Southern Africa*. Bogor, Indonesia, Centre for International Forest Research.
- Cavendish, W.** 2000. Empirical regularities in the poverty-environment relationship of rural households: evidence from Zimbabwe. *World Development*, 28: 1979-2003.
- Chagumaira, C., Rurinda, J., Nezomba, H., Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2015. Use patterns of natural resources supporting livelihoods of smallholder communities and implications for climate change adaptation in Zimbabwe. *Environment, Development and Sustainability*. doi 10.1007/s10668-015-9637-y
- Chikowo, R., Mapfumo, P., Nyamugafata, P., Nyamadzawo, G. & Giller, K.E.** 2003. Nitrate-N dynamics following improved fallows and maize root development in a Zimbabwean sandy clay loam. *Agroforestry Systems*, 59: 187-195.
- Chikowo, R., Zingore, S., Snapp, S. & Johnston, A.** 2014. Farm typologies, soil fertility variability and nutrient management in smallholder farming in Sub-saharan Africa. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 100: 1-18.
- Chilimba, A.D.C., Young, S.D., Black, C.R., Meacham, M.C., Lammel, J. & Broadley, M.** 2012. Agronomic biofortification of maize with selenium (se) in Malawi. *Field Crops Research*, 125: 118-128.
- Chilonda, P., Machelo, C. & Minde, I.** 2007. *Poverty, Food Security and Agricultural Trends in Southern Africa*. ReSAKSS Working Paper 1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias e International Water Management Institute (disponible en: www.resakss.org/sites/default/files/pdfs/poverty-food-security-and-agricultural-trends-in-s-39404.pdf).
- Corbeels, M., De Graaff, J., Ndahe, T.H., Penot, E., Baudron, F., Naudin, K., Andrieu, N., Chirat, G., Schuler, J., Nyagumbo, I., Rusinamhodzi, L., Traore, T., Mzoba, H.D. & Adolwa, I.S.** 2014. Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: A multi-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187: 155-170.
- Evenson, R.E. & Gollin, D.** 2003. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300: 758-762.
- FAO.** 1996. *Lessons from the green revolution: towards a new green revolution*. FAO Technical background document (disponible en: www.fao.org/docrep/003/w2612e/w2612e06a.htm).
- FAO.** 2013. *Climate Smart Agriculture Sourcebook*. Roma (disponible en: www.fao.org/publications).
- Garrity, D., Dixon, J. & Boffa, J.M.** 2013. *Understanding African Farming Systems: Science and Policy Implications*. Australian International Centre For Food Security (AICFS) and ACIAR, Australia. 55 pp.
- Giller, K.E., Tittonell, P., Rufino, M.C., Van Wijk, M.T., Zingore, S., Mapfumo, P., Adjei-Nsiah, S., Herrero, M., Chikowo, R., Corbeels, M., Rowe, E.C., Baijukya, F., Mwijage, A., Smith, J., Yeboah, E., Van Der Burg, W.J., Sanogo, O.M., Misiko, M., De Ridder, N., Karanja, S., Kaizzi, C., K'ungu, J., Mwale, M., Nwaga, D., Pacini, C. & Vanlauwe, B.** 2011. Communicating complexity: Integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within african farming systems to support innovation and development. *Agricultural Systems*, 104(2): 191-203.



- Gwandu, T., Mtambanengwe, F., Mapfumo, P., Mashavave, T.C., Chikowo, R. & Nezomba, H.** 2014. Factors Influencing Access to Integrated Soil Fertility Management Information and Knowledge and its Uptake among Smallholder Farmers in Zimbabwe. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 20: 79-93.
- IPCC.** 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Joy, E.J.M., Ander, E.L., Young, S.D., Black, C.R., Watts, M.J., Chilimba, A.D.C, Chilima, B., Siyame, E.W.P., Kalimbira, A.A., Hurst, R., Fairweather-Tait, S.J., Stein, A.J., Gibson, R.S., White, P.J. & Broadley, M.R.** 2014. Dietary mineral supplies in Africa. *Physiologia Plantarum*, 151: 208-229.
- Kamanga, B.C.G., Kanyama-Phiri, G.Y., Waddington, S.R., Almekinders, C.J.M. & Giller, K.E.** 2014. The evaluation and adoption of annual legumes by smallholder maize farmers for soil fertility maintenance and food diversity in central Malawi. *Food Security*, 6: 45-59.
- Knowler, D. & Bradshaw, B.** 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Pol.*, 32: 25-48.
- Kurwakumire, N., Chikowo, R., Mtambanengwe, F., Mapfumo, P., Snapp, S., Johnston, A. & Zingore, S.** 2014. Maize productivity and nutrient and water use efficiencies across soil fertility domains on smallholder farms in Zimbabwe. *Field Crops Research*, 164: 136-147.
- Lal, R.** 2007. Anthropogenic influences on world soils and implications to global food security. *Advances in Agronomy*, 93: 69-93.
- Mapfumo, P.** 2009. *Integrating sustainable soil fertility management innovations in staple cereal systems and other value chains to enhance livelihoods and environmental systems in Southern Africa*. a SOFECSA technical annual report for the sub-Saharan Challenges Program (SSA-CP) prepared for the Forum for Agricultural Research in Africa (FARA). Soil Fertility Consortium of Southern Africa (SOFECSA). Harare, CIMMYT-Zimbabwe. 26 pp.
- Mapfumo, P.** 2011. Comparative analysis of the current and Potential Role of Legumes in Integrated Soil Fertility Management in Southern Africa. In A. Bationo, B. Waswa, J.M. Okeyo, F. Maina, J. Kihara & U. Mokwunye, eds. *Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Management*. 1st Edition, pp. 175-200. New York, USA, Springer.
- Mapfumo, P., Adjei-Nsiah, S., Mtambanengwe, F., Chikowo, R. & Giller, K.E.** 2013. Participatory action research (PAR) as an entry point for supporting climate change adaptation by smallholder farmers in Africa. *Environmental Development*, 5: 6-22.
- Mapfumo, P., Jalloh, A. & Hachigonta, S.** 2014. *Review of Research and Policies for Climate Change Adaptation in the Agriculture Sector in Southern Africa*. Future Agricultures Working Paper no. 100. Sussex, UK, Future Agriculture Consortium. 59 pp.
- Mapfumo, P. & Mtambanengwe, F.** 1999. Nutrient mining in maize-based systems of rural Zimbabwe. *Maize Production Technology for the Future: Challenges and Opportunities*. Proceedings of the Sixth Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, 21-25 September, 1998, pp. 274-277. Addis Ababa, CIMMYT/EARO.
- Mapfumo, P. & Mtambanengwe, F.** 2006. *Managing soil organic matter for improved nutrient use efficiency on smallholder farms in Zimbabwe (NUESOM)*. Informe final de proyecto (Grant no. 2002 FS 189) presentado a la Fundación Rockefeller, Universidad de Zimbabwe, Harare.
- Mapfumo P., Mtambanengwe F., Chisora, J. & Mano, R.** 2006. *Nature and causes of soil fertility gradients on smallholder farms in Zimbabwe: Defining thresholds for improved nutrient use efficiency*. 18^o Congreso Mundial de Ciencias del Suelo, 9-15 de julio, 2006, Filadelfia, USA.
- Mapfumo, P., Mtambanengwe, F., Giller, K.E. & Mpeperekwi, S.** 2005. Tapping indigenous legumes for soil fertility management by resource-poor farmers in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 221-233
- Mapfumo, P., Mtambanengwe, F. & Vanlauwe, B.** 2007. Organic matter quality and management effects on enrichment of soil organic matter fractions in contrasting soils in Zimbabwe. *Plant Soil*, 296: 137-150.



- Manzeke, G.M., Mapfumo, P., Mtambanengwe, F., Chikowo, R., Tendayi, T. & Cakmak, I.** 2012. Soil fertility management effects on maize productivity and grain zinc content in smallholder farming systems of Zimbabwe. *Plant and Soil*, 361: 57-69.
- Manzeke, G.M., Mtambanengwe, F., Nezomba, H. & Mapfumo, P.** 2014. Zinc fertilization influence on maize productivity and grain nutritional quality under integrated soil fertility management in Zimbabwe. *Field Crops Research*, 166: 128-136.
- Manzungu, E. & Mtali, L.** 2012. An investigation into the spatial and temporal distribution of fallow land and the underlying causes in South Central Zimbabwe. *Journal of Geography and Geology*, 4: 62-75.
- Marenja, P. & Barrett, C.B.** 2007. Household-level determinants of adoption of improved natural resources management practices among smallholder farmers in Western Kenya. *Food Policy*, 32: 515-536.
- Mashavave, T., Mapfumo, P., Mtambanengwe, F., Gwandu, T. & Siziba, S.** 2013. Interaction patterns determining improved information and knowledge sharing among smallholder farmers. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 8(1): 1-12.
- Mekuria, M. & Siziba, S.** 2003. Financial and risk analysis to assess the potential adoption of green manure technology in Zimbabwe and Malawi. In S. Waddington, ed. *Grain Legumes and Green Manures for Soil Fertility in Southern Africa: Taking Stock of Progress*, pp. 215-221. Harare, Soil Fert net and CIMMYT-Zimbabwe.
- Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2005. Organic matter management as an underlying cause for soil fertility gradients on smallholder farms in Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73: 227-243.
- Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2008. Smallholder farmer management impacts on particulate and labile carbon fractions of granitic sandy soils in Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81: 1-15.
- Mugwe, J., Mugendi, D., Mucheru-Muna, M., Merckx, R., Chianu, J. & Vanlauwe, B.** 2009. Determinants of the Decision to Adopt Integrated Soil Fertility Management Practices by Small Holder Farmers in the Central Highlands of Kenya. *Experimental Agriculture*, 45: 72-73.
- Naciones Unidas.** 1997. *Global change and sustainable development: critical trends*. Informe del Secretario General. Consejo Económico y Social. Comisión para el Desarrollo Sostenible. Nueva York, USA.
- Nezomba, H., Mtambanengwe, F., Chikowo, R. & Mapfumo, P.** 2015a. Sequencing integrated soil fertility management options for sustainable crop intensification by different categories of smallholders farmers in Zimbabwe. *Experimental Agriculture*, 51: 17-41.
- Nezomba, H., Mtambanengwe, F., Tittonell, P. & Mapfumo, P.** 2015b. Point of no return? Rehabilitating degraded soils for increased crop productivity on smallholder farms in Eastern Zimbabwe. *Geoderma*, 239/240: 143-155.
- Nezomba, H., Tauro, T.P., Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2010. Indigenous legume fallows (indifallows) as an alternative soil fertility resource in smallholder maize cropping systems. *Field Crops Research*, 115: 149-157.
- Nyathi, P. & Campell, B.M.** 1993. The acquisition and use of miombo litter by small-scale farmers in Masvingo, Zimbabwe. *Agroforestry Systems*, 22: 43-48
- Nykahadzo, K., Siziba, S., Mango, N., Mapfumo, P., ASdekunhle, A. & Fatunbi, O.** 2012. Creating food self reliance among the smallholder farmers of eastern Zimbabwe: Exporting the role of integrated agricultural research for development. *Food Security*, 4: 647-656
- Pingali, P.** 2012. Green Revolution impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*, 109(31): 12302-12308
- Rowe, E.C., van Wijk, M.T., de Ridder, N. & Giller, K.E.** 2006. Nutrient allocation strategies across a simplified heterogeneous African smallholder farm. *Agriculture Ecosystems Environment*, 116: 60-71
- Rurinda, J., Mapfumo, P., van Wijk, M.T., Mtambanengwe, F., Rufino, M.C., Chikowo, R. & Giller, K.E.** 2014. Sources of vulnerability to a variable and changing climate among smallholder households in Zimbabwe: A participatory analysis. *Climate Risk Management*, 3: 65-78.
- Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Zingore, S., Nyamangara, J. & Giller, K.E.** 2013. Pushing the envelope? maize production intensification and the role of cattle manure in recovery of degraded soils in smallholder farming areas of Zimbabwe. *Field Crops Research*, 147: 40-53.



- Sanchez, P.A., Shephard, K.D., Soule, M.J., Place, F.M., Buresh, R.J., Izac, A.N., Mokunye, A.U., Kwesiga, F.R., Ndiritu, C.G. & Woome, P.L.** 1997. Soil fertility replenishment in Africa: An investment in natural resource capital. In J.R. Buresh, P.A. Sanchez & F. Calhoun, eds. *Replenishing Soil Fertility in Africa*, pp. 1-46. SSSA Special Publication 51. Madison, WI, USA, SSSA.
- Shackleton, S.E., & Gumbo, D.J.** 2010. Contribution of non-wood forest products to livelihoods and poverty alleviation. In E.N. Chidumayo & D.J. Gumbo, eds. *The dry forest and woodlands of Africa*, pp. 63-91. London, Earthscan.
- Shackleton, C. & Shackleton, S.** 2004. The importance of non-timber forest products in rural livelihood security and as safety nets: A review of evidence from South Africa. *South African Journal of Science*, 100: 658-664.
- Smale, M. & Jayne, T.** 2003. *Maize in Eastern and Southern Africa: Seeds of Success in Retrospect*. Discussion Paper no. 97. Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), Environment and Production Technology Division (EPTD). Washington, DC. 90 pp.
- Smaling, E.M.A., Nandwa, S.M. & Jansen, B.H.** 1997. Soil fertility in Africa is at stake. In R.J. Buresh, P.A. Sanchez & F. Cahoun, eds. *Replenishing Soil Fertility in África*, pp 47-61. Soil Science Society of América Publication 51. Madison, WI, USA. SSSA and ASA
- Smaling, E.M.A., Stoorvogel, J.J. & Windmeijer, P.N.** 1993. Calculating soil nutrient balances in africa at different scales – II. District scale. *Fertilizer Research*, 35: 237-335.
- Swift, M.J., Frost, P.G.H., Campbell, B.M., Hatton, J.C. & Wilson, K.B.** 1989. Nitrogen cycling in farming systems derived from savanna: Perspectives and challenges. In M. Clarholm & L. Bergstrom, eds. *Ecology of Arable Land*, pp 63-76. Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic.
- Tauro, T.P., Nezomba, H., Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2009. Germination, field establishment patterns and nitrogen fixation of indigenous legumes on nutrient-depleted soils. *Symbiosis*, 48: 92-101.
- Tauro, T.P., Nezomba, H., Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2010. Population dynamics of mixed indigenous legume fallows and influence on subsequent maize following mineral P application in smallholder farming systems of Zimbabwe. *Nutrient cycling in agro-ecosystems*, 88: 91-101.
- Thornton, P.K., Herrero, M., Freeman, A., Mwai, O., Rege, E., Jones, P. & Mcdermott, J.** 2007. Vulnerability, Climate Change and Livestock: Research Opportunities and Challenges for Poverty Alleviation. *Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research*, 4(1) (disponible en: www.icrisat.org/journal/specialProject/sp7.pdf).
- Tittonell, P., Muriuki, A., Shepherd, K.D., Mugendi, D., Kaizzi, K.C., Okeyo, J., Verchot, L., Coe, R. & Vanlauwe, B.** 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa – A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems*, 103: 83–97.
- Tittonell, P., Vanlauwe, B., Leffelaar, P.A., Rowe, E.C. & Giller, K.E.** 2005. Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya. Heterogeneity at region and farm scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110: 149-165.
- Tribe, D.** 1994. *Feeding and Greening the World: The Role of International Agricultural Research*. Wallingford, UK, CAB International.
- van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. & Hochman, Z.** 2013. Yield gap analysis with local to global relevance – A review. *Field Crops Research*, 143: 4-17.
- Woittiez, L.S., Rufino, M.C., Giller, K.E. & Mapfumo, P.** 2013. The use of woodland products to cope with climate variability in communal areas in Zimbabwe. *Ecology and Society*, 18(4): 24.
- World Soil Resource Base.** 1998. *World Soil Resources Report No. 84*. Roma, FAO.
- Zingore, S., Murwira, H.K., Delve, R.J. & Giller, K.E.** 2007 Influence of nutrient management strategies on variability of soil fertility, crop yields and nutrient balances on smallholder farms in Zimbabwe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 119: 112-126.



04

ORDENACIÓN DE PAISAJES POR LAS POBLACIONES: LA AGROECOLOGÍA Y PROCESOS SOCIALES

Irene Maria Cardoso^{1,3}, Fábio Mendes²

¹ Departamento de Ciências e ² Historia del Suelo, Universidad de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

³ Autor para correspondencia
Correo electrónico: irene@ufv.br



© Arne Janssen

Resumen

El presente capítulo se basa en una experiencia realizada en la Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil, en el bioma de la selva pluvial atlántica. Se considera que la diversidad biológica de la selva pluvial atlántica se halla en situación crítica. Hoy, la selva ocupa alrededor del 7,5 por ciento del bioma original y es muy importante para la biodiversidad, pues contiene numerosas especies endémicas.

Desde 1988, el Centro de Tecnologías Alternativas de la Zona da Mata (CTA), una ONG y grupo de profesores y estudiantes de la Universidad Federal de Viçosa trabajan en esta región en asociación con familias campesinas siguiendo los principios agroecológicos. Tal como se entiende en la Zona da Mata, la agroecología es una ciencia, pero el conocimiento científico es producto



de la cooperación de agricultores y científicos. Los agricultores, además de ser una fuente de conocimiento, son agentes autónomos y creativos de transformación. Por otro lado, la agroecología es un movimiento y una práctica. Durante el decenio de 1980, el desarrollo de un fuerte movimiento de agricultores familiares dio lugar a la creación de sindicatos y otras organizaciones para que representaran sus intereses. El CTA se creó en este contexto; sus bases sociales están formadas por sindicatos locales de agricultores familiares de la región. El CTA participa en la red agroecológica brasileña denominada Articulación Nacional de Agroecología. Como para realizar la transición de la agricultura convencional a la agricultura se necesitan políticas públicas adecuadas que atribuyan prioridad a las inversiones en producción sostenible, en este capítulo también se examina brevemente la política agroecológica brasileña. La

adopción de principios agroecológicos en la Zona da Mata está vinculada a formas creativas de afrontar la escasez y degradación de las tierras. Para hacer frente a la degradación de la tierra y diversificar la producción, se realizó un experimento con sistemas cafeteros agroforestales utilizando métodos participativos. Estos sistemas han sido importantes para la alimentación de las familias, los animales domésticos y silvestres y el aumento de los ingresos. Además, los árboles utilizados en los sistemas proporcionan servicios ecológicos, como la mejora de la calidad del suelo, el aumento del secuestro de carbono, la mejora de la cantidad y calidad del agua, la atracción de polinizadores y enemigos naturales, y el ofrecimiento de sombra para los trabajadores. Actualmente, se está ejecutando un proyecto denominado “intercambio de conocimientos” en el que participan agricultores familiares, científicos y técnicos.

INTRODUCCIÓN

El bioma de la selva pluvial atlántica es una zona de bosque perenne, denso y abierto, que se extiende a lo largo de la costa brasileña y penetra 300 kilómetros hacia el interior. La selva pluvial atlántica se encuentra entre las cinco reservas de vida vegetal y animal más ricas y amenazadas del planeta, denominadas zonas críticas de biodiversidad (Myers *et al.*, 2000). En épocas anteriores, la selva pluvial atlántica abarcaba alrededor de 1 millón de kilómetros cuadrados, superficie que corresponde a casi el 12 por ciento del territorio del país (Dean, 1998). Debido a la relativa facilidad de acceso, la deforestación comenzó justo después de la colonización europea y, para el siglo XIX, la mayoría de la foresta había sido talada. Hoy, la selva pluvial atlántica brasileña ocupa alrededor del 7,5 por ciento del bioma original y se ha convertido en uno de los ejemplos más celebres de destrucción radical de los bosques tropicales (Myers *et al.*, 2000). El bosque restante es muy importante para la conservación de la biodiversidad, debido a que contiene numerosas especies endémicas, entre ellas 73 especies de mamíferos (de las cuales, 21 especies y subespecies son primates), 160 especies de aves y 165



especies de anfibios (Moffat, 2002). Por consiguiente, la conservación de la cubierta forestal restante es esencial, pero también es de vital importancia revertir la degradación ambiental de la región mediante una gestión sostenible.

La región de la Zona da Mata (alrededor de 36 000 kilómetros cuadrados) está situada en la selva pluvial atlántica, al sureste del Estado de Minas Gerais (Figura 1). La explotación de la región por personas no nativas se remonta a mediados del siglo XIX, con la expansión, a partir del este, de la producción de café (*Coffea arabica* L.) y el asentamiento de emigrantes procedentes de las vecinas zonas de explotación aurífera en declive (Valverde, 1958). No bastaron más que algunos decenios para causar grandes daños a los ecosistemas. Los cultivos de café reemplazaron a la selva pluvial atlántica y rompieron el ciclo de los elementos nutritivos de los ecosistemas forestales, lo que redujo de manera importante la fertilidad de los suelos debido a la recolección de las cosechas. Además, el café se cultivaba (y se cultiva) en las colinas, donde la erosión del suelo avanzaba más rápidamente y provocaba la degradación de la tierra. Como consecuencia, las granjas cafeteras ocupaban tierras nuevas y más fértiles, lo que aumentaba aún más la deforestación, mientras que algunos de los antiguos campos dedicados al cultivo de café pasaron a utilizarse como pastos o para producir alimentos básicos (Valverde, 1958).

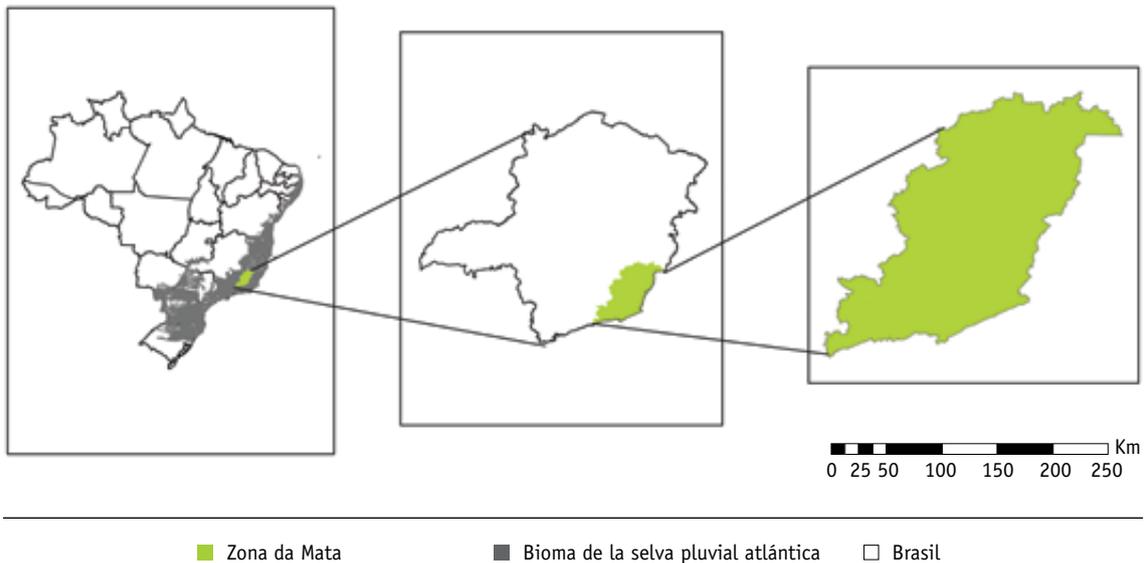
Hoy, los agricultores cultivan principalmente pastos y café a pleno sol, intercalados a menudo con maíz y frijoles. El café es el principal cultivo comercial. Otros cultivos importantes son la caña de azúcar, la yuca y los frijoles. A partir del decenio de 1960, las políticas gubernamentales han promovido las tecnologías de la Revolución Verde, que no han sido adoptadas más que parcialmente debido a las limitaciones ambientales y socioeconómicas de la producción a pequeña escala en la región (Gomes, 1996). La introducción de elementos de la Revolución Verde en la economía campesina ha contribuido considerablemente al deterioro del medio ambiente (pérdida de la biodiversidad, contaminación agroquímica, erosión debida a la deforestación, degradación de los manantiales, entre otros), al igual que al debilitamiento de la agricultura familiar como empresa económica (endeudamiento, dependencia de cultivos individuales, competencia con grandes empresas comerciales, etc.). Utilizando análisis multivariados, Fernandes *et al.* (2005) constataron que, en alrededor del 80 por ciento de los municipios de la región, los índices de degradación habían aumentado en un 40 por ciento, con efectos negativos en la economía regional.

En general, la productividad de los agroecosistemas de la Zona da Mata ha disminuido progresivamente debido a la creciente intensidad en el uso del suelo, con prácticas no adaptadas adecuadamente al medio ambiente, como el cultivo de café en pendientes pronunciadas sin medidas de conservación del suelo. En el marco de un diagnóstico rural participativo, realizado en la región en 1993, los agricultores familiares indicaron explícitamente que la degradación del suelo era la causa de la disminución de la productividad en sus agroecosistemas. Según los agricultores, “¡la tierra estaba débil!” (Cardoso *et al.*, 2001). Después del establecimiento de sistemas agroforestales, Franco *et al.* (2002) demostraron que los sistemas agroforestales de producción de café pierden en promedio mucho menos suelo que los sistemas de producción de café bajo monocultivo (217,3 kilogramos de suelo por hectárea al año frente a 2 611,9 kilogramos por hectárea al año).

Los problemas ecológicos y socioeconómicos en la Zona da Mata no son consecuencia simplemente de una falta de conocimientos de parte de los usuarios de la tierra. Al igual que en otras partes del mundo, se trata de problemas interrelacionados que tienen su origen en



Figura 1. **Región de la Zona da Mata en el Estado de Minas Gerais, bioma de la selva pluvial atlántica, Brasil**



Fuente: adaptado de MMA, 2008

las condiciones históricas de la agricultura. Estos problemas ecológicos y socioeconómicos requieren soluciones urgentes e integradas. A pesar de estos problemas, la producción a pequeña escala sigue teniendo una importancia vital en la región, en gran parte debido a la producción de cultivos alimentarios para el consumo interno.

Durante el decenio de 1980, se formó un fuerte movimiento de pequeños productores y mano de obra agrícola que dio lugar a la creación de nuevos sindicatos que representaran sus intereses (sindicatos de trabajadores rurales), y a la organización de pequeños agricultores y jornaleros agrícolas en varios niveles y en diferentes instituciones. El CTA (www.ctazm.org.br), una ONG cuya base social está formada por sindicatos locales de pequeños agricultores y de trabajadores agrícolas de la región, se creó en este contexto. El CTA trabaja en 21 municipios, que corresponden a la zona de influencia de 14 sindicatos locales.

LA AGROECOLOGÍA COMO MOVIMIENTO, CIENCIA Y PRÁCTICA

La experiencia en la Zona da Mata de Minas Gerais no es una experiencia aislada; está conectada a una red agroecológica. La agroecología se considera una ciencia con principios, conceptos y métodos que hacen posible el estudio, diseño, gestión y evaluación de los agroecosistemas. La agroecología es multidisciplinaria y su objetivo es desarrollar diferentes estilos de agricultura dentro de un marco ecológico, y elaborar estrategias de desarrollo rural sostenible (Altieri, 1995).



Por el lado científico, la Asociación Brasileña de Agroecología (ABA) fue fundada en 2004 (www.aba-agroecologia.org.br) y desde entonces ha organizado ocho conferencias agroecológicas brasileñas. En 2013, asistieron a la conferencia alrededor de 4 000 personas y se presentaron más de 1 000 informes. La ABA publica también la Empresa Brasileña de Agroecología. En 2006, la agroecología fue reconocida oficialmente como ciencia por la Corporación Brasileña de Investigación Agrícola (EMBRAPA), y se publicó el documento de referencia para la agroecología (www.embrapa.br/publicacoes). Recientemente, se han establecido cursos de diplomatura y licenciatura en materia de agroecología en varias universidades, se han sostenido tesis y se han publicado artículos.

En agroecología, según considera el grupo de Zona da Mata, el conocimiento científicos es fruto de la colaboración de científicos y agricultores. Los agricultores no sólo son una fuente de conocimientos, sino también agentes autónomos y creativos de la transformación. Las percepciones, conocimientos, sentimientos y aptitudes personales de los agricultores (los gestores) son más importantes que un determinado sistema agrícola (Oettlé y Koelle, 2003). De esta manera, los agricultores pueden estar motivados para experimentar, ensayar, aprender y pensar por sí mismos (Bolliger *et al.*, 2005).

Sin embargo, para el CTA, la agroecología es más que una ciencia. En cuanto movimiento y práctica, la agroecología tiene sus raíces en el movimiento de agricultura alternativa. En Brasil, la agroecología comenzó como una forma de agricultura alternativa entre finales del decenio de 1970 y el decenio de 1980. La agricultura alternativa fue una respuesta a los problemas ambientales y sociales causados por las tecnologías introducidas por la Revolución Verde, como el uso de plaguicidas y fertilizantes. Los actores principales de la agricultura alternativa eran los agrónomos (vinculados a la Federación de Asociaciones de Ingenieros Agrónomos y la Federación de Estudiantes de Agronomía, que siguen en plena actividad), pero el movimiento no tardó en ganar adeptos de otras disciplinas. Las organizaciones de agrónomos promovieron varias reuniones de agricultura alternativa. A la última de ellas, celebrada en 1989¹, asistieron alrededor de 4 000 personas. Otros importantes actores del movimiento de agricultura alternativa fueron las ONG y las organizaciones de agricultores, en especial las Comunidades Eclesiales de Base (CEB)² y la Comisión Pastoral de la Tierra (CPT), que estaban vinculadas a la teología de la liberación y conectadas con la Iglesia católica.

En torno a ese período, la redemocratización reemplazó a la dictadura en el Brasil. En la coyuntura de la redemocratización política, durante el decenio de 1980, surgió un movimiento a favor de sindicatos más independientes, conocido como 'nuevo sindicalismo'. Bajo la dictadura, la mayoría de los sindicatos de trabajadores rurales estaban subordinados al Estado y a la estructura del clientelismo en torno a los servicios sociales. Varios distritos no tenían más que terratenientes y sindicatos que practicaban el clientelismo. La experiencia de las CEB influyó profundamente en el 'nuevo sindicalismo' y otros movimientos de trabajadores rurales y de agricultores de muchas regiones (incluida la Zona da Mata). En los decenios de 1970 y 1980, estos grupos comunitarios pasaron a ser importantes actores políticos que actuaban más allá

¹ A partir de 1989, las reuniones de la agricultura alternativa se sustituyeron por las reuniones nacionales de agroecología y las Conferencias brasileñas de agroecología

² Véase: www.dhnet.org.br/direitos/militantes/freibetto/livro_betto_o_que_e_cebs.pdf



de las relaciones tradicionales patrón-cliente. El clero y los activistas católicos locales podían movilizar a un número considerable de personas a través de las CEB. Casi todos los dirigentes de los nuevos sindicatos de trabajadores rurales constituidos a mediados del decenio de 1980 tuvieron una participación muy activa en las CEB. La propuesta de las CEB de crear grupos de reflexión y organizar a los agricultores para lecturas políticamente orientadas de los textos bíblicos cumplió una función importante en la movilización política de los agricultores y los trabajadores rurales. En estos grupos de CEB, los campesinos adquirieron capacidades decisivas en materia de deliberación, reflexión y acción organizada (Comerford, 2003).

El idioma religioso también dio a los agricultores un marco de interpretación y un vocabulario moral para expresar sus reivindicaciones y sensación de injusticia. Al mismo tiempo, las CEB pusieron el acento en la solidaridad entre las personas que sufrían y en la necesidad de acción en el mundo para revertir su situación (Comerford, 2003). La experiencia de las CEB fomentó el aprendizaje de aptitudes en materia de organización y de capacidades políticas entre los trabajadores rurales y los pequeños agricultores en varias regiones del Brasil, entre ellas la Zona da Mata. Las CEB también ayudaron a que los puntos de vista agroecológicos tuvieran sentido para los agricultores. Tanto las CEB como la CPT trabajaban activamente y con frecuencia encontraban nuevos aliados y propuestas, como por ejemplo alternativas a la agricultura convencional de la Revolución Verde. Sin embargo, las propuestas alternativas no despertaban el interés de la mayoría de los 'antiguos' sindicatos de trabajadores rurales, que habían estado subordinados a la estructura corporativa y 'clientelista' del Estado por muchos años. En la Zona da Mata, el CTA colaboró activamente con los trabajadores rurales y los pequeños agricultores en la constitución de nuevos sindicatos de trabajadores rurales, estableciendo compromisos y coordinando con los movimientos sociales. En diferentes oportunidades, el CTA fue un importante mediador entre los actores políticos y burocráticos y los movimientos de los trabajadores. De esta forma, se estableció una sólida telaraña de relaciones entre algunos de los nuevos sindicatos de trabajadores rurales y el personal del CTA. La mayoría de los nuevos sindicatos estaban alineados con el Partido de los Trabajadores y la Central Única de los Trabajadores, que representaba el 'nuevo sindicalismo'.

Otras ONG, parecidas al CTA, se establecieron en el sur, el sureste y el noreste del Brasil. Estas ONG formaron la Red del Proyecto de Tecnologías Alternativas (PTA), una red de ONG que busca alternativas al modelo de agricultura de la Revolución Verde. Desde el comienzo, la red PTA procuró establecer estrechos contactos con los sindicatos de trabajadores rurales. Por lo tanto, la agricultura alternativa ha estado ligada a la historia de los sindicatos de trabajadores rurales y las asociaciones de agricultores en muchas regiones del Brasil, entre ellas la Zona da Mata. El doble enlace con las redes nacionales/transnacionales de ONG y las organizaciones de trabajadores rurales y agricultores fue estratégico para el desarrollo de los proyectos agroecológicos. Las redes son vectores cruciales para el aprendizaje. Pueden ir desde las redes informales de vecinos y familias hasta las redes nacionales e internacionales, y han sido reconocidas por los agricultores como la fuente más importante de información y estímulo para la innovación y el aprendizaje (Oettlé y Koelle, 2003).

Las ONG procuraron prestar asesoramiento técnico a los agricultores familiares, en estrecha colaboración con los movimientos ecológicos y de agricultura alternativa. Las ONG transformaron las propuestas de 'tecnologías alternativas' de la red PTA en medidas y prácticas concretas, en estrecha cooperación con los sindicatos de trabajadores rurales u otras organizaciones. De



esta asociación también surgieron fuentes importantes para la financiación de proyectos y la mediación institucional. La asociación entre las ONG y las organizaciones de agricultores posibilitó realizar diversos experimentos con prácticas de agricultura alternativa. Desde finales del decenio de 1980, las ONG han colaborado en ámbitos experimentales y en la demostración de técnicas alternativas de prácticas agrícolas ecológicas, lo que ha favorecido la presencia de varias granjas agroecológicas en todo el Brasil

La asociación fue un proceso de aprendizaje recíproco para ambas partes. Al principio, las ONG a menudo tuvieron que hacer frente al escepticismo o la indiferencia de los pequeños agricultores con respecto a la generalidad de los consejos relativos a una agricultura más centrada en la ecología. En respuesta, las ONG se esforzaron por transformar las directrices generales del programa PTA en acciones más concretas.

Las dificultades en la aplicación de los programas de experimentación fueron los puntos de entrada para la reorientación y la incorporación de las sugerencias y las críticas de los agricultores. Utilizando metodologías participativas, los técnicos procuraron recabar información sobre las exigencias de los agricultores e intentaron atenderlas. En el proceso, el CTA amplió sus ámbitos de intervención para acoger las demandas en materia de desarrollo local, salud, educación, conservación del medio ambiente, comercialización y adquisición de tierras, entre otras. Al mismo tiempo, los agricultores redefinieron sus experiencias agrícolas y gradualmente se volvieron más activos en la experimentación de las prácticas agroecológicas.

Sostenemos que la agroecología es también una práctica vinculada a un '*estilo de vida*', en la que los agricultores tienen que ser conscientes de todos los aspectos de sus agroecosistemas, principalmente de la producción y la tecnología, pero también del medio ambiente, la salud, la educación y las formas de sociabilidad. Un *estilo de vida* puede considerarse también un '*estilo de agricultura*', es decir, un conjunto complejo pero integrado de nociones, normas, elementos de conocimiento y experiencias, entre otros, propios de un grupo de agricultores de una región determinada, que describe el modo en que las prácticas agrícolas se deben llevar a cabo (Oettlé y Koelle, 2003). Mediante sus prácticas y estrategias de gestión, los agricultores no sólo generan ingresos materiales, sino también capacidades sociales y políticas. Por ejemplo, los agricultores agroecológicos reciben muchas visitas en sus granjas y participan en reuniones nacionales y en comités regionales y nacionales. Un examen detallado de la manera en que los agricultores elaboran sus estrategias en materia de medios de vida con prácticas sostenibles puede ofrecer muchas enseñanzas para las políticas.

Después de la redemocratización, los agricultores de varias regiones adquirieron capacidades de organización, crearon sus propias instituciones y establecieron estrechos lazos con los sistemas de normas comunitarias, así como vínculos con actores estratégicos externos. Entre sus iniciativas en materia de organización figuraron la participación en asociaciones locales y regionales de agricultores, asociaciones de mujeres y foros municipales, y el establecimiento de cooperativas de crédito. En varios municipios se fundaron escuelas de agricultura familiar. En el marco de estos procesos, los actores descubrieron que las prácticas agroecológicas estaban integradas en otras dimensiones interdependientes de los medios de subsistencia.

En el decenio de 1990, la red PTA se conectó con la más amplia red latinoamericana, y la '*agricultura alternativa*' pasó a llamarse '*agroecología*.' A finales de dicho decenio, el PTA fue reemplazado por la ANA. La ANA difiere del PTA pues no sólo es una red de ONG, sino también



de los movimientos sociales y los científicos involucrados ([www. agroecologia.org.br](http://www.agroecologia.org.br)). Como consecuencia, en el Brasil las prácticas agroecológicas están integradas en redes de relaciones y formas de organización que refuerzan sustancialmente el proceso de coproducción, amplían la base de recursos (material e inmaterial), apoyan la autonomía de los agricultores y pueden abrir nuevas opciones en materia de medios de vida. El PTA (en el pasado) y la ANA (actualmente) se esfuerzan por promover asociaciones igualitarias entre agricultores, investigadores y ambientalistas. La ANA organiza las reuniones nacionales de agroecología, la primera de las cuales se llevó a cabo en 2002 y la tercera en 2014. A estas reuniones asistieron en especial agricultores agroecológicos (el 50 por ciento de los cuales eran mujeres).

PLAN NACIONAL DE AGROECOLOGÍA Y PRODUCCIÓN ORGÁNICA DEL BRASIL

Gracias a su experiencia en todo el Brasil, se invitó a la ANA a hacer un aporte a la política nacional brasileña en materia de agroecología. A estos efectos, el Ministerio de Medio Ambiente colaboró en la organización de cinco reuniones regionales de la ANA (correspondientes a la principal biomasa brasileña) y una reunión nacional en 2011. Más de 300 personas asistieron a las seis reuniones. Los participantes fueron representantes de diferentes movimientos sociales (por ejemplo, trabajadores sin tierra, sindicatos, mujeres, ANA y ABA). Se preparó un documento como base para las negociaciones con el Gobierno. Después, se organizó un seminario nacional para dar a conocer el documento y facilitar las conversaciones con el Gobierno. Sobre esta base, el Gobierno elaboró un primer proyecto de su política y organizó otro seminario nacional para examinarlo. En 2012, la Marcha das Margaridas (manifestación de las mujeres rurales en Brasilia) solicitó a la Presidenta Dilma Rousseff que pusiera en marcha la política nacional de agroecología. La Presidenta aceptó la petición y la política se puso en marcha en 2012.

Con la formulación de la política, el camino estaba preparado, pero el proceso no se detuvo. La ley de por sí no garantiza las medidas ni el dinero necesarios. Tras su aprobación, se preparó un Plan Nacional de Agroecología y Producción Orgánica (PLANAPO). Se establecieron dos comités para la formulación del plan: uno integrado por personal gubernamental de cuatro ministerios, el otro por representantes de la sociedad civil. El comité de la sociedad civil estaba compuesto de 26 participantes de 23 organizaciones. Su tarea consistía en evaluar el plan y contribuir a perfeccionarlo.

El PLANAPO se puso en marcha en octubre de 2013. Fue la primera vez que los movimientos sociales se reunieron para formular una política agroecológica, lo que ya puede considerarse un resultado positivo de la política. Otra cuestión importante fue el reconocimiento y sostenimiento de las semillas de raza nativa por la política.

Aunque presentes en el documento de la ANA, las directrices y los principios relacionados con la concentración de la tierra y el control del agua no se incluyeron en la política. En el Brasil, las granjas, si bien están en su mayor parte (alrededor del 84 por ciento) en manos de agricultores familiares, no ocupan más que el 24 por ciento de la superficie agrícola. Por tanto, los agricultores familiares hacen frente a una escasez de tierras (IBGE, 2006). Para los agricultores, la propiedad de la tierra es una cuestión particularmente importante, pues supone



autonomía y la posibilidad de manejar sus tierras de manera independiente, lo que se relaciona estrechamente con la filosofía de la agricultura (Oettlé y Koelle, 2003). En la agroecología, resulta difícil adquirir autonomía sin propiedad de la tierra.

Pese a la escasez de tierras a la que hace frente, la agricultura familiar produce el 70 por ciento de los alimentos brasileños en ese 24 por ciento de tierra que ocupa (IBGE, 2006). Esto quiere decir que en el Brasil la soberanía y la seguridad alimentaria están en manos de los agricultores familiares. La soja, producida principalmente para la exportación, ocupa alrededor del 35 por ciento de la tierra agrícola (sin incluir los pastos) y utiliza el 40 por ciento de todos los plaguicidas. Brasil, actualmente con una media de cinco litros por persona al año, es el país que más plaguicidas usa. Entre los pequeños agricultores (0-10 hectáreas), el 27 por ciento utiliza plaguicidas, frente al 36 por ciento de los medianos agricultores (10-100 hectáreas) y el 80 por ciento de los grandes agricultores (más de 100 hectáreas) (Carneiro *et al.*, 2012).

ESTUDIO DE CASO – SISTEMAS AGROFORESTALES

La adopción de prácticas agroecológicas se ha vinculado a formas creativas de hacer frente a la escasez y la degradación de las tierras. Desde su fundación en 1988, una de las actividades principales del CTA ha sido la conservación de los suelos, basada fundamentalmente en el uso de abono verde. Un momento clave en este trabajo de conservación fue el diagnóstico rural participativo (DRP), realizado en 1993-94 por el Sindicato de Trabajadores Rurales (STR), el CTA y la Universidad Federal de Viçosa, para investigar y diagnosticar los problemas a que hacía frente la agricultura. En el marco del DRP, los agricultores participaron en el proceso de análisis, evaluación y planificación de sus propios agroecosistemas. La actividad de diagnóstico se caracterizó por la intensa participación de los agricultores y de muchos otros actores locales. Durante los debates, se elaboró un programa de desarrollo local y se consolidó la legitimidad del CTA y el STR como representantes de amplios intereses locales.

En el marco del proceso de diagnóstico, los agricultores y otros actores locales señalaron una amplia variedad de problemas interdependientes. En particular, se diagnosticaron como problemas críticos para la agricultura familiar la disminución de la productividad debida a la degradación de la tierra, los problemas de salud provocados por el uso de plaguicidas químicos y los insuficientes derechos sobre la tierra de los pequeños agricultores y apareceros. La degradación del suelo, aunque no era un problema nuevo en sí mismo, era una dificultad conocida por todos en la región. Sin embargo, el proceso del DRP permitió que los agricultores señalaran y describieran estos problemas a los investigadores y al personal de las ONG, en lugar de que sucediera lo contrario, como suele ocurrir.

Los agricultores establecieron un orden de prioridad entre los problemas relacionados con el uso de la tierra y seleccionaron un comité denominado 'terra forte' (tierra fuerte), compuesto de agricultores y personal de las ONG y del Departamento de Suelos de la Universidad Federal Viçosa, para presentar propuestas de conservación de la tierra con miras a remediar la degradación de los suelos. El comité propuso varias prácticas que eran conocidas por los agricultores y que fueron planteadas durante el diagnóstico: i) caña de azúcar plantada en una hilera entre hileras de café; ii) abono verde; iii) uso de arcilla como fuente de calcio y



magnesio, y iv) manejo de la vegetación espontánea. El uso de sistemas agroforestales fue otra de las prácticas propuestas, desconocida por los agricultores hasta ese momento. Todas las propuestas subrayaban la importancia del conocimiento local de los agricultores, el intercambio de experiencias y su función en el proceso de desarrollo local. Como consecuencia, se inició un experimento participativo con los sistemas agroforestales.

La agroforestería como posible solución

En 1994, se establecieron algunas parcelas agroforestales para la recuperación y conservación de suelos en la Zona da Mata. De 1994 a 1997, se emprendieron 39 experimentos en pequeña escala, en los que participaron 33 pequeños agricultores de 25 comunidades de 11 municipios de la Zona da Mata. De los 39 experimentos, 37 se centraron en el café y dos en los pastizales. El café, el principal cultivo comercial de la región, tiene características favorables para la agroforestería. En Etiopía, su zona de origen, el café crece de manera natural en los bosques semicaducifolios. Las condiciones microclimáticas de estos bosques se reproducen en los sistemas agroforestales. El período de floración, que es cuando se necesita más luz, coincide con la temporada seca, cuando muchas especies arbóreas del bioma de la selva pluvial atlántica pierden sus hojas, mientras que otros árboles se pueden podar y evitar la competencia por la luz con el café (Cardoso *et al.*, 2001).

De 2003 a 2005, se examinaron y documentaron las experiencias con los sistemas agroforestales utilizando un enfoque participativo en el que intervinieron 18 agricultores. El método se dividió en varias fases: i) examen de la literatura pertinente, principalmente informes del CTA, tesis y artículos científicos; ii) visitas y entrevistas con los agricultores, y iii) reuniones con los agricultores y el personal del CTA y la Universidad. Cuando las circunstancias lo exigieron, se utilizaron herramientas de DRP, como mapas y diagramas (de Souza *et al.*, 2012a).

Durante los experimentos, varias especies arbóreas se incluyeron o excluyeron de los sistemas. El criterio principal de inclusión/exclusión fue la compatibilidad de las especies con el café. En particular, se buscaron especies arbóreas que no compitieran con las plantas de café por nutrientes, agua y luz. Los principales indicadores de compatibilidad fueron los aspectos relacionados con la salud de las plantas de café y la profundidad de las raíces de los árboles. Otros criterios importantes utilizados fueron: i) la producción de biomasa (indicada por la cantidad de material residual producido por la caída natural de las hojas o la poda); ii) la mano de obra necesaria para el manejo de los árboles (facilidades para la poda y para obtener plantones, la arquitectura de las ramas y el carácter caducifolio de los árboles), y iii) la diversificación de la producción, indicada por árboles que abastecen de alimentos a los seres humanos y a los animales domésticos y silvestres, y por la producción de leña para fuego o para la construcción (de Souza *et al.*, 2010).

Se constató que en los sistemas agroforestales se utilizaban 85 especies arbóreas diferentes, con un promedio de 12 especies arbóreas por sistema (sin incluir el café). Las principales especies eran nativas. Hasta donde sabemos, nunca se había notificado el uso de algunas de estas especies en los sistemas agroforestales. Para evitar problemas en la obtención de plantones o semillas, los agricultores preferían especies espontáneas, como la *Aegiphila sellowiana*. Con este método, los agricultores no tienen necesidad de plantar árboles, sino de manejar las plantas que aparecen sobre el terreno (de Souza *et al.*, 2010).



Basándose en la cantidad de café cosechado y en los costos de producción, la relación costo-beneficios de los sistemas agroforestales resultó menor que la de los sistemas de producción de café a pleno sol. Sin embargo, la diversificación a través de los sistemas agroforestales también permitió que se cosecharan más productos, como el aguacate (*Persea americana*) y el banano. Estos productos eran importantes para la seguridad y la soberanía alimentaria de los agricultores y para la comercialización (de Souza *et al.*, 2010).

Sistemas agroforestales – Investigación específica

Tras la documentación de los sistemas agroforestales de producción de café existentes, se examinaron más a fondo varios aspectos de estos sistemas. A continuación presentamos algunos de los resultados. En un estudio florístico, encontramos 28 especies de leguminosas arbóreas en siete sistemas agroforestales (todos con una superficie inferior a 1 hectárea). Salvo una de las especies (*Leucaena leucocephala*), todas las demás eran nativas de la selva pluvial atlántica. Dos fragmentos de bosque colindantes con los siete sistemas agroforestales contenía menos especies de leguminosas que los sistemas agroforestales. Once de las 20 especies encontradas en los fragmentos también estaban presentes en los sistemas agroforestales, como por ejemplo *Senna macranthera*, *Inga* spp. y *Dalbergia nigra*. Las especies *Senna macranthera* e *Inga* spp. figuran entre las principales especies utilizadas en los sistemas agroforestales, mientras que la *D. nigra* es una especie en peligro de extinción en la selva pluvial atlántica y fue hallada en dos sistemas agroforestales. Los resultados del estudio florístico indican de qué manera los sistemas agroforestales imitan los fragmentos de selva en cuanto a la composición de las especies, lo que hace que sean importantes para la conservación de la biodiversidad regional (de Souza *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2014).

De las especies de leguminosas identificadas en los sistemas agroforestales, 17 son conocidas por fijar el nitrógeno y 16 son nativas, principalmente de los géneros *Machaerium*, *Erythrina* e *Inga*. Según la literatura, la especie *S. macranthera* no tiene asociación conocida con bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin embargo, en un estudio de tres especies leguminosas, Duarte *et al.* (2013) constataron que las hojas de *E. verna* y *S. macranthera* liberaban más nutrientes que las hojas de *I. subnuda*, mientras que no se observaron más que diferencias mínimas en la fijación biológica del nitrógeno entre las leguminosas. Por consiguiente, sostenemos que es importante evaluar la capacidad de fijación biológica del nitrógeno en las especies brasileñas del género *Senna*. Si se considera la cubierta vegetal muerta producida anualmente por estos tres árboles, su contribución al ciclo del nitrógeno (inclusive a bajos porcentajes de fijación biológica del nitrógeno) puede ser considerable, en especial la *S. macranthera* y la *I. subnuda* (Duarte *et al.*, 2013). Si se considera las fracciones de masa del nitrógeno, cada árbol de *S. macranthera* e *I. subnuda* contribuiría aproximadamente con 60 y 140 gramos de N por año (respectivamente) debido a la fijación biológica del nitrógeno (Duarte, 2007). Los agricultores familiares suelen aplicar alrededor de 40 gramos de N por planta de café al año, utilizando una formulación NPK de 20-05-20. Por tanto, los árboles en los sistemas agroforestales podrían reducir considerablemente los costos en fertilizantes de los agricultores familiares.



Otra característica de los árboles *Inga* es que poseen nectarios extraflorales, que proporcionan alimentos alternativos a los enemigos de las plagas del café. Investigamos si los nectarios extraflorales de los árboles *Inga* asociados con el café podían mejorar la lucha contra las plagas en los sistemas agroforestales de producción de café. Recogimos 287 visitantes de 79 morfoespecies que se alimentaban en los nectarios extraflorales de los árboles *Inga*. Los artrópodos recogidos pertenecían a las clase Arácnida e Insecta. Dentro de esta última clase, identificamos siete órdenes, incluidos enemigos naturales como los parasitoides, las hormigas y otros depredadores generalistas. Dieciséis de los depredadores observados ya se habían señalado como depredadores de los minadores de las hojas del cafetero o de los barrenadores de las bayas del café. Los trips, *Trybomia* spp. (thysanoptera: Phlaeothripidae) encontrados mientras se visitaban los nectarios extraflorales de los árboles *Inga* se observaron dentro de las bayas de café que habían sido infiltradas por plagas, alimentándose de los barrenadores de las bayas del café – fenómeno que no se había señalado anteriormente. Una investigación correlativa indicó que la alimentación alternativa proporcionada a los enemigos naturales por los árboles *Inga* mejora el control natural. Esto podría ser causado por los enemigos naturales que se unen en torno a los árboles que proporcionan néctar y por la respuesta numérica de las poblaciones de enemigos naturales a la mayor disponibilidad de alimentos (Rezende *et al.*, 2014). Estos resultados fueron confirmados por repetidos experimentos sobre el terreno (Rezende, 2014).

En los sistemas agroforestales se encontraron nueve especies de abejas: *Apis mellifera* (la única especie exótica), *Trigona spinipes*, *Schwarziana quadripunctata*, *Trigona hyalinata*, *Bombus atratus*, *Frieseomelitta varia*, *Augochloropsis patens*, *Tetragonisca angustula* y *Partamona cupira*. Se observó que los polinizadores, por término medio, contribuían a aumentar la producción de café en un 5 por ciento (Ferreira, 2008).

La mejora de la cubierta de los suelos en los sistemas agroforestales redujo la pérdida de suelos ocasionada por la erosión (Franco *et al.*, 2002) y aumentó la producción de agua de las fuentes naturales en las granjas. En un caso, la familia señaló que el agua producida en su propiedad aumentó después de la introducción de los sistemas agroforestales; ahora, el volumen de agua era más que suficiente para siete familias ahí donde antes no bastaba para dos familias (Ferrari *et al.*, 2011). En esta granja, la pérdida de suelos en los sistemas agroforestales es al menos 30 veces menor y la de agua seis veces menor que en los pastos colindantes cultivados a pleno sol. En general, la pérdida de suelos fue al menos 10 veces menor y la de agua 30 veces menor en los sistemas agroforestales de producción de café (Carneiro, 2013). La temperatura en el interior de los sistemas agroforestales se redujo hasta en un 5 por ciento (de Souza *et al.*, 2012b) en relación con los sistemas de producción de café a pleno sol; además, la presencia de árboles mejoró el secuestro de carbono (Duarte, 2007).

CAMPESINO A CAMPESINO

Junto con los agricultores familiares y sus organizaciones, el CTA y los asociados se esfuerzan por estudiar y difundir a mayor escala las experiencias agroecológicas exitosas en la región. A estos efectos, seguimos la metodología “de campesino a campesino” (Machín Sosa *et al.*, 2012)



con algunas adaptaciones; promovimos reuniones con los agricultores en sus granjas para observar sus ecosistemas y analizarlos. A estas reuniones, además de los agricultores familiares, asistieron estudiantes, investigadores, agrónomos y profesores. Una vez al año, organizamos en la universidad una reunión regional con los agricultores. En el marco de estas reuniones, a las que asisten más de 200 agricultores, todos aprenden, se exponen las necesidades de los agricultores y se formulan preguntas y respuestas para la investigación.

No obstante estos esfuerzos, las experiencias agroecológicas, como aquellas con los sistemas agroforestales, no se están integrando en la región. Esta situación podría cambiar fácilmente con los incentivos políticos y el asesoramiento técnico adecuados. Con los sistemas agroforestales, la permeabilidad de la matriz agrícola aumentará enormemente, y dará lugar a una estructura del paisaje más compatible con la conservación de la biodiversidad en la selva pluvial atlántica (Vandermeer y Perfecto, 2007).

CONCLUSIONES

La experiencia agroecológica en el Brasil se debe entender en el contexto de las estrategias que los hogares campesinos adoptan para tener acceso a los recursos, de sus formas particulares de organización y de las intervenciones de las ONG. Nuestra hipótesis es que el éxito de la expansión de las prácticas agroecológicas y las formas innovadoras de organización se relacionan con las redes de solidaridad entre agricultores – basadas en las relaciones de parentesco y amistad y en los movimientos religiosos – y las redes con las ONG y otros actores institucionales y políticos.

La adopción de la agroecología por los agricultores aumenta cuando estos están más integrados con las organizaciones de agricultores. Otro factor importante es la ‘coproducción’ de conocimientos promovida por la agroecología, para la cual es esencial la asociación en igualdad de condiciones entre agricultores, investigadores y ambientalistas.

El aprendizaje social, que vincula el conocimiento científico y el conocimiento local, fue importante para el desarrollo de los sistemas agroforestales en la región. La introducción de sistemas agroforestales aumentó la agrobiodiversidad y mejoró importantes servicios ecosistémicos, principalmente la conservación y la calidad de los suelos, que es la base para el desarrollo de agroecosistemas sanos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CTA y las organizaciones de agricultores, la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), el Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA) y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) por el apoyo financiero a nuestra labor de investigación y extensión, en especial al proyecto ECOAR y Comboio de Agroecología do Sudeste. Agradecemos igualmente a Arne Janssen por la edición del texto y a Raíza Moniz Faria por el diseño de la Figura 1.



REFERENCIAS

- Altieri, M.** 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. 2nd Edition. London, Intermediate Technology Publications.
- Bolliger, A., Hansen, K.D. & Fowler, R.** 2005. *Constraints limiting smallholder adoption of conservation agriculture: some observations based on three South African smallholder-orientated programmes*. CD- ROM of the 3rd World Congress On Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya.
- Cardoso, I.M., Guijt, I., Franco, F.S., Carvalho, P.S. & Ferreira-Neto, P.S.** 2001. Continual learning for agroforestry system design: University, NGO and farmer partnership In Minas Gerais, Brazil. *Agricultural Systems*, 60: 235-257.
- Carneiro, F.F., Pignati, W., Rigotto, R.M., Augusto, L.G.S., Rizollo, A., Muller, N.M., Alexandre, V.P., Friedrich, K. & Mello, M.S.C.** 2012. *Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. 1^a Parte. Rio de Janeiro, Brasil, ABRASCO. 98 pp.
- Carneiro, J.J.** 2013. *Sistemas agroecológicos conservam solo e água*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 102 pp.
- Comerford, J.C.** 2003. *Como uma família: sociabilidade, territórios de parentesco e sindicalismo rural*. Rio de Janeiro, Brasil, Relume Dumará.
- de Souza, H.N., Cardoso, I.M., Mendonça, E.S., Carvalho, A.F., Oliveira, G.B., Gjorup, D.F. & Bonfim, V.R.** 2012a. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. *Agroforestry Systems*, 85: 247-262.
- de Souza, H.N., De Goede, R.G.M., Brussaard, L., Cardoso, I.M., Duarte, E.M.G., Fernandes, R.B.A., Gomes, L.C. & Pulleman, M.M.** 2012b. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146: 79-196.
- de Souza, H.N., Cardoso, I.M., Fernandes, J.M., Garcia, F.C.P., Bonfim, V.R., Santos, A.C., Carvalho, A.F. & Mendonça, E.S.** 2010. Selection of native trees for El cultivo intercalado with coffee in the Atlantic Rainforest biome. *Agroforestry Systems*, 80: 1-16.
- Dean, W.** 1998. *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. 2nd Edition. São Paulo, Brasil, Companhia Das Letras.
- Duarte, E.M.G.** 2007. *Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na mata atlântica*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Viçosa. 115 pp.
- Duarte, E.M.G., Cardoso, I.M., Stijnen, T., Correa, M.A., Coelho, M.S., Cantarutti, R.B., Kuyper, T.W., Villani, E.M.A. & Mendonça, E.S.** 2013. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 87: 835-847.
- Fernandes, E.A., Cunha, N.R.S. & Silva, R.G.** 2005. Degradação ambiental no Estado de Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 43: 179-198.
- Fernandes, J.M., Garcia, F.C.P., Amorozo, M.C.M., Siqueira, L.C., Marotta, C.P.B. & Cardoso, I.M.** 2014. Etnobotânica de leguminosae entre agricultores agroecológicos na Floresta Atlântica, Araponga, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 65: 539-554.
- Ferrari, L.T., Carneiro, J.J., Cardoso, I.M., Pontes, L.M. & Mendonça, E.S.** 2011. El caso del agua que sube: monitoreo participativo del agua em sistemas agroecológicos de producción. *LEISA – Revista de Agroecología*, 26: 20-23.
- Ferreira, F.M.C.** 2008. *A polinizacao como um servico do ecossistema: uma estrategia economica para a conservacao*. Belo Horizonte, Brasil, Universidade Federal De Minas Gerais. (Ds Thesis)



- Franco, F.S., Couto, L., Carvalho, A.F., Jucksch, I., Fernandes, E.I., Silva, E. & Neto, J.A.A.M.** 2002. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona Da Mata de Minas Gerais. *Rev. Árvore*, 26: 751-760.
- Gomes, S.T.** 1996. *Condicionantes Da Modernização do Pequeno Agricultor*. São Paulo, Brasil, Ipe USP. 181 pp.
- IBGE.** 2006. Censo Agropecuário. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (disponible en: www.ibge.gov.br).
- Machín Sosa, B., Jaime, A.M.R., Lozano, D.R.A. & Rosset, P.M.** 2012. *Revolução Agroecológica: O Movimento Camponês a Camponês da ANAP em Cuba*. 1ª Edição. São Paulo, Brasil, Outras Expressões.
- MMA.** 2008. *Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros*. Ministério do Meio Ambiente (disponible en: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>; consultado: junio de 2015).
- Moffat, A.S.** 2002. South American landscape: ancient and modern. *Science*, 296: 1959-1960.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Oettlé, N.M. & Koelle, B.R.I.** 2003. *New directions for extension in democratic South Africa: Enhancing farmer's initiatives to conserve their resources*.
- Rezende, M.Q., Venzon, M., Perez, A.L., Cardoso, I.M. & Janssen, A.** 2014. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 188: 198-203.
- Rezende, M.Q.** 2014. *Uso do Inga no agroecossistema cafeeiro: percepção dos agricultores e estratégia para o controle biológico conservativo*. Federal University Of Vicosa and EPAMIG. (Ds Thesis)
- Valverde, o.** 1958. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. *Rev. Bras. de Geografia*, 20: 3-79.
- Vandermeer, J. & Perfecto, i.** 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology*, 21: 274-277.



05

ENFOQUES AGROECOLÓGICOS DEL FITOMEJORAMIENTO:

DISEÑO DE CULTIVOS, MEZCLAS Y SISTEMAS PARA MEJORAR LA APTITUD, LA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE, LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL



06

SALUD DEL SUELO Y SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA:

EL PAPEL DE LA BIOTA DEL SUELO



07

ENFOQUES ECOLÓGICOS:

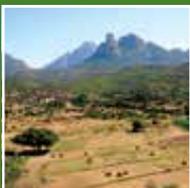
CONTRIBUCIÓN DE LA DIVERSIDAD ENTOMOLÓGICA, INCLUIDOS LOS POLINIZADORES, A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN ÁFRICA ORIENTAL



08

LA BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS PAISAJES AGRÍCOLAS:

REVERTIR LAS EXTERNALIDADES DE LA AGRICULTURA



09

ENFOQUES ECOLÓGICOS PARA REDUCIR LOS INSUMOS EXTERNOS EN LA AGRICULTURA

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Enfoques agroecológicos





05

ENFOQUES AGROECOLÓGICOS DEL FITOMEJORAMIENTO: DISEÑO DE CULTIVOS, MEZCLAS Y SISTEMAS PARA MEJORAR LA APTITUD, LA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE, LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

Len Wade

Profesor de Investigación Estratégica, Centro Graham para la Innovación Agraria, Universidad Charles Sturt, Wagga Wagga, NSW, Australia

Teléfono: (+61) 2 6933 2523. Correo electrónico: lwade@csu.edu.au



© FAO/Saitendra Kharel



Resumen

Los enfoques agroecológicos se han concebido para obtener sistemas de producción de alimentos sostenibles, con funciones ecosistémicas y eficiencia de los recursos mejoradas, basándose en la ciencia, la práctica y el compromiso social. Además de la buena gestión, la elección de cultivos y cultivares adecuados a estos objetivos agroecológicos es fundamental. Primero, la selección de los cultivos y genotipos debe centrarse en la aptitud agroecológica, lo que exige un conocimiento cercano del comportamiento deseado del cultivo y la planta para lograr los objetivos en materia de productividad, sostenibilidad y ecosistema. Una cuestión importante es el diseño del cultivo, concretamente los rasgos y las combinaciones de rasgos que confieren la eficiencia de los recursos y la función ecosistémica, así como el rendimiento y la calidad nutricional. Además, se debe considerar la dinámica de la respuesta del cultivo, incluida las modalidades de adaptación a las diferentes limitaciones de los

suelos o regímenes de manejo, y la forma en que estas modalidades pueden variar con las condiciones estacionales y el cambio climático. El diseño del cultivo diferirá según estos ecosistemas y estas consideraciones relativas al manejo. Después, estos principios pueden adaptarse a los sistemas alternativos, entre ellos el cultivo intercalado, las siembras secuenciales y las mezclas, basándose en los conceptos de competición y comensalismo. Se tienen que considerar los productos que se generan, trátese de cereales, forrajes, ganado o el conjunto de ellos, y se ha de evaluar el sistema asociado en lugar de las eficiencias individuales. Las cuestiones relativas a la selección en sistemas mixtos se examinan con referencia a los conceptos de 'coevolución' y selección conjunta, basándose en diferentes ejemplos, entre ellos los cultivos forrajeros y especies arbóreas poco utilizados y perennes. La identificación de sistemas exitosos exigirá un mayor conocimiento agroecológico como base para mejorar el diseño de cultivos, mezclas y sistemas.

INTRODUCCIÓN

En la fitogenética clásica (Allard, 1960), el mejoramiento de la planta supone la evaluación de diferentes materiales genéticos para mejorar la adaptación a un conjunto determinado de condiciones. Se reúne un conjunto diferente de plantas para la evaluación o se genera una variabilidad adicional mediante el cruzamiento de distintas líneas que poseen los rasgos deseados en combinación en el nuevo fenotipo. Es esencial que la evaluación se realice en condiciones representativas del entorno específico, incluidas las prácticas culturales pertinentes (Wade *et al.*, 1996). La mejora del desempeño y estabilidad suelen realizarse en primer lugar ajustando el ciclo



del crecimiento para adaptarlo mejor a la temporada de crecimiento (Muchow y Bellamy, 1991). También se presta atención a los principales factores de estrés biótico y abiótico, para que el fenotipo efectivo sea estable dentro de la variedad de condiciones a las que probablemente haga frente (Cooper y Hammer, 1996). El muestreo o la creación de diversidad genética, seguidos por la evaluación y selección, y la producción posterior de fenotipos mejorados, es un modelo sólido de amplia aplicación. En este capítulo se examina el modo en que estos principios se pueden adaptar a nuevas plantas y a sistemas más complejos, como los cultivos secuenciales, el cultivo intercalado y las mezclas, incluidos los pastos y cultivos de doble aptitud para el pastoreo del ganado. La intención es seleccionar fenotipos adaptados para sistemas agroecológicos caracterizados por la necesidad de mantener o aumentar los rendimientos, mejorar los servicios ecosistémicos, garantizar medios de vida más seguros y mejorar la seguridad alimentaria y nutricional.

PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS PARA SISTEMAS DE MONOCULTIVO

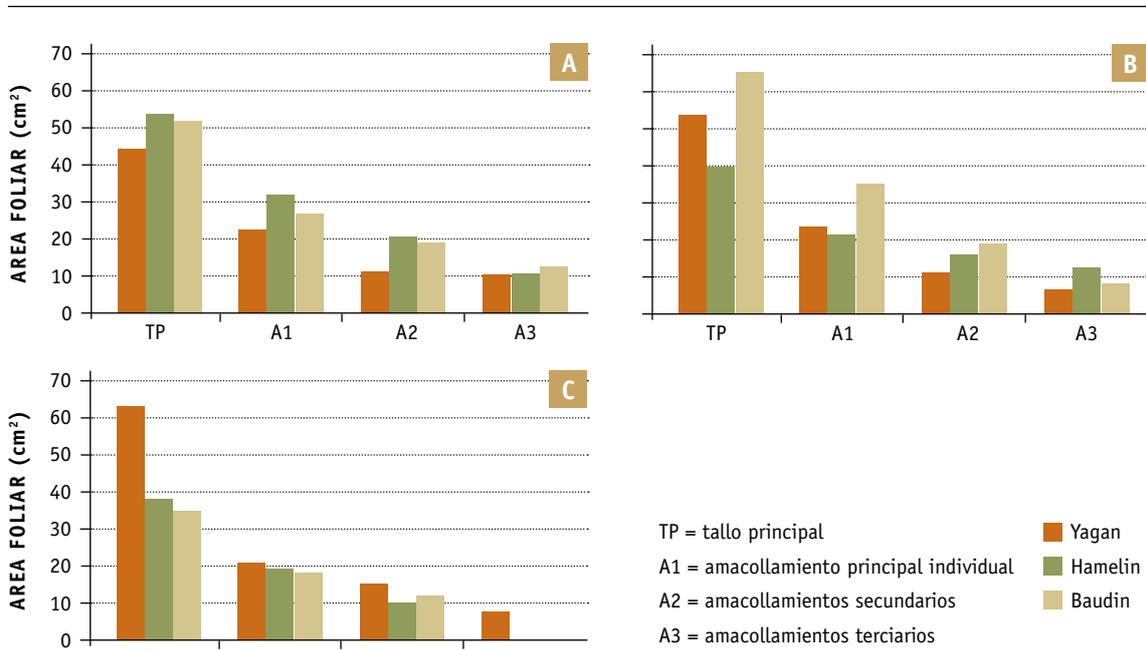
En todos los sistemas los recursos son finitos, por lo que el principio del diseño del cultivo y del sistema es capturar los recursos cuando están disponibles para reducir al mínimo las pérdidas y conservar la capacidad para la función continua del sistema. Ello requiere un conocimiento de la dinámica del sistema, y la adaptación de la demanda a la oferta. Por consiguiente, una cuestión fundamental es la competencia por los recursos y su expresión fenotípica adecuada. Esto se considera primero para una población compuesta exclusivamente de una especie (por ejemplo, monocultivo de trigo o cebada), luego se puede adaptar el modelo de competencia a sistemas más complejos.

Es importante reconocer que diferentes condiciones de crecimiento se presentan temprano en un programa de fitogenética, donde el espaciado de las plantas se lleva a cabo cuidadosamente para permitir la expresión plena de los rasgos. En comparación, en las condiciones efectivas de una población compuesta exclusivamente de una especie, la competencia y la interacción de las plantas son factores importantes para el éxito de la planta. En efecto, un tipo de planta diferente tiene más éxito en viveros espaciados en relación con céspedes maduros. Esto se puede observar en la Figura 1, donde tres líneas diferentes de cebada se cultivan en macetas como plantas únicas, o rodeadas de dos o cuatro vecinos cercanos (es decir, una, tres o cinco plantas por maceta) (O'Callaghan, 2006). Como planta única espaciada, el cultivar Hamelin puede amacollar mejor, pero cuando está rodeado de cuatro vecinos, el cultivar Yagan es mejor (Figura 1). Con el tiempo estas diferencias se vuelven más pronunciadas (Figura 2), lo que demuestra comportamientos, adaptaciones y capacidades competitivas diversas.

En poblaciones compuestas de una especie, se intenta reducir al mínimo la competencia entre plantas, para que estas puedan prosperar con sus vecinas (Donald, 1951). Aunque los cultivares de amacollamiento más restringido se pueden preferir en esta situación, un cultivar de amacollamiento libre puede ser mejor con presencia de malas hierbas (Donald, 1968). Esto se puede observar bien en el arroz con el cultivar Mahsuri de Malasia, que es altamente competitivo debido a su amplia superficie foliar proyectada, incluida una hoja apical más grande

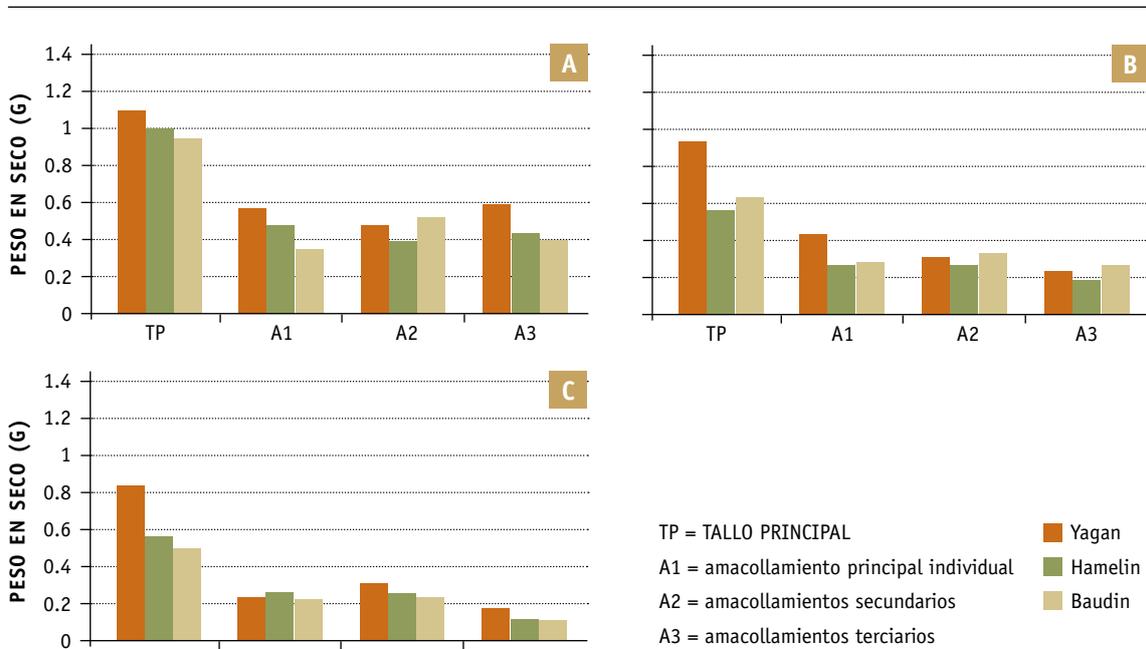


Figura 1. Tamaño de la superficie foliar al cabo de 39 días para las cebadas Yagan, Hamelin y Baudin cultivadas en un ambiente controlado con (A) una, (B) tres y (C) cinco plantas por maceta



Fuente: Adaptado de O'Callaghan, 2006

Figura 2. Peso en seco del amacollamiento al cabo de 62 días para las cebadas Yagan, Hamelin y Baudin cultivadas en un ambiente controlado con (A) una, (B) tres y (C) cinco plantas por maceta



Fuente: Adaptado de O'Callaghan, 2006



de lo normal. Por consiguiente, en los programas de fitomejoramiento se deben tener en cuenta las condiciones en las cuales se prevé que crezca un cultivo, por ejemplo si es para crecer en un sistema de monocultivo o en uno de policultivo.

Al considerar la mejora de los cultivos individuales, es importante distinguir entre el nivel de inversión probable para un cultivo importante, y cómo sería posible introducir mejoras en un cultivo o una especie nuevos. Para un cultivo nuevo, el principio fundamental es acortar el proceso de inversión no llevando a cabo un programa amplio y formal de fitomejoramiento. La inversión inicial debería destinarse a reunir un conjunto diverso de líneas para la evaluación, y buscar líneas que puedan rendir mejor en las condiciones del ensayo. Como ejemplo se puede citar el del arroz en Camboya, cuyo germoplasma se perdió durante el régimen de los Jemereros Rojos. A partir de la colección mundial, las líneas camboyanas se reintrodujeron, se evaluaron sobre el terreno, y se seleccionó o distribuyó la línea reintroducida o un aberrante (mezcla o mutante).

Este enfoque hizo posible aumentos rápidos, antes de la elaboración posterior de un programa de fitomejoramiento completo, incluidos los cruzamientos. Este tipo de enfoque se puede utilizar para nuevos cultivos potencialmente prometedores, como el tef, la *Setaria*, otras gramíneas de corta duración, los girasoles silvestres, el *Lepidium campestre* como semilla oleaginosa, el bambatse como leguminosa y muchos arbustos y especies arbóreas.

Estos principios de diseño arquitectónico de los monocultivos se pueden adaptar a sistemas más complejos, como los cultivos secuenciales, los cultivos intercalados y las mezclas, incluidos los pastos y los cultivos de doble aptitud para el pastoreo del ganado. Al hacerlo, las especies componentes pueden obtenerse de especies anuales o perennes. Recientemente, se han destinado esfuerzos a desarrollar una serie de cultivos perennes, que debería de ofrecer nuevas alternativas deseables de sistemas (Wade, 2014), inclusive compatibilidad de mezclas, oportunidades de granos y pastos, y sostenibilidad de los sistemas. En la siguiente sección se examinarán conceptos de diseño arquitectónico utilizando una variedad de ejemplos tomados de Batello *et al.* (2014), las *Actas del Taller de Expertos de la FAO sobre Cultivo Perennes para la Seguridad Alimentaria*. Luego, se analizarán las consecuencias para los objetivos de fitomejoramiento, los procedimientos de selección y la demostración de los conceptos.

PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS PARA SISTEMAS MIXTOS

La ventaja de una mezcla es que las especies que la componen pueden actuar en diferentes momentos o en diferentes zonas para mejorar la eficacia de la captura de los recursos y, por tanto, reducir las pérdidas. Además, se pueden escoger especies acompañantes con atributos especiales para contribuir a la captura efectiva de los recursos y garantizar la entrega de productos adecuados a los agricultores, animales de pastoreo y consumidores. Por ejemplo, en suelos con reducida disponibilidad de fósforo, se pueden escoger especies cuyas raíces rezuman ácido orgánicos para movilizar el fósforo. Los beneficios del nitrógeno se pueden incrementar a partir del uso de leguminosas para la fijación simbiótica del nitrógeno, u otras especies con asociaciones radiculares adecuadas, compatibles con el aumento de la fijación no simbiótica del nitrógeno. Plantas como las gramíneas con sistemas radiculares profundos y extensos pueden extinguir el nitrato disponible, especialmente el nitrato lixiviado a las capas más profundas del



suelo. Las asociaciones de micorrizas, o las combinaciones de especies que crecen en diferentes estaciones, también pueden ayudar a la adquisición de nutrientes. Una cuestión que ha de tenerse en cuenta es la deseabilidad de seleccionar ventajas mutuas que favorezcan el comensalismo en lugar de la competición. Como se indicó brevemente poco antes, este comensalismo puede aumentar mediante plantas asociadas que obtengan recursos en diferentes zonas y en diferentes períodos. Alternativamente, pueden obtenerse beneficios bióticos mediante la eliminación de plagas o el estímulo de sus parásitos y patógenos. Aquí se hace hincapié en la selección de plantas compatibles para las mezclas y sus beneficios sistémicos asociados. Antes de hacerlo, vale la pena buscar ejemplos de estas relaciones en sistemas diferentes.

Estudios de caso de tipos de sistemas mixtos

Los sistemas naturales inalterados ofrecen el punto de referencia para la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas, en los que se mantienen la cubierta continua. En los sistemas que han sufrido alteraciones, este escenario se parece más estrechamente a los sistemas de pastos permanentes. Por lo general, estos sistemas carecen de una estructura formal de población, con combinaciones aleatorias de especies perennes y anuales crecidas en pastos mixtos, cuya composición varía con la disponibilidad de recursos y la intensidad de pastoreo, determinadas por la gestión. Los pastos de gramíneas-leguminosas suelen utilizarse para combinar los beneficios de fijación del nitrógeno de las leguminosas con los atributos de sensibilidad al nitrógeno de las gramíneas, de suerte que el animal de pastoreo pueda tener acceso a una biomasa mejorada con un mayor valor nutritivo general (por ejemplo, *Phalaris aquatica*-*Trifolium* spp.; véase la Figura 3A). Las plantas del pasto se pueden seleccionar teniendo en cuenta determinados atributos deseables, como la resistencia a los trips en el caso de *Trifolium glanduliferum*, que se puede observar en la Figura 3B (Hayes *et al.*, 2014). Estos sistemas de pastos proporcionan una cubierta vegetal y una referencia para el ciclo de nutrientes para otros sistemas que han sufrido alteraciones.

Figura 3. **Pastos perennes mixtos gramínea-leguminosas**



(A) Pastizal forrajero mixto compuesto de una hierba perenne (*Phalaris aquatica*) y especies de leguminas forrajeras autoregeneradoras de semillas duras (*Trifolium subterraneum*, *T. michelianum*, *T. glanduliferum*)

(B) El *Trifolium glanduliferum*, una leguminosa forrajera anual autoregeneradora vendida comercialmente en Australia por sus mayor resistencia a los insectos nocivos

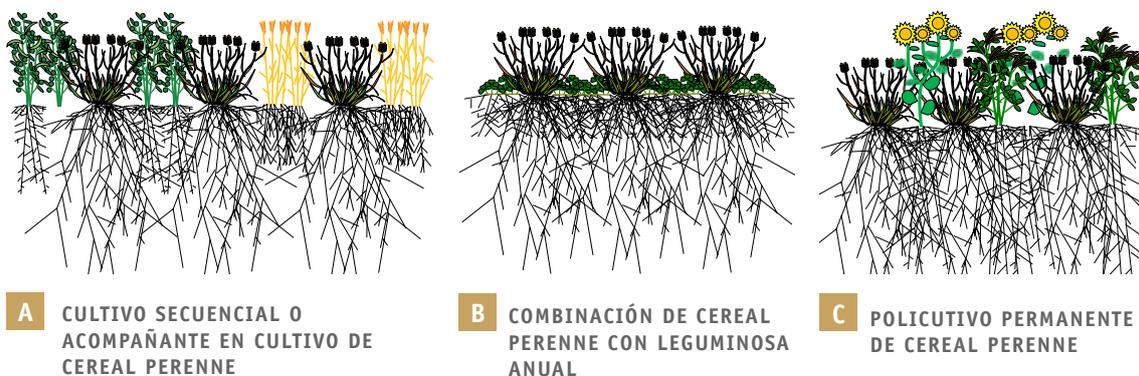
Fuente: Hayes *et al.*, 2014



Los sistemas basados en cultivos suelen involucrar poblaciones estructuradas. Aquí, por estructura se entiende una disposición formal y previsible. Por ejemplo, en una población estructurada, cada especie se siembra en hileras que facilitan la mecanización, a diferencia de la asignación aleatoria en el policultivo. La estructura supone la separación para facilitar la cosecha, pero las cuestiones críticas son la facilidad de la siembra mecánica, el cultivo entre líneas y la recolección.

El caso extremo de una población estructurada es el monocultivo de una única especie, con el cultivo sembrado formalmente en hileras, pero, de preferencia, al menos en rastrojo de la cubierta anterior. Este sistema simple puede transformarse fácilmente en otro más complejo mediante el cultivo intercalado o el cultivo secuencial con otras especies (Figura 4A), aunque manteniendo la estructura para facilidad del manejo (Bell, 2014). En el caso de que el cultivo anual se sustituyera con un cultivo perenne, como el trigo perenne, el sistema de cultivo inmediatamente presentaría una cubierta vegetal continua al menos parcial, que se puede mejorar aun más mediante la siembra conjunta de cultivos acompañantes o la siembra de cultivos secuenciales de otras especies como las leguminosas (Figura 4B). El concepto se puede incluso extender al policultivo permanente de cereales perennes (Figura 4C), aunque la falta de estructura hace que esta complejidad sea más adecuada para la agricultura a pequeña escala, donde la cosecha mecanizada no es un problema y el grano puede separarse más fácilmente para la comercialización.

Figura 4. **Representación de sistemas agrícolas alternativos con cereales perennes permanentes**



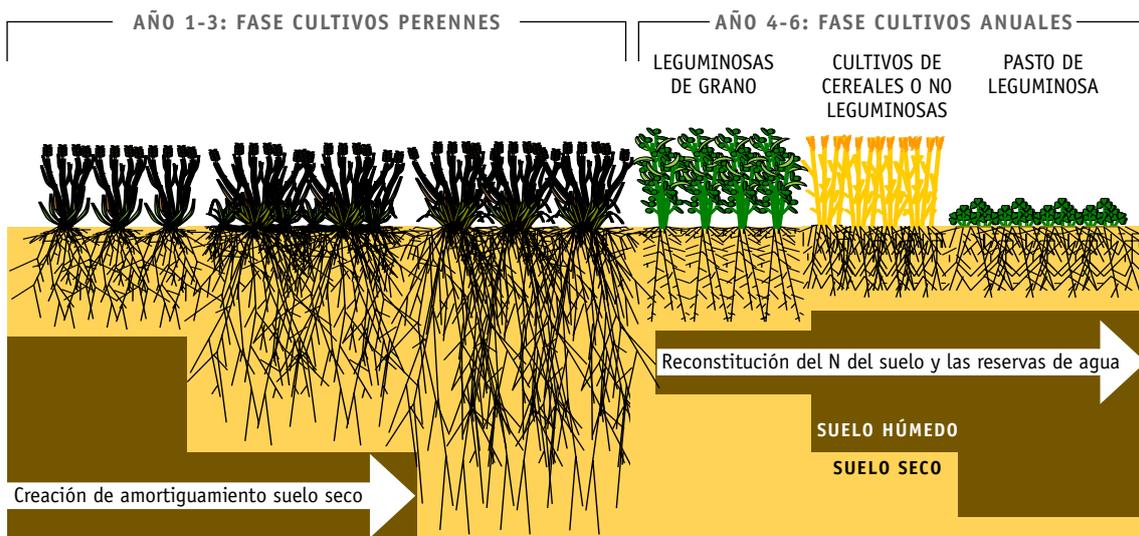
Fuente: Adaptado de Bell, 2014

En general, algunas estructuras pueden ser beneficiosas, en especial en lo que se refiere a asegurar combinaciones efectivas de productividad y sostenibilidad. En la Figura 5 se presenta un ejemplo de cultivo por fases en Australia meridional, en el que figura una representación esquemática de la disponibilidad de recursos asociada con la fase de rotación (Bell, 2014). En este ejemplo, en los años sucesivos el cereal perenne utiliza el agua y los nutrientes del suelo acumulados durante la fase anterior de pasto. Este ciclo se sustituye luego, inicialmente, por leguminosas de raíces poco profundas para restablecer la fertilidad del nitrógeno mientras las lluvias recargan el perfil. Cierta cantidad de agua penetra más allá de las raíces poco profundas de la leguminosa anual y crea reservas futuras. Después, las leguminosas perennes o pastos de



leguminosas restauran el balance de los nutrientes y del agua del suelo antes de que el ciclo se repita. La fase de cereales perennes es importante para capturar los recursos de agua de la profundidad del suelo, junto con el nitrato lixiviado, para evitar la pérdida de recursos pasada la zona de las raíces. Este es un ejemplo de cultivo estructurado de cierre del sistema para garantizar el balance en la dinámica de recursos y la sostenibilidad del sistema.

Figura 5. **Rotación por fases de cultivos perennes-cultivos anuales/pastos**



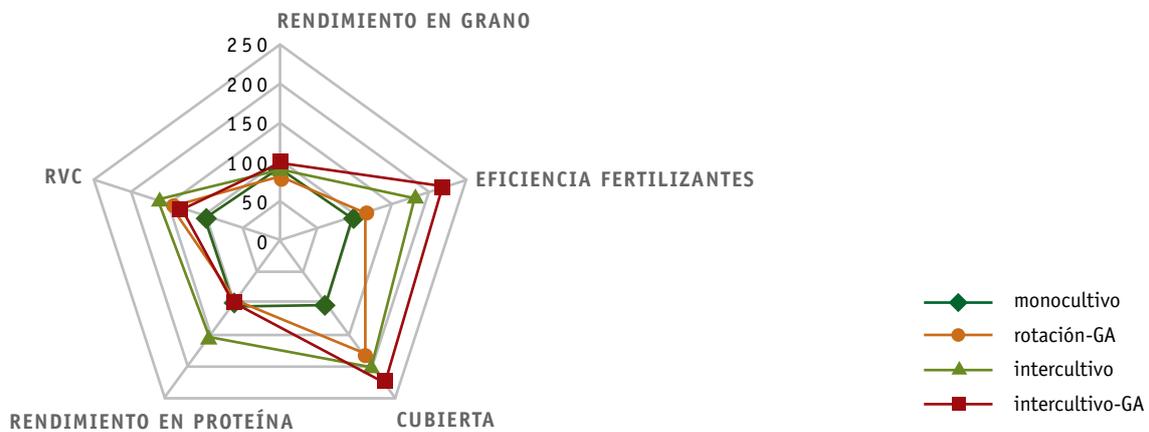
Fuente: Bell, 2014

Otro ejemplo de cultivo estructurado es un sistema adoptado en Malawi, en África meridional. El guandú semiperenne ofrece oportunidades de cultivos intercalados para los agricultores. Debido a la lentitud de su tasa de crecimiento durante el primer año, no compite de manera agresiva con las leguminosas de crecimiento más rápido como el cacahuete (Snapp, 2014). Como el guandú vuelve a crecer en la segunda campaña, puede competir con cultivos más agresivos como el maíz. Utilizando esta rotación, la fertilidad del suelo se mejora para el cultivo del maíz, mientras que la nutrición humana mejora gracias a la inclusión del cacahuete y el glandú. Igualmente importante, los cultivos intercalados y las rotaciones de guandú arbustivo reducen la necesidad de fertilizantes (Figura 6), mejoran la eficiencia en el uso de los fertilizantes, mejoran los rendimientos en proteína, aumentan la asimilación del carbono y el nitrógeno y la disponibilidad de fósforo, proporcionan mayor cubierta vegetal y aumentan la relación valor-costos (Snapp, 2014). Estas compensaciones ecológicas son importantes. Por ejemplo, agregando *Thlaspi arvense* como cubierta vegetal en una rotación de maíz-soja en tierras cultivadas en Minnesota (Figura 7), se redujo considerablemente la pérdida de sedimentos que van hacia el río Misuri y, en última instancia, hacia el Golfo de México (Runck *et al.*, 2014). La selección de plantas con rasgos deseables para estos sistemas tan complejos debería mejorar en mayor medida el desempeño y la sostenibilidad del sistema.

Los árboles también pueden contribuir de manera positiva a la complejidad y estabilidad del paisaje y del sistema de producción. La *Faidherbia albida* es un árbol forrajero leguminoso nativo de África que entra en estado latente en la estación húmeda, pero que es activo en la estación



Figura 6. Los intercultivos de guandú arbustivo (intercultivo-GA) y las rotaciones de guandú arbustivo (rotación-GA) mejoran la relación valor-costo (RVC), la eficiencia de los fertilizantes, los rendimientos en proteína y proporcionan una mayor cubierta con respecto al monocultivo del maíz



Fuente: Snapp. 2014

seca. El maíz como sotobosque se puede cultivar en la estación húmeda con los beneficios del nitrógeno proporcionado por la caídas de las hojas del árbol, tras lo cual el árbol produce reservas forrajeras de temporada seca para el ganado (Dixon y Garrity, 2014). Este sistema es compatible con otros cultivos o mezclas producidos bajo los árboles en la estación húmeda, y con suplementos ganaderos como el agua, la sal y la melaza/urea proporcionados durante la estación seca. La *Faidherbia* es nativa del África subsahariana y ahora se está promoviendo y adoptando de manera generalizada en África y en otras partes debidos a sus atributos deseados. Otro ejemplo es el sistema de cultivo de tres niveles con coco (alto), palma de aceite (medio) y cultivos anuales (bajos). Los cultivos perennes resilientes o tolerantes a la sequía protegen a los cultivos más sensibles del nivel inferior, un principio utilizado para sustentar la agricultura en los oasis, inclusive en regiones desérticas como Marruecos. En la medida en que los sistemas se vuelven más complejos, se acercan al policultivo perenne. El retorno a la mayor complejidad del sistema restablece los servicios ecosistémicos (Figura 8), semejante al sistema original (Reganold, 2014).

La agroforestería participativa puede romper el ciclo de degradación de la tierra y marginación social en la agricultura migratoria, utilizando barbechos de leguminosas durante dos años, la selección participativa y el valor añadido de los productos forestales (Leakey, 2014). Estos ejemplos demuestran los beneficios de la complejidad de los ecosistemas para el desempeño sostenido, mientras conservan la biodiversidad, garantizan el ciclo de los elementos nutritivos y mejoran los medios de vida y la nutrición de los agricultores y consumidores.

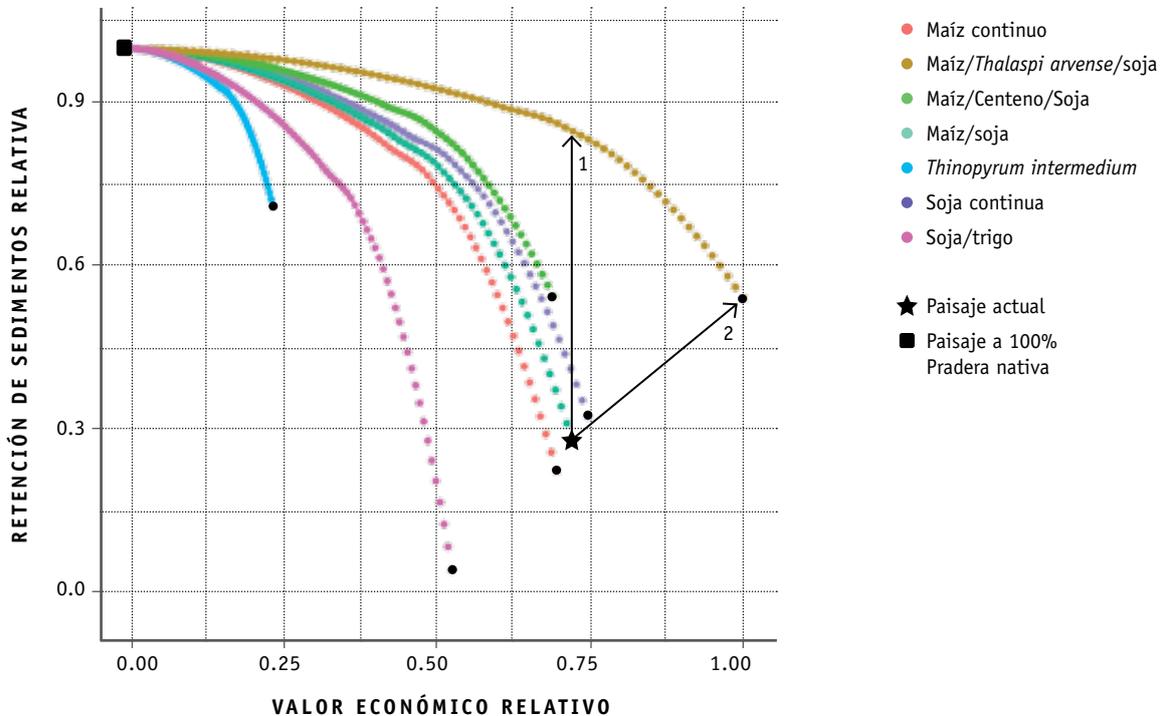
Problemas para la selección en sistemas mixtos

Cuando se selecciona en función del desempeño en los sistemas mixtos, siguen siendo válidos los mismos principios aplicados en los sistemas de monocultivo, y las mezclas pueden rendir más con respecto al monocultivo convencional. Es esencial evaluar el rendimiento de la mezcla en las



Figura 7. **Compensaciones ecológicas para siete diferentes rotaciones de cultivo en el distrito de Watonwan, Minnesota**

COMPENSACIÓN ECOLÓGICA DEL PASO DE UN ECOSISTEMA DE PRADERA A UN ECOSISTEMA AGRÍCOLA



Las curvas indican la compensación entre la pérdida de sedimentos relativa y el valor económico relativo de cada rotación. Los puntos negros al final de una curva representan la máxima pérdida posible, y la estrella representa la posición del paisaje actual. El cuadrado negro representa un paisaje que es una pradera nativa completa. La flecha negra 1 muestra el aumento del servicio de retención de sedimentos que puede lograrse sin perder ningún producto económico a nivel de país pasando a una rotación maíz/*Thalaspia arvense*/soja. La flecha negra 2 muestra el potencial aumento del servicio económico y ecosistémico que se podría lograr pasando del 100 por ciento de la tierra cultivada de la rotación existente al 100 por ciento de la rotación maíz/*Thalaspia arvense*/soja.

Fuente: Runck et al., 2014

Figura 8. **Servicios ecosistémicos en tres regímenes de uso de la tierra**



Fuente: Reganold et al., 2014



condiciones en que se prevé que crecerán. Por consiguiente, si el sistema es de secano en suelos de baja fertilidad con material cortado para heno o para pastar a comienzos del ciclo o después de la recolección, entonces la evaluación debe realizarse bajo las mismas condiciones. Es importante considerar el rendimiento del sistema en lugar del de los componentes individuales. En otras palabras, en un cultivo de trigo perenne de doble finalidad con leguminosas intercaladas para grano y para pastar, la medida del éxito será el rendimiento del ganado más que el rendimiento de grano de los dos cultivos. Además, las características para un rendimiento superior en mezclas difieren de las características de una población compuesta exclusivamente de una especie. Por consiguiente, los sistemas agroecológicos se prestan para la selección participativa *in situ*, por lo que existe la posibilidad de que los agricultores promuevan sus propias preferencias en la selección. Un requisito previo para esto sería que los pequeños agricultores tuvieran acceso a una amplia variedad de variación genética, a partir de la cual pudieran efectuar las selecciones. Esto parece ir en contra del paradigma predominante en materia de patentes y certificación de semillas en contraposición a la promoción de semillas conservadas por los agricultores. Es importante reconocer las restricciones al progreso de la selección (Wade *et al.*, 1999). Por ejemplo, para la estabilidad del rendimiento, las plantas y las mezclas se deberían seleccionar teniendo en cuenta su resiliencia en condiciones de sequía. En este caso, es indispensable efectuar las selecciones en presencia del estrés pertinente. Si las selecciones se hacen en todas las condiciones y no para las condiciones específicas, las sucesivas rondas de selección pueden dar lugar a una pérdida de adquisiciones genéticas. Existe un modelo más complejo, que supone la selección para un rendimiento potencial y un rendimiento bajo estrés, pero exige un programa más formal para garantizar la conservación de los materiales con ambos atributos deseados. Puede lograrse todavía con la selección participativa, pero probablemente requiera poblaciones más extensas, el mantenimiento de registros, y la selección basada en el rendimiento en las dos estaciones al mismo tiempo, no en una después de la otra. Los esfuerzos para lograrlo de manera adecuada deben ser gratificantes, pero se requiere más trabajo.

Las observaciones anteriores se deben aplicar cuando los materiales ya están razonablemente adaptados, por lo que se pueden lograr nuevas adquisiciones iterativas mediante la selección participativa *in situ*. Sin embargo, podrían surgir problemas, que requieran un programa de fitomejoramiento más formal o una mayor inversión en materia de investigación para tener éxito. Por ejemplo, la aparición de una serie de enfermedades, como la podredumbre de la raíz o de la copa, puede necesitar la atención de un especialista, incluso enfoques moleculares. Del mismo modo, para un progreso sostenido en la mejora de la calidad nutricional, puede ser esencial medir el contenido de micronutrientes o las concentraciones de productos químicos que inhiben la digestibilidad del forraje. Si la tolerancia al estrés abiótico no está presente en los materiales disponibles, puede que se necesite una preselección para incorporar plantas adecuadas para la evaluación en sistemas mixtos, a fin de conseguir las plantas que poseen la gama indispensable de tolerancias abióticas y bióticas que pueden rendir según se requiera.

Las especies que están preadaptadas para el pastoreo han evolucionado con su pasto. Las plantas desarrollan adaptaciones para permitir que puedan ser apacentadas, por ejemplo puntos vegetativos protegidos en la cubierta de copa en las gramíneas, mientras que las partes de la boca y la flora intestinal adaptadas de los animales son idóneas para hacer frente a varios elementos constituyentes de las plantas, así como la capacidad de forrajear, convertirse en fértil y tener



crías que sobreviven, incluso en condiciones difíciles. Por tanto, los principios de coevolución y selección conjunta también se aplican a los sistemas mixtos que incluyen el ganado. Es posible seleccionar plantas que tiene un rendimiento mejor en mezclas bajo pastoreo, y ganado que tienen un rendimiento mejor con los materiales disponibles. La coevolución en los sistemas naturales puede utilizarse como un modelo para la selección en los sistemas gestionados.

DEBATE

Al diseñar mezclas, es posible considerar la posibilidad de combinar cultivares de una especie así como mezclas de diferentes especies. Las mezclas de cultivares se han recomendado para la estabilidad del desempeño, en especial bajo la presión de enfermedades, y en particular para reducir la presión de la selección sobre el patógeno, de suerte que no se necesiten nuevas fuentes de resistencia de las plantas. En los sistemas de monocultivo, normalmente se escogen variedad de mezclas o multilíneas por coherencia fenotípica, de suerte que florezcan y maduren juntas para facilitar la cosecha. Sin embargo, cuando se aplican los nuevos principios agroecológicos del policultivo, se puede necesitar diferentes rasgos.

En casos extremos, los sistemas de policultivo pueden tener características no deseadas. La cosecha combinada de la mezcla y la venta como muesli puede ser atractiva, pero la variabilidad del contenido y el valor alimenticio pueden dificultar la comercialización. En general, los mercados exigen coherencia en los productos con un etiquetado adecuado. Habrá que construir mercados agroecológicos que respondan a la complejidad de diversos sistemas agrícolas y la valoricen.

Las plantas para una mezcla se pueden escoger simplemente probando parcelas de especies o cultivares en siembras combinadas y evaluarlas en los ambientes seleccionados, pero los beneficios adicionales pueden aumentar con una estrategia selectiva. Al considerar las características del ambiente seleccionado, el sistema de manejo por aplicar, y los productos deseados, las especies o cultivares se pueden seleccionar para la evaluación basándose en las características necesarias en relación con las limitaciones del sistema. Por ejemplo, si en los suelos seleccionados el fósforo tiene una presencia moderada, se debe considerar la posibilidad de incluir en la mezcla especies con mayor capacidad de movilizar el fósforo (por ejemplo, leguminosas cuyo sistema radicular libere ácidos orgánicos). Si el suelo es duro, escoger una especie que pueda penetrar la costra endurecida. Si el problema es la lixiviación, se necesita una cubierta vegetal permanente, por lo que es preferible incluir especies perennes. Para la podredumbre de las raíces y la copa, se necesitan rotar brassicas, como la mostaza o la nabina para producir glucosilinas. Para la polinización eficaz de especies sensibles, hay que incluir plantas con nectarios para atraer a las abejas, e igualmente, especies acompañantes para el manejo integrado de plagas. Las plantas con asociaciones micorrizas pueden contribuir en mayor medida a la captura de recursos.

La manipulación adecuada de las mezclas es importante para aumentar la captura de recursos estimulando la producción y asimilación de elementos limitadores, e incluyendo tipos de plantas compatibles para garantizar la actividad durante todo el período de crecimiento, de suerte que los recursos no se pierdan y contaminen el ambiente. Del mismo modo, las mezclas deben hacerse a medida para garantizar la entrega de productos con las calidades nutricionales y de otro tipo



deseadas para los seres humanos y el ganado, según sea necesario. Al escoger las plantas para las mezclas, el rendimiento en poblaciones compuestas de una sola especie da algunas indicaciones de referencia de la capacidad de rendimiento, en particular en lo que se refiere a la estabilidad fenotípica, resistencia a las enfermedades y valor nutricional. Al considerar los rasgos deseables necesarios en el ambiente seleccionado y el sistema de manejo, se pueden incluir plantas adecuadas y evaluarlas para el rendimiento en mezclas en aquellas situaciones, y se pueden identificar los mejores elementos de rendimientos sistémicos (no individuales).

Aunque es deseable realizar ajustes locales para situaciones particulares o para las preferencias de los agricultores o consumidores, también debería ser posible identificar mayores necesidades asociadas con los sistemas, regiones o grupos de suelos principales seleccionados, para que se sepa ya que los materiales pasados para la evaluación local son prometedores en las condiciones previstas. Luego, la selección participativa en la granja o la aldea puede proporcionar el mejor resultado local buscado, incluyendo cuestiones de sensibilidad cultural, justicia social y viabilidad económica dentro del sistema local.

Para que la selección participativa sea eficiente, se debe disponer de una diversidad suficiente para permitir el avance de la selección en condiciones que son coherentes con la expresión de los rasgos deseables. Este proceso debe examinarse rigurosamente mediante el seguimiento de los progresos en la selección del agricultor, la cuantificación del avance genético y en la determinación y seguimiento de los genes responsables y si están expresados universalmente o bajo condiciones particulares. Este conocimiento debe ayudar el avance genético sostenido en la selección participativa.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se ha descrito brevemente el modo en que se puede conseguir las mejoras genéticas en sistemas agrícolas mixtos, en los cuales se incluye la combinación de especies para la estabilidad agroecológica. Los principios de mejoramiento de los cultivos se utilizan como base para determinar el modo en que se pueden realizar progresos en las mezclas. La selección se debe llevar a cabo estrictamente bajo las condiciones representativas del ambiente seleccionado. Las plantas para la evaluación se pueden considerar según el modo en que los rasgos que poseen pueden ser ventajosos, y el éxito debe medirse para el sistema y no para los elementos individuales. La selección participativa puede contribuir a garantizar que las adaptaciones locales satisfagan las preferencias de los agricultores y consumidores. Al mismo tiempo, los problemas más complejos requerirán un programa de mejoramiento más formal para asegurar que las plantas idóneas para la evaluación agroecológica en mezclas estén disponibles. Por último, lo que importa aquí es el rendimiento *in situ* de las mezclas.

AGRADECIMIENTOS

Los debates sostenidos con los colegas durante muchos años han contribuido a las ideas propuestas.



REFERENCIAS

- Allard, R.W.** 1960. *Principles of Plant Breeding*. New York, USA, John Wiley and Sons. 485 pp.
- Batello, C., Wade, L.J., Cox, T.S., Pogna, N., Bozzini, A. & Choptiany, J.** 2014. *Perennial Crops for Food Security: Proceedings of the FAO Expert Workshop*. Roma. 390 pp.
- Bell, L.W.** 2014. Economics and systems applications for perennial grain crops in dryland farming systems in Australia. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 169-186. Roma.
- Cooper, M. & Hammer, G.L.** 1996. *Plant Adaptation and Crop Improvement*. Wallingford, UK, CAB International. 636 pp.
- Dixon, J. & Garrity, D.** 2014. Perennial crops and trees: targeting the opportunities within a farming systems context. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 307-323. Roma.
- Donald, C.M.** 1951. Competition among annual crop and pasture plants. I. Inter-specific competition among annual pasture species. *Aust. J. Agric. Res.*, 2: 355-378.
- Donald, C.M.** 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17: 385-403.
- Hayes, R.C., Newell, M.T. & Norton, M.R.** 2014. Agronomic management of perennial wheat derivatives: using case studies from Australia to identify challenges. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, Eds. *Perennial Crops For Food Security: Proc. Of The FAO Expert Workshop*, pp. 339-361. Roma.
- Leakey, R.R.B.** 2014. Twelve principles for better food and more food from mature perennial agroecosystems. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 282-306. Roma.
- Muchow, R.C. & Bellamy, J.A.** 1991. *Climatic Risk in Crop Production*. Wallingford, UK, CAB International. 548 pp.
- O'callaghan, C.J.** 2006. *Wider rows alter early vigour in response to closer intra-row spacing in barley*. Nedlands, Australia, School of Plant Biology, the University of Eastern Australia. (honours thesis)
- Reganold, J.P.** 2014. Perennial grain systems: a sustainable response to future food security challenges. In c. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 256-265. Roma.
- Runck, B., Kantar, M., Eckberg, J., Barnes, R., Betts, K., Lehman, C., Dehaan, L., Stupar, R., Jordan, N., Sheaffer, C., Porter, P. & Wyse, D.** 2014. Development of continuous living cover breeding programmes to enhance agriculture's contribution to ecosystem services. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 229-251. Roma.
- Snapp, S.** 2014. Agriculture redesign through perennial grains: case studies. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 148-155. Roma.
- Wade, L.J.** 2014. Perennial crops: needs, perceptions, essentials. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security: Proc. of the FAO Expert Workshop*, pp. 6-15. Roma.
- Wade, L.J., McLaren, C.G., Quintana, L., Harnpichitvitaya, D., Rajatasereekul, S., Sarawgi, A.K., Kumar, A., Ahmed, H.U., Sarwoto, Singh, A.K., Rodriguez, R., Siopongco, J. & Sarkarung, S.** 1999. Genotype by environment interaction across diverse rainfed lowland rice environments. *Field Crops Research*, 64: 35-50
- Wade, L.J., McLaren, C.G., Samson, B.K., Regmi, K.R. & Sarkarung, S.** 1996. The importance of environment characterisation for understanding genotype by environment interactions. In M. Cooper & G.L. Hammer, eds. *Plant Adaptation and Crop Improvement*, pp. 549-562. Wallingford, UK, CAB International



06

LA SALUD DEL SUELO Y LA SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA: EL PAPEL DE LA BIOTA DEL SUELO

Edmundo Barrios¹, Keith Shepherd, Fergus Sinclair

Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF), Nairobi, Kenia

¹ Autor para correspondencia

Teléfono+254 20 7224193; correo electrónico: e.barrios@cgiar.org



© FAO/Olivier Asselin

Resumen

La salud del suelo es una medida del estado del capital natural que refleja la capacidad del suelo, en relación con su potencial, de responder a la gestión de la agricultura manteniendo la producción agrícola y la aportación de otros

servicios ecosistémicos. La agricultura, que consume más recursos naturales que cualquier otra actividad humana, domina las interacciones entre seres humanos y medio ambiente. Este hecho ha suscitado preocupaciones por las trayectorias de



gestión de los recursos naturales en relación con los límites planetarios y los puntos de inflexión de la degradación de la tierra. La adaptación de los conceptos y principios ecológicos al diseño y gestión de los agroecosistemas, a través de la agroecología, es una estrategia fundamental que puede contribuir a disipar estas preocupaciones relativas a la sostenibilidad. El recurso suelo es muy importante para la agricultura, y la agricultura sostenible depende por su propia naturaleza de la salud del suelo. El suelo es el centro de regulación de muchos procesos ecosistémicos, y la biota edáfica cumple una función clave en una amplia variedad de servicios ecosistémicos en los que se basa la sostenibilidad de los agroecosistemas. Reconociendo la gran diversidad biológica de los suelos y la complejidad de las interacciones ecológicas, el presente capítulo se centra en la gestión de la biota edáfica, que está estrechamente ligada a las funciones que sustentan los servicios ecosistémicos basados en el suelo. Se examinan e ilustran, utilizando la agroforestería como estudio de caso,

los rasgos deseados de los agroecosistemas que promueven la actividad biológica del suelo, promotora, a su vez, del funcionamiento del ecosistema. Los agricultores son el grupo más grande de gestores de los recursos naturales del planeta y tienen un papel muy importante que desempeñar en la transición agroecológica hacia la gestión sostenible de la tierra. Los agricultores y otros actores responsables de la tierra deben participar activamente en la conservación y mejora de la salud de los suelos y de los servicios ecosistémicos basados en el suelo. La elaboración participativa de indicadores y de sistemas de seguimiento de la salud del suelo, que integren los conocimientos científicos y locales, se propone como un componente clave de un nuevo enfoque, que ayuda a los agricultores a adaptarse a la intensificación agrícola y a los cambios conexos en materia de utilización de la tierra y el medio ambiente. Estos cambios harán que la investigación sobre la salud de los suelos apoye de manera más proactiva el fomento de la gestión sostenible de la tierra.

INTRODUCCIÓN

Preocupa cada vez más el creciente impacto de las actividades humanas sobre el clima y otros aspectos del medio ambiente mundial, y el modo en que estos cambios afectarán a los medios de vida de millones de personas. El cambio mundial está amenazando cada vez más a los servicios básicos aportados por los ecosistemas naturales y los ecosistemas bajo ordenación, como los alimentos, el agua, el aire puro y un ambiente favorable a la salud humana (MEA, 2005). Las investigaciones realizadas en los últimos diez años han confirmado la existencia de puntos de inflexión más allá de los cuales la aportación de servicios ecosistémicos se perderá irremediablemente, y se han hecho esfuerzos por definir cuantitativamente los 'límites planetarios' superado los cuales se manifestarán estos puntos de inflexión (Rockström *et al.*,

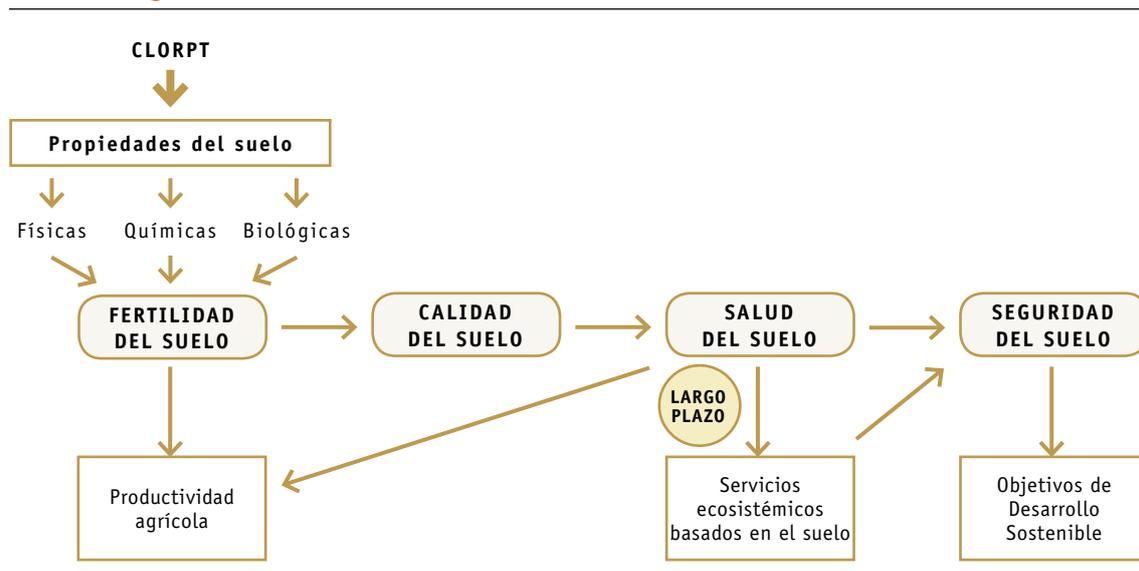


2009). El establecimiento de la plataforma mundial *Future Earth* (www.futureearth.org) responde al creciente consenso sobre la necesidad urgente de contar con un marco para la gestión ambiental mundial, a fin de formular estrategias sostenibles para el planeta en el contexto del cambio mundial. Un primer paso hacia dicha estrategia es reunir una base de conocimientos que pueda contribuir a su formulación.

La agricultura representa la forma predominante de interacción entre el ser humano y el medio ambiente al utilizar más personas y consumir más recursos naturales que cualquier otra actividad humana (FAO, 2007). Las tierras de cultivo y los pastos ya ocupan alrededor del 35 por ciento de la superficie terrestre libre de hielo, sin contar los bosques bajo ordenación y en explotación (Foley *et al.*, 2005). A la intensificación de la agricultura, especialmente durante los últimos 50 años, se deben los progresos realizados en materia de bienestar humano y desarrollo económico, aunque a menudo a costa de la degradación de los recursos naturales (MEA, 2005). La adaptación de los conceptos y principios ecológicos al diseño y gestión de los agroecosistemas a través de la ciencia aplicada de la agroecología se ha convertido en una estrategia fundamental para abordar estas preocupaciones relativas a la sostenibilidad (Altieri, 1987; Altieri y Nicholls, 2005).

El recurso suelo es muy importante para la agricultura y, por esto, la agricultura sostenible depende por su propia naturaleza de la salud de los suelos. El suelo es el centro regulador crítico y dinámico de la mayoría de los procesos ecosistémicos, tanto en los ecosistemas naturales como en aquellos bajo ordenación (Barrios, 2007), y es la reserva principal de nutrientes y carbono para el mantenimiento de la productividad agrícola. Por consiguiente, el suelo es un componente fundamental del capital natural. La fertilidad del suelo, la calidad del suelo y la salud del suelo son términos que se han utilizado a menudo indistintamente en la literatura. Si bien se refieren a conceptos similares, se ubican a lo largo de una trayectoria de enfoques conceptuales en evolución en la edafología (Figura 1).

Figura 1. **Enlaces conceptuales entre fertilidad del suelo, calidad del suelo, salud del suelo y seguridad del suelo**





A finales de los años ochenta y comienzos de los noventa, los edafólogos estaban preocupados de que se habían elaborado conceptos, indicadores y umbrales de calidad para el aire y el agua, pero no para el suelo. Los esfuerzos desplegados por John Doran y otros colegas por recuperar este retraso culminaron en una definición del concepto de calidad del suelo. Este nuevo paradigma sobre la calidad del suelo subrayaba la importancia de considerar al suelo como un sistema vivo, con una amplia función que abarcaba no sólo la productividad biológica, sino también la calidad ambiental (por ejemplo, repercusiones en la calidad del aire y el agua) y los efectos en la salud vegetal y animal (Doran y Parkin, 1994).

Ahora, ha surgido un tercer paradigma sobre la 'salud del suelo' junto con el concepto de seguridad del suelo, que es un concepto general inspirado por el desarrollo sostenible. La salud del suelo se refiere al componente biológico de la fertilidad del suelo y de la calidad del suelo y a sus contribuciones a largo plazo a la sostenibilidad de la agricultura (Doran y Zeiss, 2000). Los planteamientos más recientes adoptan un enfoque integrado que reconoce la existencia de sinergias entre los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo. Subrayan que una característica fundamental de la biota del suelo es que se adapta al cambio ambiental mediante la selección natural, mientras que los competentes físicos y químicos típicos no, y que, por tanto, desempeña un papel muy importante en la productividad sostenible y la prestación de otros servicios ecosistémicos. Por consiguiente, consideramos que:

Un suelo agrícola sano es aquel que puede sostener la producción de alimentos y fibras hasta un nivel y con una calidad suficientes para satisfacer las necesidades humanas, junto con la aportación continua de otros servicios ecosistémicos que son esenciales para el mantenimiento de la calidad de vida de los seres humanos y la conservación de la biodiversidad (Kibblewhite et al., 2008).

El mantenimiento de las reservas de nutrientes y carbono, por ejemplo, mediante la devolución en cantidades suficientes de insumos orgánicos de calidad, es esencial para la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas de producción. Sin embargo, las existencias de suelo están relacionadas con las funciones ecosistémicas por medio de la biota del suelo, que ha recibido menos atención que el mantenimiento de las existencias mismas. Por otro lado, el concepto de seguridad del suelo es amplio, multidimensional y más integrador que los de calidad del suelo o salud del suelo y equivalente por su propia naturaleza a los conceptos de seguridad alimentaria, seguridad hídrica y seguridad energética (McBratney *et al.*, 2014). Tiene que ver con las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad ambiental global, como el mantenimiento y mejora de los recursos de suelos mundiales para producir alimentos, fibras y agua dulce, contribuir a la sostenibilidad energética y climática, y mantener la biodiversidad y la protección general del ecosistema (Koch *et al.*, 2013).

En el presente capítulo, comenzaremos identificando las funciones fundamentales del ecosistema impulsado por la biota edáfica que sustentan la prestación de servicios ecosistémicos basados en el suelo; luego, examinaremos las relaciones existentes entre gestión agroecológica, conocimiento local y salud del suelo, antes de concluir con una serie de retos y oportunidades futuros.



BIOTA EDÁFICA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS BASADOS EN EL SUELO

El suelo, uno de los hábitats más diversos de la Tierra, alberga una enorme biodiversidad. Un gramo de suelo puede contener hasta mil millones de células bacterianas, decenas de miles de taxones, hasta 200 millones de hifas fúngicas, y una amplia variedad de ácaros, nematodos y artrópodos (Wagg *et al.*, 2014). En el Cuadro 1, se puede observar que, si bien se conoce el 90 por ciento de la biodiversidad vegetal, se sabe mucho menos de la biodiversidad subterránea: cuanto más pequeño son los organismos, menos sabemos de ellos. Esta enorme diversidad ha sido ignorada en gran parte debido a la naturaleza opaca del suelo y a las dificultades metodológicas relacionadas con el estudio de la mayor parte de la biota edáfica (Wall *et al.*, 2010). Los progresos en genómica están brindando nuevas oportunidades para examinar el dominio previamente oculto de la biodiversidad del suelo (Wu *et al.*, 2011; Fierer *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Número estimado de plantas y organismos del suelo organizados por tamaño

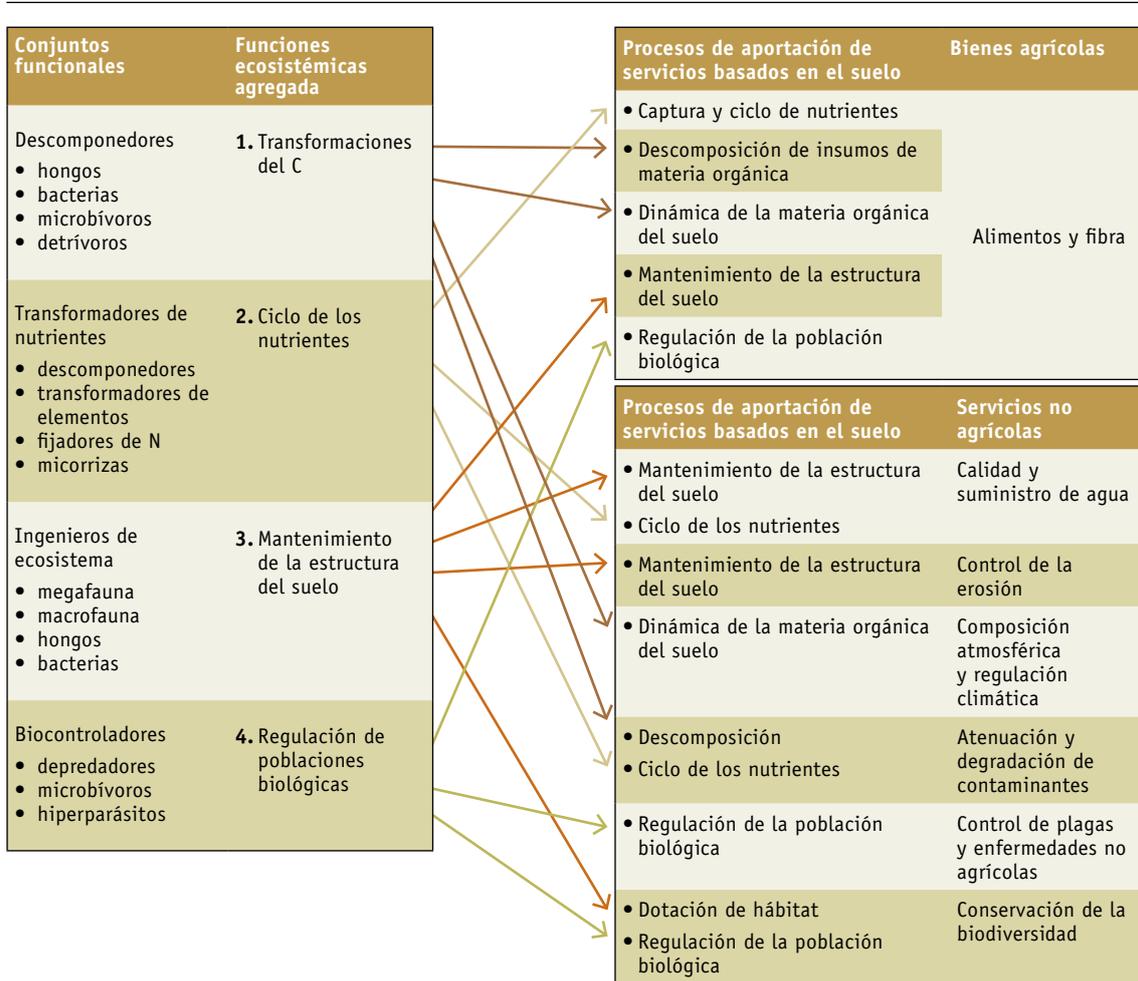
TAMAÑO	GRUPO	ESPECIES CONOCIDAS	TOTAL ESPECIES ESTIMADAS	% CONOCIDO
	Plantas vasculares	270 000	300 000	90
	Macrofauna			
	Hormigas	8 800	15 000	58.7
	Termitas	1 600	3 000	53.3
	Lombrices	3 600	7 000	51.4
	Mesofauna			
	Ácaros	20 000 - 30 000	900 000	2.2 -3.3
	Colémbolos	6 500	24 000	27.1
	Microfauna			
	Protozoos	1 500	200 000	7.5
	Nematodos	5 000	400 000	1.3
	Microflora			
	Bacterias	13 000	1 000 000	1
	Hongos	18 000 - 35 000	1 500 000	1 - 2

Fuente: Adaptado de Barrios, 2007; actualizado con datos de Bardgett y van der Putten, 2014

Actualmente, los grupos de biota del suelo se deben estudiar de manera selectiva porque no existe un método único para estudiar la biodiversidad del suelo y no es posible estudiar todos los grupos al mismo tiempo. La complejidad de las interacciones entre la biodiversidad del suelo y los atributos funcionales asociados con su fertilidad exige un enfoque específico orientado a conjuntos de organismos edáficos que cumplen funciones importantes (Giller *et al.*, 2005). Los esfuerzos desplegados en este sentido por Kibblewhite *et al.* (2008), demuestran que los



Figura 2. Marco conceptual de relaciones entre la biota del suelo, los procesos edafológicos mediados biológicamente y la aportación de bienes y servicios ecosistémicos basados en el suelo



Fuente: Adaptado de Kibblewhite *et al.*, 2008 en Barrios *et al.*, 20012b

organismos edáficos se pueden agrupar en cuatro conjuntos funcionales: i) descomponedores; ii) transformadores de nutrientes; iii) ingenieros de ecosistemas, y iv) biocontroladores, cada uno de ellos compuesto de varios grupos funcionales (Figura 2).

Estos conjuntos funcionales contribuyen a cuatro funciones ecosistémicas agregadas: transformaciones del carbono, ciclo de los nutrientes, mantenimiento de la estructura del suelo y regulación de las poblaciones, las cuales, a través de una variedad de procesos de aportación de servicios basados en el suelo, generan y mantienen la salud del suelo (Barrios *et al.*, 2012b)

Aunque durante mucho tiempo el aumento de la producción ha polarizado la atención, las preocupaciones relacionadas con la mejora de la sostenibilidad de la agricultura han desplazado gradualmente la atención hacia los servicios ecosistémicos, en especial hacia aquellos responsables del apoyo a la vida (es decir, transformaciones del carbono y ciclo de



los nutrientes) y la regulación de los procesos ecosistémicos (es decir, mantenimiento de la estructura del suelo y regulación de la población biológica) (Swift *et al.*, 2004; Barrios, 2007). En esta sección se ponen de relieve las interacciones planta-suelo de la biota en los agroecosistemas que contribuyen a la aportación de servicios ecosistémicos basados en el suelo que apoyan a la vida y la regulación de la misma.

Transformaciones del carbono

Las transformaciones del carbono son un componente fundamental del funcionamiento de los paisajes agrícolas (Banwart *et al.*, 2014). La descomposición de los materiales orgánicos en moléculas más simples es uno de los servicios ecosistémicos más importantes aportados por los organismos del suelo, pues representa el complemento catabólico de la fotosíntesis (Figura 3). La descomposición de los materiales orgánicos abarca diferentes etapas: i) fragmentación física, en la que la alimentación con detritos de los pequeños invertebrados genera fragmentos más pequeños, pero una mayor superficie que facilita la colonización por parte de los microbios; ii) la degradación química, que ocurre como consecuencia de la acción de los enzimas producidos principalmente por las bacterias y hongos, y iii) la lixiviación de los sustratos orgánicos, en los que los compuestos solubles orgánicos e inorgánicos lixivian de los detritos.

Figura 3. **La descomposición es fundamental para la función del suelo en los agroecosistemas, y la atención al manejo de la materia orgánica es un rasgo cada vez más dominante en la agricultura**



Ciclo de los elementos nutritivos

El ciclo de los elementos nutritivos es una función fundamental del ecosistema, imprescindible para la vida en la Tierra. Se conocen bastante bien los efectos beneficiosos de la biota edáfica en el rendimiento de los cultivos, como resultado del aumento de los nutrientes disponibles en las plantas. En particular, están bien documentadas la fijación biológica del nitrógeno por las



Figura 4. **La fijación biológica del nitrógeno es una contribución muy importante del ciclo de los nutrientes a los agroecosistemas**



bacterias del suelo, como las del género *Rhizobium* (Giller, 2001), y la mejora de la absorción de fósforo a través de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) (Smith y Read, 2008).

La descomposición y el ciclo de los nutrientes están íntimamente ligados. Las bacterias fijadoras de nitrógeno llevan el nitrógeno atmosférico a los tejidos vegetales de las leguminosas. Estas se benefician pero, al final, su tejido se descompone en el suelo y, como consecuencia de la actividad de varios organismos edáficos, el nitrógeno disponible en la planta se libera y es absorbido por otras plantas (Figura 4).

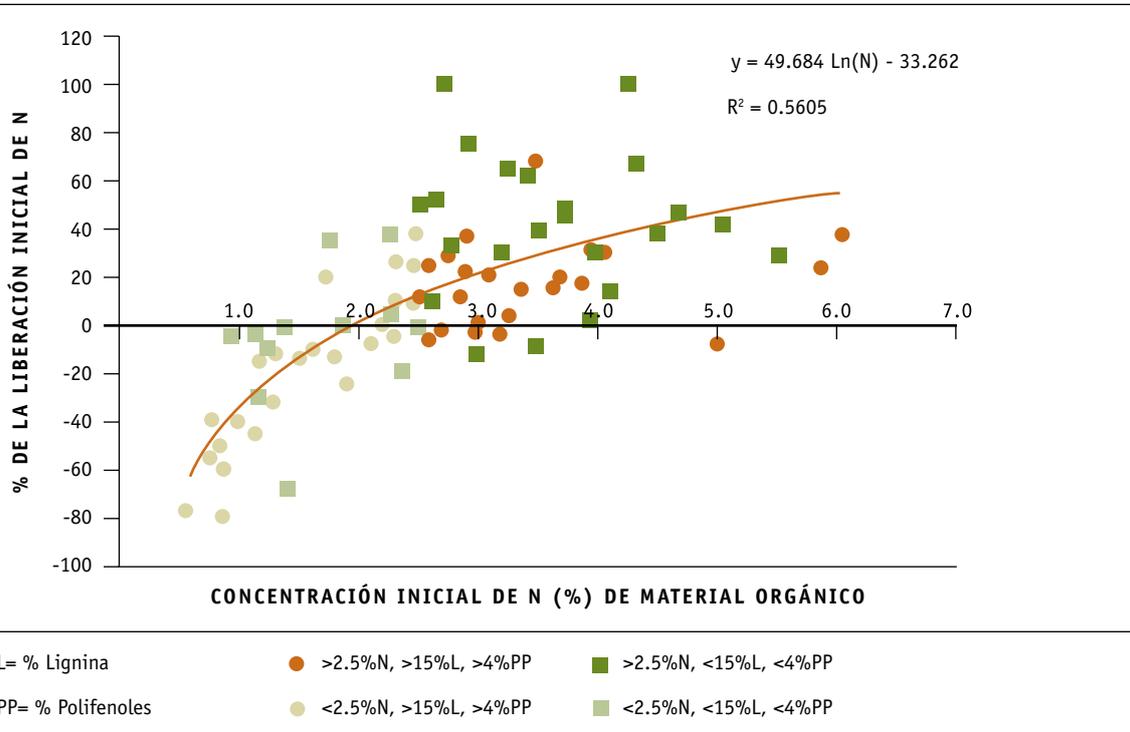
La calidad de los recursos orgánicos puede cumplir una función fundamental para gestionar de manera previsible las adiciones de materia orgánica en la agricultura (Cono *et al.*, 2002). Se elaboró una Base de Datos de Recursos Orgánicos (BRO) que demostró que diferentes materiales orgánicos tenían diferentes modos de descomposición y liberación de nutrientes, que podían predecirse por sus concentraciones iniciales de nitrógeno, lignina y polifenoles (Palm *et al.*, 2001).

Los estudios sobre incubación en el laboratorio se utilizan para determinar la capacidad intrínseca de los materiales orgánicos añadidos al suelo de liberar nutrientes en condiciones óptimas de humedad y temperatura, por lo que constituyen una medida del aporte potencial de nutrientes a los cultivos. En la Figura 5 se presentan los resultados de un experimento de incubación de materiales orgánicos de la BRO.

Los resultados demostraron que, aunque la concentración inicial de nitrógeno de material orgánico es en general el principal indicador de liberación de nitrógeno, las concentraciones de lignina y polifenoles como modificadores de dicha liberación contribuyen a ajustar mejor los datos. Palm *et al.* (2001) elaboraron una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo de la materia orgánica basada en la calidad del tejido vegetal (Figura 6), que luego fue validada utilizando ensayos funcionales y un amplio conjunto de materiales orgánicos (Vanlauwe *et al.*, 2005).

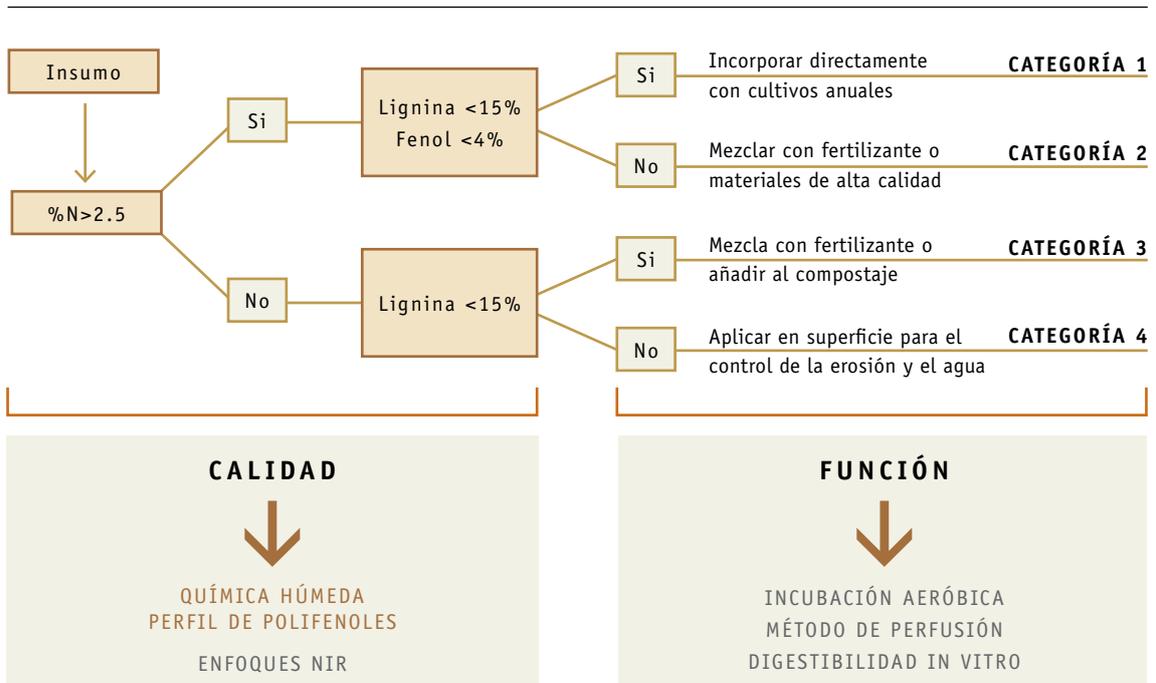


Figura 5. Nitrógeno liberado o inmovilizado a partir de materiales orgánicos modificado por altas concentraciones de lignina o polifenoles



Fuente: Adaptado de Palm et al., 2001

Figura 6. Opciones de gestión de los recursos orgánicos determinadas por los contenidos de N, lignina o polifenoles



Fuente: Adaptado de Palm et al., 2001 (izquierda) y Vanlauwe et al., 2005 (derecha)

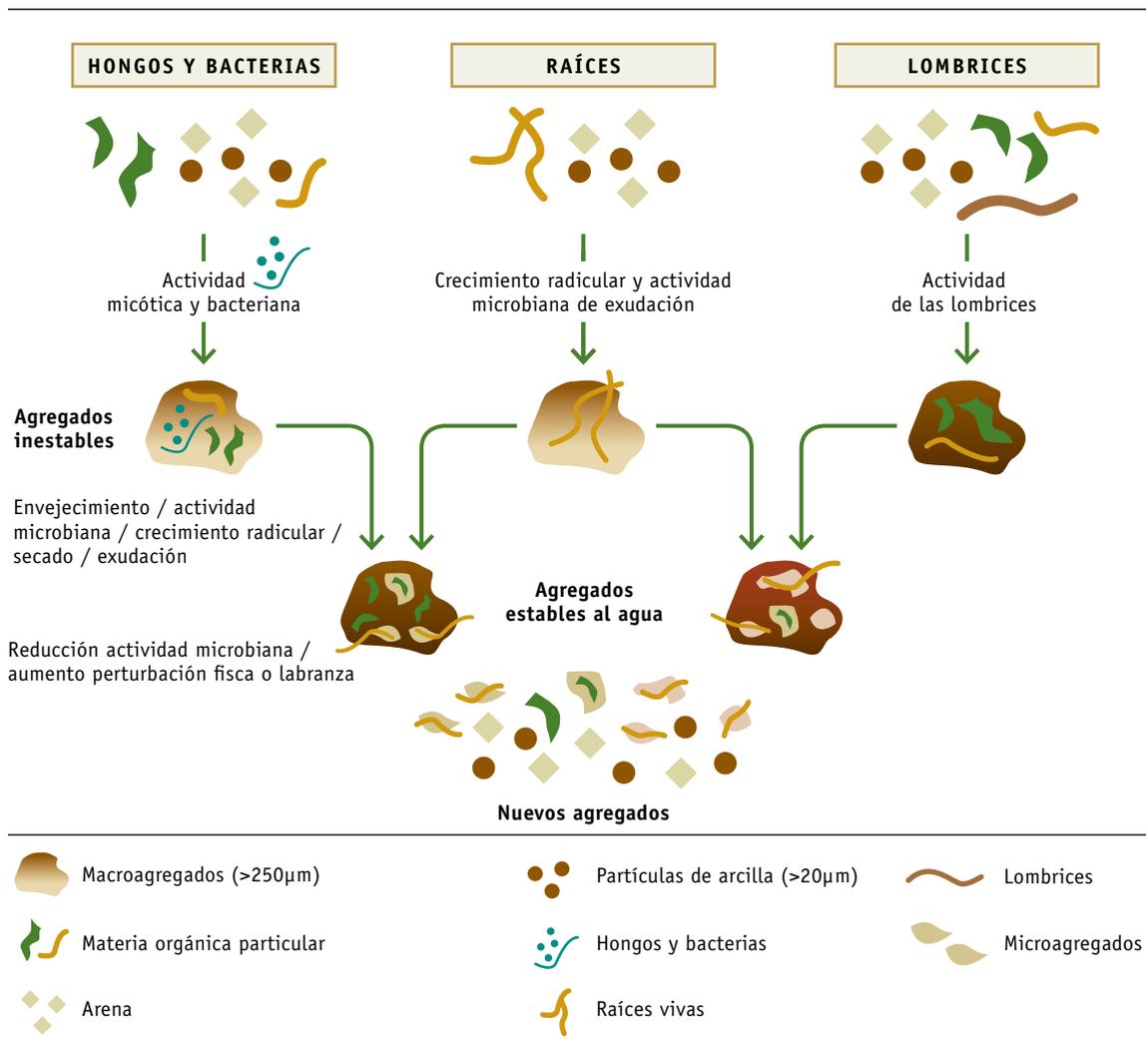


Este estudio constituye un ejemplo excelente del modo en que la investigación fundamental puede apoyar la toma de decisiones a nivel de la granja. Además, el estudio sobre las existencias de nutrientes disponibles en los materiales orgánicos proporcionados por la BRO, junto con el conocimiento del flujo de materiales orgánicos específicos, proporciona la información clave necesaria para orientar de manera más eficiente la gestión de los nutrientes en los paisajes agrícolas.

Mantenimiento de la estructura del suelo

La estructura del suelo es la disposición de las partículas de arena, limo y arcilla, y de la materia orgánica del suelo en agregados de diferentes tamaños, que se mantienen unidos por la acción de agentes orgánicos e inorgánicos. Los organismos del suelo desempeñan un papel fundamental en la formación de los agregados del suelo a diferentes escalas, desde las

Figura 7. **Mecanismos biológicos de la formación y renovación de los agregados del suelo**



Fuente: Adaptado de Six *et al.*, 2002 en Barrios, 2007



bacterias que producen agentes consolidadores entre las partículas de arcilla hasta la unión de agregados por la acción de las hifas fúngicas y las raíces finas, que contribuyen a la organización jerárquica de la estructura del suelo. El modelo de la dinámica de los agregados pone de relieve que la agregación del suelo es un proceso en el que los agregados se forman y se destruyen continuamente, y en el que los hongos y bacterias, raíces vegetales y lombrices desempeñan un papel importante (Six *et al.*, 2002) (figura 7).

Los ingenieros del ecosistema contribuyen a la estructura del suelo por medio de la producción de estructuras biógenas. Por ejemplo, las lombrices de tierra ingieren grandes cantidades de suelo, que se transforma en excrementos enriquecidos de carbono y nutrientes tras su paso por el intestino de la lombriz (Fonte *et al.*, 2010). Los hongos micorrícicos arbusculares producen estructuras biógenas por medio de dos mecanismos clave: i) entramado del suelo por obra de las hifas fúngicas, y ii) producción de glicoproteína que actúa como agente aglutinante y contribuye a la estabilidad de los agregados (Rilling y Mummey, 2006). Además, la mayor estabilidad de los agregados biógenos a la perturbación del agua no sólo reduce la vulnerabilidad de los suelos a la erosión, sino que aumenta también el potencial de almacenamiento de carbono en el suelo al proteger físicamente la materia orgánica de la actividad microbiana (Six *et al.*, 2002).

REGULACIÓN BIOLÓGICA DE LA POBLACIÓN

Todos los organismos del suelo existen como parte de las redes alimentarias del suelo, que mantienen el número de habitantes bajo control a través de la competencia, la depredación y el parasitismo. Se trata de un aspecto crítico de la naturaleza autorreguladora de los ecosistemas que a menudo resulta alterado durante la intensificación de la agricultura.

Las plagas y enfermedades transmitidas por el suelo causan enormes pérdidas anuales de cultivos en todo el mundo, lo que ocurre cuando el impacto de los agentes clave de control biológico se reduce o se pierde debido a los cambios en el uso de la tierra que afectan a su supervivencia (Susilo *et al.*, 2004). La salud del suelo y la salud de las plantas están estrechamente relacionadas, pues los cultivos con carencias de nutrientes que crecen en suelos pobres son más vulnerables a las plagas y enfermedades (Altieri y Nicholls, 2003). Por ejemplo, se observaron reducciones muy importantes (de alrededor del 99 por ciento) en las poblaciones de la mala hierba parasitaria *Striga* en el maíz tras la mejora de los barbechos, que incorporaron la fijación biológica del nitrógeno por medio de *Sesbania sesban*. Este hecho se atribuyó al aumento de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Barrios *et al.*, 1998). También se observaron reducciones más modestas después del aumento de la disponibilidad de fósforo en el maíz y el sorgo inoculados con hongos micorrícicos arbusculares (Lendzemo *et al.*, 2005).

Además, existen muchos ejemplos de control biológico directo ejercido por la biota del suelo. Por ejemplo, en un experimento con plantas de arroz cultivadas en suelos infestados con nematodos parásitos, la inoculación de la lombriz *Pontoscolex corethrurus* hizo disminuir considerablemente el número de nematodos. El mecanismo de base del control biológico de los nematodos parásitos ante la presencia de las lombrices se relacionó con el efecto directo del paso de los nematodos por el intestino de la lombriz que reducía la vitalidad de sus huevos



(Lavelle *et al.*, 2004). El consenso general es que los suelos sanos que albergan una comunidad variada de organismos no sólo ayudarán a prevenir las pérdidas de cultivos provocadas por plagas transmitidas por el suelo, sino que además reforzarán otras funciones biológicas fundamentales del suelo (Barrios, 2007).

GESTIÓN AGROECOLÓGICA, CONOCIMIENTO LOCAL Y SALUD DEL SUELO

Los ecosistemas naturales dependen de la biodiversidad y de los procesos biológicos para mantener las funciones ecológicas. Cuando los ecosistemas naturales se convierten a la agricultura y luego se intensifican, estas funciones ecológicas (mineralización de los nutrientes, control biológico de las plagas, entre otras) se sustituyen de manera gradual con insumos agrícolas externos, por ejemplo, con productos agroquímicos (Figura 8). El resultado de esta evolución es la reducción de la capacidad de los agroecosistemas de autorregularse, con el consiguiente aumento de la vulnerabilidad a las perturbaciones y los cambios en el medio ambiente. Existe un interés creciente por los agroecosistemas que sean más eficientes en el uso de los recursos internos, menos dependientes de insumos agrícolas externos y puedan mantener un equilibrio favorable entre productividad y aportación de otros servicios ecosistémicos (Barrios *et al.*, 2012b). Esto puede ilustrarse mediante el nuevo concepto de ecoeficiencia en la ciencia de los cultivos, que se considera cada vez más importante para la seguridad alimentaria mundial (Keating *et al.*, 2010).

Figura 8. **El impacto de la intensificación agrícola en la biodiversidad, las funciones ecológicas y los insumos externos en ecosistemas naturales y agrícolas**



Se han delineado varios principios de gestión agroecológica para orientar la identificación de opciones de gestión agrícola con un uso más eficiente de los recursos (Altieri y Nichols, 2005), a saber:

- » optimización del uso de los recursos disponibles localmente (mayor dependencia en el reciclaje de los nutrientes);



- » reducción al mínimo de las pérdidas de suelo, nutrientes, agua y energía (mantenimiento de la cubierta vegetal, labranza reducida o cero);
- » optimización de las condiciones del suelo para el crecimiento de las plantas (uso estratégico de los insumos agrícolas externos);
- » promoción de la diversificación genética y de las especies (sistemas diversificados con componentes adaptados a las condiciones locales);
- » favorecimiento de las interacciones beneficiosas y las sinergias entre los componentes de la agrobiodiversidad (mayor dependencia de la simbiosis y el control biológico de las plagas y enfermedades).

Estudio de caso: La agroforestería y la salud del suelo

Casi la mitad de todas las tierras agrícolas tienen más de 10 por ciento de cubierta forestal, lo que hace de la agroforestería un componente importante de los sistemas de aprovechamiento de la tierra en el mundo (Zomer *et al.*, 2014). Dado que la práctica de la agroforestería depende de uno o todos los principios delineados anteriormente, utilizaremos algunos ejemplos de agroforestería para examinar las interacciones entre gestión agroecológica y salud del suelo.

La agroforestería se reconoce y practica cada vez más como una opción de gestión multifuncional de la tierra, que puede contribuir, a la vez, a la generación de ingresos, la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Sinclair, 1999; Tschamtkke *et al.*, 2011). También puede ser una herramienta valiosa para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos en la agricultura (Verchot *et al.*, 2007). Esto ha hecho que la agroforestería se reconozca como intervención fundamental de gestión de los recursos naturales y ha creado la necesidad de mejorarla (en combinación con otras opciones de gestión de la tierra y sus posibles sinergias) para hacer frente a los desafíos del cambio mundial (Coe *et al.*, 2014).

Algunos de los efectos de los árboles en la salud del suelo están mediados por un aumento de la abundancia de la biota del suelo (Cuadro 2.). En un reciente examen de la literatura se constató que casi todos los grupos de biota edáfica beneficiosa estudiados en sistemas agroforestales basados en el maíz (la mayoría en África) aumentaron en número en comparación con el cultivo contiguo sin árboles (Barrios *et al.*, 2012b). El coeficiente de respuesta es el coeficiente del valor medio de la práctica de la agroforestería respecto a la del control (cultivo continuo con fertilizantes). Por tanto, los valores del coeficiente de respuesta mayores que uno indican un aumento de la abundancia de la biota edáfica en los sistemas agroforestales.

Además, algunos efectos de los árboles en la salud del suelo están mediados por los aumentos de la actividad biológica del suelo (Figura 9). Se ha observado un aumento de la actividad biológica de las lombrices cerca de los árboles, pero el efecto era mayor para unas especies arbóreas que para otras (Pauli *et al.*, 2010). Se ha informado que los árboles que producen grandes cantidades de biomasa en rápida descomposición, con un contenido elevado de nitrógeno y bajo de lignina y polifenoles (por ejemplo, *Indigofera zollingeriana* Miqu. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) soportan una elevada abundancia y actividad de lombrices en suelos tropicales (Barrios *et al.*, 2005; Sileshi y Mafongoya, 2007). Esto sugiere que los atributos de los árboles probablemente desempeñen un papel importante en la determinación de los efectos positivos o

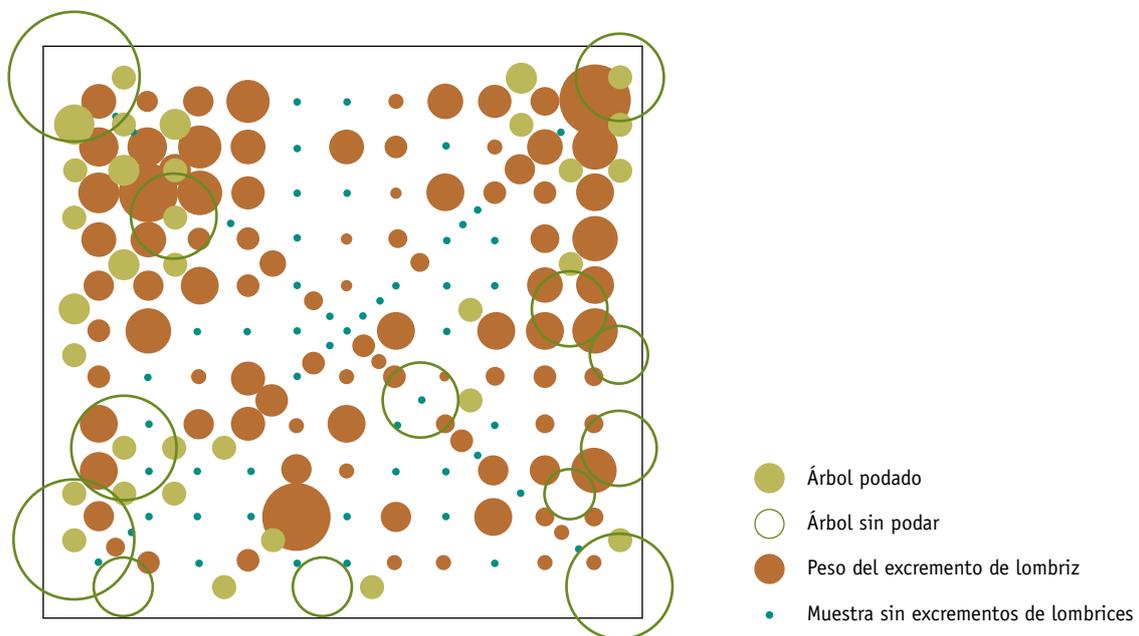


Cuadro 2. **Densidad media de diferentes biotas del suelo y coeficientes de respuesta calculados**

	AGROFORESTERÍA	AGRICULTURA	COEFICIENTE DE RESPUESTA
Macrofauna del suelo	(individuos por m ²)	(individuos por m ²)	
Lombrices	54.4	17.6	3.1
Escarabajos	20.9	9.6	2.2
Ciempíes	2.7	0.5	5.6
Termitas	90.7	81.0	1.1
Hormigas	23.2	8.6	2.7
Mesofauna del suelo	(individuos por m ²)	(individuos por m ²)	
Colémbolos	3 890.1	2 000.7	1.9
Ácaros	5 100.7	1 860.1	2.7
Microfauna del suelo	(individuos por m ²)	(individuos por litro)	
Nematodos no parasitarios	2 922	1 288	2.3
Nematodos parasitarios	203.7	211.5	1.0

Fuente: Adaptado de Barrios *et al.*, 20012b

Figura 9. **Relaciones especiales entre la actividad de las lombrices de tierra y la distribución de árboles en el sistema agroforestal de Quesungualm**



Distribución de árboles podados (círculos verdes), árboles sin podar (círculos transparentes) y peso del excremento de lombriz (círculos marrones). El tamaño de estos círculos representa el número de árboles podados encontrados en cada célula de muestreo, el tamaño de la copa de los árboles y el peso de los excrementos de las lombrices respectivamente.

Fuente: Adaptado de Pauli *et al.*, 2010



negativos sobre la actividad biológica del suelo. Estas observaciones, además de otras aparecidas en la literatura reciente (Diedhiou-Sall *et al.*, 2013), demuestran que los árboles desempeñan un papel muy importante como puntos críticos de abundancia y actividad biológicas. Se trata de algo particularmente importante durante los períodos de estrés climático (por ejemplo, sequías), cuya frecuencia e intensidad deberían de aumentar con el cambio climático.

El enfoque de la gestión agroecológica se beneficia de las sinergias entre los componentes del agroecosistema, como las generadas por las interacciones árbol-raíz-suelo-ganado. Sin embargo, las compensaciones entre productividad y la conservación de los recursos naturales que sustentan las funciones del ecosistema y los servicios basados en el suelo pueden ser un problema para la sostenibilidad general del sistema. Esto sugiere que los principios de la gestión agroecológica destacados poco antes deben ampliarse para incluir la necesidad de reducir al mínimo los compromisos entre productividad y conservación y maximizar las sinergias. Las opciones de gestión para reducir los compromisos incluyen la identificación de las disposiciones espacial y temporal óptimas de los componentes del cultivo (por ejemplo, rotaciones y cultivo intercalado) y el modo de aprovechar de la mejor manera los recursos orgánicos limitados. Un ejemplo de práctica de gestión que aprovecha las sinergias haciendo frente a varias limitaciones es la poda de los árboles para reducir la competencia por la luz solar con los cultivos en los sistemas agroforestales. Esto genera simultáneamente biomasa para la cobertura del suelo que se puede utilizar para conservar el agua del suelo y controlar la erosión (Pauli *et al.*, 2012). La gestión de los sistemas agroecológicos siempre supone el uso de recursos, principalmente mano de obra en el caso de la gestión de la salud del suelo. En última instancia, estos compromisos en términos de recursos necesarios para producir un determinado beneficio son los que determinan lo que es viable en el contexto de diferentes sistemas agrícolas.

El gran número de agricultores que manejan los suelos en todo el mundo, a través de una variedad diferentes de contextos biofísicos y socioeconómicos, posee una riqueza de experiencia y conocimientos acumulados. Estos conocimientos se han desarrollado a lo largo de generaciones y constituyen un recurso importante que puede proporcionar indicaciones valiosas sobre la gestión de la salud del suelo (Barrios y Trejo, 2003; Barrios *et al.*, 2006). Estos conocimientos no son sólo un legado de la tradición, sino un recurso dinámico, actualizado constantemente en la medida en que los agricultores observan y experimentan (Joshi *et al.*, 2004). Asimismo, se relacionan con una gama de servicios ecosistémicos, además de la productividad, y con los compromisos que existen entre ellos (Cerdan *et al.*, 2012). La integración del conocimiento local y el conocimiento técnico es el punto central de una nueva metodología elaborada a través de la colaboración Sur-Sur entre América Latina y África, InPaC-S: Integración Participativa de Conocimientos sobre Indicadores de Calidad del Suelo (Barrios *et al.*, 2012a). Esta herramienta de intercambio de conocimientos está destinada a servir de guía a los talleres y trabajos sobre el terreno, mediante la reunión de los agricultores y los profesionales agrícolas con miras a facilitar la elaboración conjunta de soluciones agrícolas para contribuir a la salud del suelo, teniendo en cuenta los contextos y circunstancias locales que los agricultores deben afrontar. La integración de los conocimientos locales y técnicos es una de las principales estrategias del paradigma 'investigación *en desarrollo*' propuesto por Coe *et al.* (2014), para orientar la ampliación de las prácticas agroecológicas y lograr impactos a gran escala en los medios de vida de los agricultores.



DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES FUTUROS

Hemos identificado cuatro esferas clave en las que el progreso de la gestión agroecológica de la salud del suelo encontrará desafíos y oportunidades en el futuro.

Abrir la caja negra:

La noción de suelo como recurso vivo cuya salud es esencial para la sostenibilidad de la agricultura se va abriendo paso a medida que la biota del suelo se puede 'ver' más claramente en lo que antes se consideraba un 'caja negra'. La utilización del conjunto creciente de nuevas tecnologías para abrir esta caja negra nos permitirá adquirir una comprensión más generalizable sobre el modo de manejar la biodiversidad y las funciones del suelo. Esto es particularmente importante en el contexto de las exigencias relativas a la adaptación al cambio climático.

Interacciones por encima y por debajo del suelo:

Mejorar el conocimiento de la manera en que la gestión de la agricultura y la biota del suelo interactúan es una condición previa necesaria para determinar las densidades, disposiciones, especies y sistemas de gestión de las plantas que son necesarios para generar una cantidad y calidad suficientes de biomasa y, al mismo tiempo, mantener las funciones esenciales del ecosistema desempeñadas por la biota del suelo en los paisajes agrícolas.

Cartografía de los servicios ecosistémicos basados en el suelo:

Identificar, cuantificar y cartografiar los puntos críticos de los proveedores de servicios ecosistémicos contribuirá a mejorar el conocimiento predictivo de los servicios ecosistémicos basados en el suelo. Esto incluye la dinámica espacial y temporal de la aportación de servicios ecosistémicos resultante de varios factores ambientales.

Sistema de seguimiento de la salud del suelo:

La elaboración de sistemas de seguimiento de la salud del suelo para evaluar los resultados de la aportación de servicios ecosistémicos puede ayudar a orientar la política local (por ejemplo, como parte de los pagos por programas de servicios ecosistémicos) y, al mismo tiempo, complementar los sistemas de seguimiento nacionales e internacionales que tienen por objetivo la política y la gestión de los recursos naturales a un nivel más alto (Shepherd *et al.*, 2015).

AGRADECIMIENTOS

Los fondos para la financiación de este capítulo fueron proporcionados por los programas de investigación del CGIAR sobre Sistemas Integrados para los Trópicos Húmedos (Humidtropics) y Bosques, Árboles y Agroforestería (BAA).



REFERENCIAS

- Altieri, M.A.** 1987. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I.** 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil & Tillage Research*, 72: 203-211.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I.** 2005. *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*. UNEP. Environmental Training Network for Latin America and the Caribbean.
- Banwart, S.A., Noellemeyer, E. & Milne, E.** (Eds.) 2014. *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. SCOPE, Vol. 71. Wallingford, UK, CABI.
- Bardgett, r.d. & van der Putten, W.H.** 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515: 505-511.
- Barrios, E.** 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64: 269-285.
- Barrios, E., Cobo, J.G., Rao, I.M., Thomas, R.J., Amezcuita, E., Jimenez, J.J. & Rondon, M.** 2005. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110: 29-42.
- Barrios, E., Coutinho, H.L.C. & Medeiros, C.A.B.** 2012a. *InPaC-S: Participatory knowledge integration on indicators of soil quality – Methodological Guide*. Nairobi, ICRAFF, EMBRAPA, CIAT (disponible en: www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PdFs/B17459.PdF).
- Barrios, E., Delve, R.J., Bekunda, M., Mowo, J., Agunda, J., Ramisch, J., Trejo, M.T. & Thomas, R.J.** 2006. Indicators Of Soil Quality: A South-South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. *Geoderma*, 135: 248-259.
- Barrios, E., Kwesiga, F., Buresh, R.J., Sprent, J.I. & Coe, R.** 1998. Relating pre-season soil nitrogen to maize yield in tree legume-maize rotations. *Soil Science Society of America Journal*, 62(6): 1604-1609.
- Barrios, E., Sileshi, G.W., Shepherd, K. & Sinclair, F.** 2012b. Agroforestry and soil health: linking trees, soil biota and ecosystem services. In D.H. Wall, R.D. Bardgett, V. Behan-Pelletier, J.E. Herrick, T.H. Jones, K. Ritz, J. Six, D.R. Strong & W. van der Putten (eds.), *Soil Ecology and Ecosystem Services*, pp. 315-330. Oxford, OK, Oxford University Press.
- Barrios, E. & Trejo, M.T.** 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil fertility management in Latin America. *Geoderma*, 111(3-4): 217-231.
- Cerdan, C.R., Rebolledo, M.C., Soto, G., Rapidel, B. & Sinclair, F.L.** 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems*, 110: 119-130.
- Cobo, J.G., Barrios, E., Kass, D. & Thomas, R.J.** 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*, 240: 331-342.
- Coe, R., Sinclair, F. & Barrios, E.** 2014. Scaling Up agroforestry requires research “in” development rather than “for” development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 73-77.
- Diedhiou-Sall, S., Dossa, E.L., Badiane, A.N., Assigbetsee, K.B., Diedhiou, I., Ndiaye, N.A.S., Khouma, M., Sene, M. & Dick, R.P.** 2013. Microbiology and macrofaunal activity in soil beneath shrub canopies during residue decomposition in agroecosystems of the Sahel. *Soil Science Society of America Journal*, 77: 501-511.
- Doran, J.W. & Parkin, T.B.** 1994. Defining and assessing soil quality. In J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek & B.A. Stewart (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, pp. 3-21. Soil Science Society of America Special Publication, Vol. 35. Madison, WI, USA.



- Doran, J.W. & Zeiss, M.R.** 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15: 3-11.
- FAO.** 2007. *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación – Pago a los agricultores por servicios ambientales*. Roma.
- Fierer, N., Landau, J., Clemente, J.C., Leff, J.W., Owens, S.M., Pollard, K.S., Knight, R., Gilbert, J.A. & Mcculley, R.L.** 2013. Reconstructing The Microbial Diversity And Function Of Pre-Agricultural Tallgrass Prairie Soils in the United States. *Science*, 342: 621-624.
- Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Bardford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, C., Ramankutty, N. & Snyder, P.K.** 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309: 570-574.
- Fonte, S.J., Barrios, E. & Six, J.** 2010. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. *Geoderma*, 155: 320-328.
- Giller, K.E.** 2001. *Nitrogen fixation in tropical cropping systems*. 2nd edition. Wallingford, UK, CABI.
- Giller, K.E., Bignell, D., Lavelle, P., Swift, M.J., Barrios, E., Moreira, F., Van Noordwijk, M., Barois, I., Karanja, N. & Huising, J.** 2005. Soil biodiversity in rapidly changing tropical landscapes: scaling down and scaling up. In R. Bardgett, M.B. Usher & D.W. Hopkins (eds.), *Biological Diversity and Function in Soils*, pp. 295-318. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Jenny, H.** 1941. *Factors of Soil Formation*. New York, USA, McGraw-Hill Book Co.
- Joshi, L., Shrestha, P.K., Moss, C. & Sinclair, F.L.** 2004. Locally derived knowledge of soil fertility and its emerging role in integrated natural resource management. In M. van Noordwijk, G. Cadisch & C.K. Ong, eds. *Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems*, pp. 17-39. Wallingford, UK, CABI.
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Bindraban, P.S., Asseng, S., Meinke, H. & Dixon, J.** 2010. Eco-efficient agriculture: concepts, challenges and opportunities. *Crop Science*, 50: s-s109.
- Kibblewhite, M.G., Ritz, K. & Swift, M.J.** 2008. Soil health in agricultural systems. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363: 685-701.
- Koch, A., Mcbratney, A.B., Adams, M., Field, D.J., Hill, R., Lal, R., Abbott, L., Angers, D., Baldock, J., Barbier, E., Bird, M., Bouma, J., Chenu, C., Crawford, J., Flora, C.B., Goulding, K., Grunwald, S., Jastrow, J., Lehmann, J., Lorenz, K., Minansy, B., Morgan, C., O'donnell, A., Parton, W., Rice, C.W., Wall, D.H., Whitehead, D., Young, I. & Zimmermann, M.** 2013. Soil security: solving the global soil crisis. *Global Policy J.*, 4(4): 434-441.
- Lavelle, P., Blouin, M., Boyer, J., Cadet, P., Laffray, D., Pham-Thi, A.-T., Reversat, G., Settle, W. & Zuily, Y.** 2004. Plant parasite control and soil fauna diversity. *Comptes Rendus Biologies*, 327: 629-538.
- Lendzemo, V.W., Kuyper, T.W., Kropff, M.J. & van Ast, A.** 2005. Field inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi reduces *Striga hermonthica* performance on cereal crops and has the potential to contribute to integrated Striga management. *Field Crops Research*, 91(1): 51-61.
- Mcbratney, A., Field, D.J. & Koch, A.** 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213: 203-213.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA).** 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Washington, DC, Island Press.
- Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve, R.J., Cadisch, G. & Giller, K.E.** 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: *Application of an organic resource database*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83: 27-42.
- Pauli, N., Barrios, E., Conacher, A.J. & Oberthur, T.** 2012. Farmer knowledge of the relationships among soil macrofauna, soil quality, and tree species in a small holder agroforestry system of western Honduras. *Geoderma*, 189-190: 186-198.
- Pauli, N., Oberthur, T., Barrios, E. & Conacher, A.** 2010. Fine-scale spatial and temporal variation in earthworm surface casting activity in agroforestry fields, western Honduras. *Pedobiologia*, 53(2): 127-139.



- Rillig, M.C. & Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171: 41-53.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2): 32 (disponible en: www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/).
- Shepherd, K.D., Shepherd, G. & Walsh, M.G. 2015. Land health surveillance and response: a framework for evidence-informed land management. *Agricultural Systems*, 132: 93-106.
- Sileshi, G. & Mafongoya, P.L. 2007. Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. *Biology and Fertility of Soils*, 43: 333-340.
- Sinclair, F.L. 1999. A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems*, 46: 161-180.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S.M., Moraes Sa, J.C. & Albrecht, A. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils — effects of no tillage. *Agronomie*, 22 (7/8): 755-775.
- Smith, S.E. & Read, D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd edition. London, Academic Press.
- Susilo, F.X., Neutel, A.M., van Noordwijk, M., Hairiah, K., Brown, G. & Swift, M.J. 2004. Soil biodiversity and food webs. In M. van Noordwijk, G. Cadisch & C.K. Ong, C.K. (eds.), *Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems*, pp. 285-302. Wallingford, UK, CABI.
- Swift, M.J., Izac, A.M.N. & van Noordwijk, M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes — are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104: 113-134.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S.A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Holscher, D., Juhrendt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldcamp, E. & Wanger, T.C. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. *Journal of Applied Ecology*, 48: 619-629.
- Vanlauwe, B., Gachengo, C., Shepherd, K., Barrios, E., Cadisch, G. & Palm, C. 2005. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1135-1145.
- Verchot, L.V., van Noordwijk, M., Kandji, S., Tomich, T., Ong, C., Albrecht, A., Mackensen, J., Bantilan, C., Anupama, K.V. & Palm, C. 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation strategies to Global Change*, 12(5): 901-918.
- Wagg, C., Benders, S.F., Widmer, F. & van Der Heijden, M.G.A. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14): 5266-5270.
- Wall, D.H., Bardgett, R.D. & Kelly, E.F. 2010. Biodiversity in the dark. *Nature Geoscience*, 3: 297-298.
- Wu, T., Ayres, E., Bardgett, R.D., Wall, D.H. & Garey, J.R. 2011. Molecular study of worldwide distribution and diversity of soil animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(43): 17720-17725.
- Zomer, R.J., Trabucco, A., Coe, R., Place, F., van Noordwijk, M. & Xu, J. 2014. *Trees on farms: an update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics*. ICRAF Working Paper no. 179. Bogor, Indonesia, World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program.



07

ENFOQUES ECOLÓGICOS: CONTRIBUCIÓN DE LA DIVERSIDAD ENTOMOLÓGICA, INCLUIDOS LOS POLINIZADORES, EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS DE ÁFRICA ORIENTAL

**Muo Kasina^{1,5}, Lusike A. Wasilwa¹, John H. Nderitu², Dino Martins³,
Barbara Gemmill-Herren⁴**

¹ Kenya Agricultural and Livestock Research Organization, Nairobi, Kenya

² Mount Kenya University, Thika, Kenya

³ Insect Committee of Nature Kenya, the East Africa Natural History Society and Turkana Basin Institute, Kenya

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia

⁵ Autor para correspondencia
Correo electrónico: kasina.j@gmail.com



© Stuart Roberts



Resumen

Aunque las plagas (esto es, insectos nocivos, enfermedades y malas hierbas) han sido durante mucho tiempo el tema central de las investigaciones sobre la salud de los cultivos, los enfoques individuales para su control a menudo han dado lugar a un aumento de los costos y la reaparición de las plagas. En cambio, los enfoques agroecológicos tratan de reestructurar y gestionar los sistemas agrícolas para que una serie de interacciones biológicas se pongan en marcha y sirvan para prevenir o reducir los daños causados por las plagas. Estas interacciones trascienden la simple lucha biológica y abarcan medidas como: (i) las prácticas de cultivo, basadas a menudo en el conocimiento tradicional, como el policultivo, la plantación de mezclas genéticas diversas y el mantenimiento de diferentes setos de finalidades múltiples; (ii) el fomento de suelos sanos para cultivar plantas que puedan tolerar o

repeler los ataques de las plagas; (iii) el aumento o introducción de enemigos naturales, y (iv) la utilización de las señales químicas emitidas por los insectos para alterar su comportamiento. Una nueva sinergia ecológica, que se ha entendido sólo recientemente, es la posibilidad de aumentar la abundancia de insectos polinizadores mediante el incremento de la diversidad en la granja y la reducción del empleo de plaguicidas, con la consiguiente mejora de los rendimientos de los cultivos dependientes de los polinizadores. En el presente artículo, ponemos de relieve las formas en que la gestión compleja de estas interacciones biológicas ha demostrado puntos fuertes y ha producido beneficios a las sociedades en Kenia y África oriental, entre ellos la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional, la reducción de los costos de producción y la mejora de los resultados sanitarios.

INTRODUCCIÓN

El concepto y la práctica de la agroecología no son nuevos, pero han ido despertando cada vez más el interés de los agricultores y expertos de África oriental. La agroecología depende de la maximización de los beneficios de la naturaleza, a través de la optimización de los procesos ecológicos, para obtener el máximo de la producción agrícola y, a menudo, diversificarla. En los sistemas de producción agroecológicos, los insumos agrícolas externos desempeñan una función secundaria y no son la primera opción en caso de necesitarse insumos agrícolas, mientras aquellos generados en la granja para luchar contra las plagas, mejorar la fertilidad del suelo y promover los polinizadores cumplen una función primordial. Las prácticas agroecológicas son conocimientos que se adquieren con la experiencia y dependen de ella. Recientemente, la agroecología ha incorporado a los sistemas de producción, así como a los sistemas económicos y de conocimientos que contribuyen a la agricultura sostenible. Esto implica que los sistemas agroecológicos de



producción tienen que ser sensibles a las necesidades socioeconómicas y en materia de medios de vida de las comunidades; para apoyar estos sistemas se necesita información. África oriental está constituida por países cuyo bienestar económico y cuya seguridad alimentaria y nutricional dependen de la agricultura. La mayoría de los agricultores tienen pequeñas granjas agrícolas (de menos de una hectárea por hogar). Se trata predominantemente de productores de subsistencia que tienen como principal objetivo producir para la autosuficiencia del hogar, y que venden todo excedente en el mercado. Las granjas a gran escala (más de 100 hectáreas) son pocas en Kenia y otros países de África oriental y están en manos de grandes compañías comerciales.

El sector de la producción en Kenia presenta diferentes niveles de intensificación, incluso granjas que aplican varios elementos de la agroecología. Los agricultores más pequeños que producen para la autosuficiencia del hogar son más propensos a aplicar varias prácticas agroecológicas, basadas en los conocimientos tradicionales. Los pequeños agricultores más orientados a la producción comercial dependen en mayor medida de los insumos agrícolas externos. Por otro lado, los grandes productores han modernizado y mecanizado altamente las actividades agrícolas, y sus operaciones han crecido hasta abarcar prácticas agroecológicas que protegen a los insectos polinizantes y los enemigos naturales, y mejoran la salud de los suelos mediante el compostaje.

Los pequeños agricultores de África oriental solían ser los productores orgánicos *de facto*, pues apenas si tenían acceso o recurrían a los productos agroquímicos, especialmente a plaguicidas y fertilizantes inorgánicos. Sin embargo, el uso de plaguicidas (entre ellos, herbicidas) ha aumentado considerablemente en las actividades agrícolas en África oriental, en especial en las pequeñas granjas orientadas a la producción comercial (véase, por ejemplo, Mbakaya *et al.*, 1994; Schaefers, 1996). La subdivisión de la tierra en la región ha sido una de las principales preocupaciones de los expertos en materia de agricultura, tierras y seguridad alimentaria (Mwagore, sin fecha). Los hogares ya están subdividiendo sus pequeñas unidades de tierra para distribuirlas entre sus hijos, que es una cultura común relativa a la herencia. Recientemente, se ha tratado de poner un límite al nivel más bajo de subdivisión posible en Kenia. Aunque esto aún no ha ocurrido, los debates sobre el tema prosiguen todavía. Con unas parcelas tan pequeñas y con frecuencia antieconómicas, los agricultores a menudo utilizan de manera excesiva (en frecuencia y dosis) productos para luchar contra las plagas sin temor a perder la pequeña producción de la que dependen sus familias (véase, por ejemplo, Ngowi *et al.*, 2007). Sin embargo, los agricultores siguen dependiendo principalmente de los procesos naturales para restaurar la fertilidad del suelo, y aplican cantidades relativamente pequeñas de fertilizantes inorgánicos. Además, los pequeños agricultores y los agricultores familiares disponen de un caudal de conocimientos locales y tradicionales sobre la gestión de sus entornos a menudo marginales, para mantener la producción. Estos conocimientos se adquieren a través de las familias y se comparten entre los agricultores.

La convocación del Simposio Internacional sobre la Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición en 2014 brindó una oportunidad para reflexionar sobre el estado de los enfoques agroecológicos relativos a la lucha contra las plagas y los servicios de polinización en el contexto de la agricultura en África oriental. Tradicionalmente, la agroecología se ha desarrollado mucho más en América Latina y América del Norte y, en cierta medida, en Europa.



El reconocimiento oficial de la agroecología en Kenia y África oriental ofrece un marco para entender el modo en que la transición hacia una agricultura más regeneradora y sostenible se puede basar en los conocimientos locales y tradicionales, al tiempo que se introduce una comprensión científica de las interacciones biológicas (en especial, entre los insectos) que controle los brotes de plagas y contribuya al rendimiento de los cultivos. El objetivo de aplicar un marco agroecológico a las investigación de los sistemas agrícolas en África no está centrado singularmente en la estrecha meta de reducir los insumos agrícolas externos, sino que consiste en fomentar sistemas de producción cuyos rendimientos sean estables y abundantes y que, al mismo tiempo, generen múltiples beneficios para la salud y los medios de vida de las comunidades agrícolas.

En el presente capítulo se estudia la aplicación de la agroecología en el contexto de las plagas y los insectos útiles en África oriental. Se examina las formas en que los especialistas y los países pueden beneficiarse de la agroecología aplicada. Se describen a grandes rasgos las estrategias prácticas que ya se han formulado y que están aplicándose en la región, y se señalan los puntos débiles y las amenazas que pueden ralentizar la aplicación agroecológica para una gestión de las plagas y la polinización que tenga en cuenta los aspectos ambientales y económicos.

MARCO CONTEXTUAL

Los insectos resultan en general perjudicados por la escasa publicidad en la región. La mayoría de las personas, y en particular los agricultores, los consideran un problema. Por consiguiente, suelen atribuir una gran importancia a la lucha contra las infestaciones, en especial contra aquellas fácilmente visibles. Por ejemplo, los agricultores pueden observar a las moscas blancas que infestan sus cultivos y, consecuentemente, tomar medidas para combatirlas porque, de no hacerlo, podrían reducirse los rendimientos o perderse las cosechas.

Las plagas (estos es, insectos nocivos, enfermedades y malas hierbas) han sido durante mucho tiempo el tema principal de las investigaciones sobre la salud de los cultivos en África oriental. Sin embargo, los enfoques individuales para luchar contra ellas a menudo han dado lugar a un aumento de los costos y la reaparición de las plagas. Aunque se aliente el manejo integrado de las plagas (MIP), las investigaciones sobre el MIP en África oriental con frecuencia se han centrado en soluciones basadas en una única estrategia, orientada a combatirlas con un conjunto reducido de medidas de control. Además, el MIP tiene problemas de aplicación que podrían resolverse mediante la adopción de un enfoque agroecológico más amplio y más holístico. En un reciente estudio sobre los obstáculos con que tropieza la adopción del MIP en los países en desarrollo (Parsa *et al.*, 2014), los profesionales y especialistas en MIP observaron que los problemas principales eran “la insuficiente capacitación y apoyo técnico recibido por los agricultores” y la sensación de que “el MIP requiere una acción colectiva por parte de una comunidad agrícola”. Por consiguiente, el acento puesto por la agroecología en la capacitación y la gestión de los conocimientos de los agricultores, y en el empoderamiento comunitario y social, la convierten en un enfoque valioso para hacer frente a algunas de las limitaciones del MIP.



Figura 1. Daños al maíz causados por barrenadores del tallo en el distrito de Embu, Kenia



© CIMMYT

Cabe observar también que la mayoría de los sistemas de MIP en la horticultura (en especial en invernaderos) utiliza actualmente organismos de control biológico no nativos, criados artificialmente, provenientes por lo general de Europa o América del Norte. El uso de especies locales en el MIP en África oriental sigue siendo reducido. Este es un posible ámbito para el fomento de la investigación y desarrollo. Uno de los motivos importantes para reducir el uso de agentes de control biológico no nativos es el impacto que tienen en las poblaciones autóctonas. Dado que por lo general las especies no nativas son más agresivas, tienden a imponerse en la competencia con las especies locales, contribuyendo así a la disminución de estas últimas. Con más investigaciones, sería posible identificar los agentes mejores y altamente competitivos de control biológico para utilizarse en la región.

Cabe observar que los sistemas locales de investigación carecen en gran medida de experiencia en la aplicación de estrategias de manejo de plagas basadas en el ecosistema. Por consiguiente, las estrategias de lucha contra las plagas basadas en el ecosistema promovidas a través de la agroecología son hasta ahora en gran parte teóricas (con la excepción del sistema 'atracción-rechazo' bien documentado, que se describe más adelante). No obstante, la capacidad de gestionar diferentes agroecosistemas y optimizar la producción con recursos mínimos es algo que los agricultores han hecho en África oriental a lo largo del tiempo. La agroecología se basa en estos conocimientos locales.



Los enfoques agroecológicos tratan de reestructurar y gestionar los sistemas agrícolas para que una serie de interacciones biológicas se pongan en marcha y sirvan para prevenir los daños causados por las plagas o reducirlos a fin de que no alcance niveles antieconómicos¹. Estas interacciones no son sólo biológicas, sino que incluyen también medidas intensivas en conocimientos que trabajan juntas para crear entornos desfavorables para las plagas, favorecer el control natural y los agentes polinizantes, y promover el crecimiento de cultivos sanos. El presente estudio destaca las formas en que la gestión compleja de estas interacciones biológicas en relación con los insectos y sus parientes ha mostrado puntos fuertes inherentes, en el contexto de África oriental. Estos parientes son las infestaciones de invertebrados, como milpiés, ácaros y moluscos, que se han convertido gradualmente en las principales plagas de los cultivos en la región (véase, por ejemplo, Kasina *et al.*, 2012). El interés principal recae en las cualidades que ofrece la agroecología para el manejo de estos organismos. Se presentan ejemplos seleccionados que muestran la forma en que estos enfoques se han aplicado exitosamente. Nos concentramos en aquellas estrategias que ya tienen una amplia aplicación en África oriental, con ejemplos basados no sólo en los datos publicados, sino también en nuestra experiencia de trabajo en la región.

ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS CON REPERCUSIONES POSITIVAS EN EL MANEJO DE LOS ARTRÓPODOS QUE ASEGURAN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

Prácticas de cultivo

Se trata de prácticas de gestión de los cultivos que no están dirigidas necesariamente al manejo de las plagas, pero que hacen que el entorno del cultivo sea menos favorable a las plagas y más favorable a los polinizadores, como las abejas. Las prácticas son igualmente importantes para el crecimiento de los cultivos y se sabe que mejoran los rendimientos. Las estrategias se basan a menudo en las experiencias de los agricultores, así como en las estrategias científicamente probadas que se promueven para garantizar la obtención de mejores cosechas.

Plantación temprana

Se trata de una estrategia para los agroecosistemas de secano. Consiste en sembrar temprano, antes de la llegada de las lluvias, para garantizar que los cultivos estén bien establecidos muy pronto y evitar el estrés hídrico en caso de que las lluvias disminuyan. Al sembrarse antes, los cultivos pueden soportar mejor las presiones de las plagas cuando éstas atacan o durante los períodos en que comienzan a manifestarse. Los agricultores del condado de Kitui del norte (Kenia) han aprendido a eludir los brotes de los gusanos ejércitos sembrando temprano para que

¹ Por niveles antieconómicos se entiende el nivel de daños causados por las plagas en el que el costo del control de las mismas es mayor que los beneficios previstos. A este punto, comenzar las actividades de control no sería racional desde el punto de vista económico.



el cultivo sea menos vulnerable, mientras que los agricultores que siembran tardíamente soportan todos los efectos de la infestación. Recientemente, se ha constatado que los agricultores de Kenia que siembran maíz al comienzo de la campaña resultan menos afectados por la enfermedad de la necrosis letal del maíz que aquellos que tardan en sembrarlo (*Daily Nation*, 2014).

Plantación sincronizada

Se alienta a los agricultores a sembrar en el mismo período de una campaña. La medida es eficaz, pues tener cultivos de edad similar en una amplia zona garantiza que los agricultores tengan los mismos problemas de plagas, y reduce el impacto general de estas en la zona. Por ejemplo, el impacto de la enfermedad de la necrosis letal del maíz en Bomet, Kenia, que es un problema reciente que causa la pérdida total de la cosecha de maíz, se ha contenido mediante la siembra sincronizada estacional y el respeto del período de terminación de la siembra. Se ha aconsejado a los agricultores sembrar en determinadas fechas del año y se ha establecido un plan de seguimiento a cargo de los extensionistas y los agricultores para asegurarse de que se respeten las fechas. Los agricultores pueden sembrar el cultivo de maíz siguiendo estas recomendaciones (véase, por ejemplo, *Daily Nation*, 2014).

Otro ejemplo es el cultivo del mijo perla en el condado de Kitui del norte. Desde comienzos de los años sesenta hasta finales de los noventa, casi todos los agricultores cultivaban mijo perla y la siembra estaba sincronizada, por lo que se redujo el impacto de la plaga de las aves queleas, en parte debido a las infestaciones compartidas. Otra importante contribución al manejo de las plagas fue el empleo de mano de obra familiar para asustar a las aves. Sin embargo, el tamaño de los hogares ha disminuido y la asistencia de los niños a la escuela ha aumentado por lo que la disponibilidad de la mano de obra se ha reducido considerablemente. De este modo, el manejo de la plaga de las aves se ha vuelto menos eficaz y, por consiguiente, son pocos los agricultores que cultivan mijo. Debido a ello, la siembra sincronizada ha dejado de ser eficaz y los productores de mijo restantes corren el riesgo de perder completamente sus cosechas a causa de las queleas.

Una variedad de sistemas de cultivo, como el policultivo y el cultivo intercalado

Los agricultores a menudo cultivan varios productos al mismo tiempo para repartir el riesgo en caso de mala cosecha de un cultivo. Además, reducen la presión de las plagas (véase, por ejemplo, Risch, 1983; Hasheela *et al.*, 2010) debido a la dificultad que éstas tienen para encontrar sus hospedantes preferidos. En otros casos, los compuestos volátiles emitidos por las plantas pueden dificultar la búsqueda de hospedantes por parte de las plagas. Los problemas para aplicar estos sistemas dependen del objetivo final del agricultor, que determina la disposición espacial del sistema de policultivo. Por ejemplo, es más probable que los agricultores orientados a cultivar para el mercado opten por el monocultivo en una parcela individual, mientras que la disposición de los cultivos de aquellos que producen para obtener alimentos es más heterogénea, por ejemplo el cultivo intercalado. En Uganda, se observó que los frijoles cultivados en una mezcla de variedades contenían menos plagas que los cultivados en un sistema de monocultivo (Mulumba *et al.*, 2012).



Estrategia 'atracción-rechazo'

Se trata de un sistema de cultivos asociados en el que las sustancias volátiles emitidas por las plantas se utilizan para el manejo de plagas importantes, ya sea para repelerlas o para atraer organismos beneficiosos. Esta técnica se ha utilizado con muy buenos resultados en África oriental, en especial en la lucha contra las malas hierbas y las plagas del maíz (Cook *et al.*, 2006; Khan *et al.*, 2008; 2014). El sistema original consistía en repeler al barrenador del tallo del maíz (una de las principales plagas de este cultivo) a través del olor emitido por las plantas *Desmodium* spp. sembradas de manera intercalada entre el maíz y el mijo ('rechazo'). El pasto elefante se siembra como cultivo delimitante y atrae al barrenador del tallo, alejándolo del campo de maíz ('atracción'). Las plantas *Desmodium* spp. también pueden fijar el nitrógeno y neutralizar la mala hierba *Striga* al facilitar la mortalidad de sus semillas. Como consecuencia, los rendimientos aumentan sin necesidad de utilizar fertilizantes y plaguicidas inorgánicos. Los agricultores no sólo se benefician del aumento de los rendimientos del maíz, sino también de dos tipos de plantas forrajeras, es decir, el pasto elefante y la *Desmodium* spp que es rica en proteínas. Hasta la fecha, alrededor de 90 000 pequeños agricultores de África oriental han adoptado esta técnica de lucha contra el barrenador del tallo y la *Striga* en las granjas de maíz, con el consiguiente aumento de los rendimientos, que pasaron de alrededor de 1 tonelada por hectárea a 3,5 toneladas por hectárea (Khan *et al.*, 2014). La estrategia 'atracción-rechazo' se basa en el uso de plantas disponibles localmente e insumos agrícolas externos de bajo costo, y se adapta bien a los sistemas de policultivo tradicionales de África.

Conocimientos técnicos indígenas

Esta estrategia de manejo de plagas se basa en los conocimientos tradicionales sobre las relaciones entre cultivos y plagas. A lo largo de muchos años, los agricultores han aprendido cómo combatir varias plagas de los cultivos. Las estrategias actuales basadas en los conocimientos técnicos indígenas pueden pertenecer a varias categorías de manejo de plagas, especialmente los plaguicidas botánicos y los métodos de control físico. A continuación se describen algunos de los muchos métodos basados en los conocimientos técnicos indígenas utilizados en África oriental:

- » uso de extractos de plantas en formulaciones para pulverizar o en polvo (como ají, ajo o pelitre) (véase, por ejemplo, Ifonet-biovision, 2014). Los agricultores utilizan diversos métodos de preparación de mezclas en función de la plaga que se desea combatir;
- » insectos que aspiran el humo de plantas específicas. Se trata de un método bastante difundido para el manejo de las plagas del maíz almacenado y contra los áfidos y otros insectos perforadores-chupadores que infestan el caupí en el condado de Kitui del norte;
- » uso de cenizas de determinadas plantas, en general en formulaciones en polvo o para pulverizar. Las cenizas también se usan mucho para luchar contra las hormigas y termitas, con el beneficio añadido de que mejoran el contenido de nutrientes del suelo.

Uso de la diversidad fitogenética

Los agricultores tienden por su propia naturaleza a sembrar múltiples variedades. Estudios realizados en Uganda (Mulumba *et al.*, 2012) demuestran la sólida lógica científica que respalda esta práctica; cultivar al mismo tiempo diferentes variedades del mismo cultivo limita



invariablemente la difusión de los daños causados por las plagas y enfermedades. En África oriental, los agricultores cultivan más de 60 variedades diferentes de frijoles y una investigación en curso (Mulumba *et al.*, 2012) está enseñando de qué manera se pueden combinar diferentes mezclas de estas variedades para mejorar su eficacia en la lucha contra las plagas y enfermedades. Por consiguiente, la diversidad, incluso dentro de una misma especie de cultivo, aporta diferentes niveles de resistencia contra las plagas y contribuye, así, a la gestión de la resistencia a estas. Se necesitarán nuevos estudios para comprender cuál es el mejor sistema de policultivo que combine las diferentes variedades y, a la vez, garantice los objetivos de autosuficiencia o de generación de ingresos de los agricultores.

Mantenimiento, siembra y fomento de setos

Los setos que se destinan a múltiples usos (por ejemplo, fuente de medicamentos tradicionales, ramón o forraje para el ganado, motivos estéticos y de seguridad), también aportan considerables beneficios secundarios, como facilitar recursos a los polinizadores al servir de planta hospedante a insectos como los esfingidos que polinizan la papaya, y ofrecer un hábitat a insectos beneficiosos para que puedan acceder fácilmente a los cultivos. Por ejemplo, los agricultores del valle de Kerio plantan y mantienen setos muy diferentes, desde plantas forrajeras productoras de néctar hasta plantas hospedantes de larvas de esfingidos (Lepidoptera: Sphingidae) que polinizan la papaya dioica (Martins y Johnson, 2009).

Prácticas de conservación de los recursos hídricos

Los agricultores de zonas áridas construyen caballones, zonas de percolación y terrazas que se estabilizan con la vegetación natural, el barbecho o la siembra. Estas obras contribuyen a aumentar la biodiversidad dentro de la granja y sirven de zonas de anidamiento para muchas abejas que anidan en el suelo. Estas zonas también albergan arañas, libélulas, mantis religiosas y otros enemigos naturales devoradores de especies nocivas (Martins, 2015).

Métodos de lucha físicos y mecánicos

Los métodos físicos de control consisten en la creación de barreras que, al dificultar el acceso de las plagas al cultivo, reducen la infestación. El método más utilizado es el invernadero, donde los cultivos crecen en un ambiente favorable y exento de plagas, pues las estructuras impiden que ingresen. Un ejemplo reciente de método de bajo costo para los pequeños agricultores de África es el uso de redes de protección bajas, colocadas a unos 10 centímetros de la cubierta de las plantas y sostenida por pequeñas ramas (Martins *et al.*, 2009). Los métodos mecánicos se utilizan muy pocas veces debido a que los agricultores los consideran demasiado tediosos. Sin embargo, son muy eficaces y pueden reducir considerablemente los costos de producción asociados a la lucha contra las plagas. Un ejemplo es el aplastamiento de los insectos (es decir, matarlos machacándolos). A este respecto, cabe observar que la mayoría de los insectos adultos ponen entre 200 y 1000 huevos a lo largo de su vida; por consiguiente, aplastar un gusano puede evitar que varios nuevos gusanos infesten el cultivo. Los gusanos son los insectos más fáciles de aplastar, debido a la lentitud con que se mueven y la facilidad para reconocerlos.



Figura 2. Una planta cultivada debajo de un cobertor bajo de pestes y una red de gestión de microclima en KALRO, Kabete



Establecer ecosistemas sanos para cultivar plantas que repelen los ataques

Los cultivos sanos son la primera línea defensiva contra las plagas. Las plantas que son débiles, probablemente como consecuencia de la insuficiente fertilidad del suelo, no pueden tolerar problemas de plagas y son vulnerables a las duras condiciones meteorológicas. Para asegurar la vigorosidad y productividad de los cultivos, la gestión de los ecosistemas que los sustentan debe garantizar la capacidad de los cultivos de producir y prestar diferentes servicios de manera sana. El establecimiento de ecosistemas sanos depende sobremanera de las prácticas y del apoyo institucional, a saber:

- » **Prácticas agronómicas:** son prácticas que mejoran el crecimiento de los cultivos mediante la prevención o reducción de la competencia de las malas hierbas y el aumento de la fertilidad del suelo para producir plantas sanas que puedan tolerar otros problemas, como las condiciones meteorológicas adversas y la aparición de plagas. Entre estas prácticas figuran la agricultura de conservación, la labranza mínima o cero y la fertilización orgánica. La FAO ha estado a la vanguardia de las actividades de promoción de la agricultura de conservación en las pequeñas granjas agrícolas de África oriental (véase, por ejemplo, Kaumbutho y Kienzle, 2007; Nyende *et al.*, 2007; Shetto y Owenya, 2007). El sistema se basa en una combinación de varias estrategias: (i) alterar mínimamente el suelo o no alterarlo en absoluto; (ii) mantener una cubierta vegetal permanente, y (iii) practicar la rotación de cultivos. Para cumplir con estos tres elementos clave, se utilizan métodos locales adecuados. La agricultura de conservación se practica en África oriental hace más de dos decenios y cada año aumenta el número de agricultores que la adoptan (Derpsch y Friedrich, 2015). El hecho de que de



no haya adoptado completamente, depende de varias razones, pero generalmente se trata de razones relacionadas con la propiedad de la tierra, el conocimiento, el apoyo normativo y las consideraciones socioeconómicas (Friedrich y Kassam, 2009). De ahí que sea necesario ajustar la agricultura de conservación para adaptarla a las condiciones locales (Knowler and Bradshaw, 2007).

- » **Capacitación de los agricultores:** la inversión en capacitación de agricultores y servicios de extensión en África oriental, en especial a través del modelo de las escuelas de campo para agricultores, tiene un largo historial de resultados gratificantes. Sin embargo, el apoyo a la capacitación de los agricultores a menudo se basa en proyectos y no se mantiene en el tiempo. A este respecto, es fundamental que los gobiernos reconozcan la importancia de la capacitación de los agricultores, en especial de los enfoques agroecológicos intensivos en conocimientos (más que los enfoques convencionales intensivos en insumos).
- » **Medidas reguladoras:** África oriental ha mejorado sus reglamentos fitosanitarios, en particular entre los Estados asociados durante los últimos 10 años, y los países están elaborando normativas comunes (Comunidad del África Oriental (CAO), 2014). La región promovió la normalización de las operaciones fitosanitarias para mejorar el comercio y proteger la agricultura regional contra la aparición de nuevas plagas. Mediante el establecimiento de estrictas medidas reguladoras, se reduce la entrada de nuevas plagas y, en consecuencia, se garantiza la salud de los agroecosistemas y los cultivos.
- » **Estrategias de cuarentena:** En algunos casos, la región se vale de medidas de cuarentena para detener la propagación de una nueva plaga en una zona. Estas medidas son eficaces cuando la aparición de la nueva plaga se descubre en una fase inicial y se confina a una zona. Se trata de prevenir que la plaga siga propagándose y encontrar un mecanismo para restringir la zona infestada.
- » **Políticas en materia de gestión integrada de los cultivos:** Los gobiernos de los países de África oriental tienen mucho interés en garantizar que los agricultores adopten técnicas eficaces de producción de cultivos. Se promueven las políticas que apoyan el desarrollo de los cultivos, entre ellas las medidas de conservación de la salud de los suelos y las aguas. Las políticas que van más allá de estas medidas para abarcar los servicios ecosistémicos que sustentan la agroecología, todavía no se han formulado adecuadamente en la región, o inclusive en el mundo.

Aumento o introducción de los enemigos naturales para el manejo de plagas

Todos los organismos vivos tienen enemigos naturales que controlan su población mediante la depredación, dando lugar a enfermedades o competencia por los recursos. Los enemigos naturales de las plagas se clasifican en depredadores, parasitoides y patógenos causantes de enfermedades. Se presentan de manera natural y evolucionan junto a las plagas. El manejo de las plagas con enemigos naturales se denomina también control biológico y ha dado muy buenos resultados en África oriental en la lucha contra varias plagas. Existen varias formas en que los enemigos naturales se han utilizado para el manejo de las plagas.



Capacitación de los agricultores sobre los enemigos naturales presentes en sus granjas

Los agricultores han sido capacitados sobre los enemigos naturales que se encuentran en sus granjas, tales como arañas, mariquitas y avispas. Esta capacitación se ha orientado hacia la conservación in situ de los enemigos naturales para que los agricultores puedan cuidar de estos organismos útiles, mientras utilizan varias prácticas de gestión de los cultivos.

Control biológico clásico

Consiste en la importación o producción masiva de un determinado enemigo natural para introducirlo en el país, sobre todo para luchar contra plagas exóticas. Este método se ha aplicado con buenos resultados en la lucha contra varias plagas, como la arañuela verde de la yuca, la cochinilla de la yuca, la palomita de las coles (plaga de crucíferas), los barrenadores de los tallos (principalmente del maíz) y el barrenador mayor de los granos (del maíz y la yuca seca).

Aumento de los enemigos naturales en el ecosistema agrícola

La mayoría de los enemigos naturales que se han importado y liberado en la flora silvestre se han incrementado siempre para garantizar que la población de plagas se reduzca. Además, en Kenia existe un mercado creciente de enemigos naturales y se ha establecido varias compañías para la fabricación y comercialización de productos de control biológico, como por ejemplo, parasitoides, depredadores, hongos entomopatógenos y nematodos, y antagonistas para enfermedades transmitidas por el suelo. Este método se está utilizando extensamente en el sector hortícola para luchar contra las plagas de las plantas y flores en los invernaderos, lo que ha dado lugar en el decenio anterior al crecimiento de una industria especializada en la fabricación de estos agentes. Cabe destacar que, al igual que con los métodos de control químico, existen indicios de que las especies de plagas combatidas pueden adquirir resistencia a los agentes, en especial a los entomopatógenos (véase, por ejemplo, Shelton *et al.*, 1993). Este método exige una selección cuidadosa del producto y la elaboración de un paquete eficaz de gestión de la resistencia.

Utilización de las señales químicas propias del insecto para modificar su comportamiento

Los insectos utilizan señales químicas (feromonas) para comunicarse entre sí, ya sea dentro de su misma especie o con otras especies. A lo largo del tiempo, los científicos han estudiado las señales de comunicación emitidas por los insectos y han descubierto algunas moléculas que, al modificar el comportamiento de los insectos, se pueden utilizar para el manejo de las plagas. Por ejemplo, las señales sexuales son las más utilizadas en el manejo de plagas para atraer (principalmente) a los machos a un lugar para matarlos. El atrayente se mezcla con un veneno para matar machos, los cuales, atraídos por la señal que en circunstancias naturales hubiera emitido un hembra, caen en la trampa mientras buscan a la pareja. Con la disminución de los machos para el apareamiento, disminuye el número de hembras fecundadas y la población se reduce con el tiempo. La utilización de feromonas sexuales en África oriental ha aumentado en



los últimos veinte años y existen varios productos para diferentes plagas (véase, entre otros, Thomson *et al.*, 1999). Por ejemplo, existen productos para el minador de las hojas de tomate (*Tuta absoluta*), la plaga más reciente en la región; para la palomita de las coles (*Plutella xylostella*), y para el gusano de la cápsula (*Helicoverpa armigera*).

Otra forma de atrayente son los cebos proteínicos. La mayoría de los insectos busca proteínas y energía como alimento para su crecimiento y reproducción. Por ejemplo, las moscas de las frutas hembras necesitan proteínas para alcanzar el nivel normal de fertilidad y estimular la producción de huevos. El cebo proteínico se utiliza para atraer insectos y en general se mezcla con un producto químico venenoso para ellos. Además, los insectos atraídos pueden morir ahogados en la suspensión proteínica. En África oriental, los cebos proteínicos se utilizan actualmente en el manejo de la mosca de las frutas. Aunque este método utiliza productos químicos tóxicos, su impacto se limita a los insectos que son atraídos por el cebo gracias al empleo de feromonas específicos a la plaga que se quiere combatir. La cebadura se utiliza también en la horticultura para controlar eficazmente a los moluscos (babosas y caracoles). Las trampas pasivas que contienen un cebo químico o biológico y/o un atrayente visual para los insectos también se han empleado de manera generalizada en el control de las moscas tsetsé (Dransfield *et al.*, 1990; Holmes, 1997; Allsopp, 2001).

Utilización de estrategias de manejo integrado de plagas

El MIP no es una tecnología propiamente dicha, sino una serie de medidas establecidas para el manejo de las plagas. Se supone que estos métodos son compatibles entre sí para proporcionar una solución eficaz y económicamente viable al control de plagas. El MIP es una estrategia de manejo de plagas basada en el conocimiento que recurre a la exploración para tomar una decisión sobre qué opciones utilizar, después de considerar los límites de exposición a la peste. En África Oriental, el MIP se ha promovido ampliamente, pero no se ha determinado completamente el nivel mínimo de aplicaciones de tecnologías a un ciclo de cultivo que pueda definirse como prácticas de MIP aplicadas. Sin embargo, al reconocer la necesidad del MIP, los agricultores siguen mejorando y reduciendo el empleo de plaguicidas.

Estrategias de gestión de la polinización

La polinización es un precursor de la fertilización de muchas plantas en floración y, por tanto, un proceso importante en la producción agrícola. En Kenia, los insectos polinizantes contribuyen considerablemente a los rendimientos de varios cultivos dependientes de los polinizadores. Se han hecho esfuerzos encaminados a diseñar estrategias para la conservación de los polinizadores en las tierras agrícolas. La idea es poder mantener la presencia de una cantidad suficiente de polinizadores en las tierras agrícolas para beneficio de los cultivos producidos en ellas. Otra estrategia consiste en mejorar la contribución de las zonas protegidas a la prestación de servicios de polinización en las tierras agrícolas colindantes. En general, las estrategias para la conservación de los polinizadores son ecológicamente inocuas y comprende las siguientes prácticas (pero sin limitarse a ellas):



Figura 3. **Agricultores graduados después de una temporada completa en el entrenamiento de polinización de las Escuelas de Campo para Agricultores**



- » **Mantener setos en las tierras agrícolas:** estas plantas ofrecen a los polinizadores polen y néctar todo el año. Además, son lugares de anidamiento para varios tipos de abejas.
- » **Prácticas agronómicas:** los agricultores son expertos en prácticas favorables a los insectos polinizadores para proteger y aumentar los recursos florales y los lugares de anidamiento a disposición de estos insectos. Como ejemplos se pueden citar, entre otros, las prácticas de la agricultura de conservación, el policultivo y el mantenimiento de superficies no cultivadas en la granja.
- » **Prácticas de lucha contra las plagas:** a los agricultores se les aconseja adoptar prácticas favorables a los polinizadores y evitar las que son perjudiciales para ellos. Por ejemplo, extender la adopción del MIP y reducir el uso plaguicidas tóxicos.
- » **Colocar en lugares estratégicos de las granjas ramas y troncos viejos para ofrecer a las abejas que anidan en ellos un lugar de cría:** se trata de una estrategia práctica de gestión de la polinización utilizada en el Brasil por los productores de granadilla; en Kenia se está realizando estudios para ver las formas de garantizar que esta estrategia se aplique exitosamente en los huertos de granadillas.
- » **Suministro de colmenas manejadas para la polinización en las granjas:** aunque se trata de una práctica limitada actualmente, en algunos sistemas hortícolas intensivos de alta producción los agricultores están utilizando colmenas manejadas para la polinización de la granadilla, el *Phaseolus coccineus* y el calabacín, entre otros cultivos, para cumplir con las normas de rendimiento para la exportación.



RETOS Y AMENAZAS EN LA PRÁCTICA DE LA AGROECOLOGÍA EN ÁFRICA ORIENTAL

Toda actividad agrícola tecnológica e innovadora suele afrontar retos y amenazas durante su aplicación. Las prácticas agroecológicas exigen una comprensión mejor que las tecnologías directas ampliamente conocidas, partidarias de soluciones basadas en una sola intervención para afrontar un problema. Hay mucho que aprender de la aplicación de algunas prácticas como la agricultura de conservación. A continuación figuran algunas esferas claves que se han de tomar en consideración:

- » **Falta de políticas gubernamentales propicias:** algunas políticas de producción alimentaria de África oriental no favorecen la aplicación de enfoques agroecológicos. Por el contrario, promueven prácticas que parecen ir en contra de los principios agroecológicos y que tienen graves repercusiones en los agricultores. Como ejemplo se puede citar el caso los fertilizantes inorgánicos en Kenia. El uso de estos fertilizantes ha aumentado desde la independencia del país en 1963 y muchos agricultores creen que no pueden cultivar sin ellos. Sin embargo, en los últimos dos años ha habido una mayor toma de conciencia del creciente problema de la acidificación e insensibilización de los suelos como consecuencia del uso excesivo de fertilizantes. En estos casos, la adopción de medidas normativas que apoyen la agricultura de conservación y otros enfoques alternativos para restaurar la biodiversidad del suelo contribuirán a restablecer la salud de los suelos e impedir que muchos de ellos se vuelvan estériles.
- » **Métodos de investigación limitados para el manejo de las plagas:** cuando los principales resultados provienen siempre de evaluaciones agronómicas en lugar del uso de enfoques ecológicos para examinar varios planes de manejo. Un problema fundamental de la investigación es que, a diferencia de lo descrito en las evaluaciones agronómicas, no es posible contener las plagas dentro de las parcelas. La mayoría de los diseños de investigación se basan en prácticas agronómicas, cuando es más importante controlar las características del suelo. Las metodologías resultantes crean sesgos cuando, por ejemplo, se realizan pruebas sobre plagas de insectos que requieren un enfoque agroecológico para comprender mejor las implicaciones de las prácticas de manejo.
- » **Información científica insuficiente sobre las interacciones biológicas para apoyar la toma de decisiones en materia de manejo de las plagas,** como tablas de mortalidad y límites de exposición a las plagas.
- » **Importantes obstáculos taxonómicos debido a la disminución de expertos que han prestado apoyo a especímenes provenientes de África oriental:** la región dispone de un número limitado de taxonomistas de varias plagas de insectos polinizantes. Esta limitación es un problema para la adopción de prácticas agroecológicas puesto que el fundamento del manejo de las plagas y la utilización de los recursos biológicos en el manejo de plagas dependen en gran medida de la correcta determinación de la naturaleza de los organismos. Es prácticamente imposible formular un programa válido de gestión de las plagas y la polinización para organismos que no se conocen bien. Por ejemplo, antes que se determinara



la naturaleza de la enfermedad de la necrosis letal del maíz en Kenia, los informes indicaban que se trataba de un problema de hongos, lo que podría haber llevado al uso ineficaz y muy costoso de funguicidas en un intento por controlar la enfermedad. Los costos potenciales podrían haber incluido el apoyo de emergencia a gran escala del gobierno para llevar a la enfermedad a niveles manejables, los costos para los agricultores de continuar con prácticas de manejo inadecuadas, y las repercusiones en la salud ambiental y humana de los funguicidas, entre otros.

- » **Falta de capacidad en el entorno normativo relativo al uso de plaguicidas**, como por ejemplo el aumento de la importación y la utilización de plaguicidas no registrados que están causando problemas de salud pública y ambiental en las zonas rurales.
- » **Plagas y enfermedades nuevas y emergentes**: como consecuencia del cambio climático, la degradación de medio ambiente, la introducción y adaptación deliberada o accidental de plagas existentes o especies que se multiplican repentinamente (Martins *et al.*, 2014).
- » **Falta de capacidad en los servicios de extensión a disposición de los agricultores**: puede tratarse de falta directa de acceso a los servicios de extensión o de falta de información práctica actualizada en los servicios de extensión, así como de escasez de fondos para la capacitación de los agricultores. Facilitar información básica, fichas técnicas, estudios de caso y ejemplos de mejores prácticas es una medida importante para el desarrollo de enfoques agroecológicos eficaces.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

El presente capítulo se centró en un sólo aspecto de la agroecología, concretamente, en aquellas prácticas que tienen efectos negativos en las plagas y positivos en los agentes de control biológico y los organismos polinizantes. Las plagas son factores importantes que perjudican directa e indirectamente el rendimiento de los cultivos. Directamente, a través de los daños ocasionados, e indirectamente, a través de las repercusiones comerciales. Por ejemplo, un país importador rechazará un envío si durante la inspección se observa un organismo nocivo. Por consiguiente, resulta conveniente, desde un punto de vista económico, invertir en el manejo de plagas para reducir sus efectos en los cultivos.

Sin embargo, las prácticas 'modernas' de recurrir a los plaguicidas no han llegado a mostrar los resultados completos que los agricultores a menudo esperan en materia de reducción de las plagas. Esto ha llevado al abuso de los plaguicidas con efectos negativos en los seres humanos, los animales y el medio ambiente. La agroecología incorpora todos los aspectos de la lucha contra las plagas, con una dependencia mínima de los plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, y crea un sistema agroecológico que puede ofrecer soluciones alternativas al problema de las plagas. Los enemigos naturales y los antagonistas son esenciales para reducir las poblaciones de plagas en los campos cultivados. Los agentes polinizadores son esenciales para los cultivos y las plantas que se reproducen por medio de las flores. La dependencia de estos agentes es total cuando las flores macho y hembra se encuentran en diferentes partes de la planta, como en la mayoría de las cucurbitáceas. El aumento y mantenimiento de las poblaciones de los enemigos naturales



y los agentes polinizadores en las tierras agrícolas depende de los agricultores. La variedad de prácticas examinadas en este capítulo encierran grandes potencialidades para reforzar este importante aspecto de la biodiversidad en los paisajes agrícolas de África oriental. Además de sus efectos positivos en el control de las plagas y la polinización de los cultivos, estas prácticas mejoran el crecimiento de los cultivos y dan lugar a rendimientos de mayor calidad. Esto garantiza la suficiencia alimentaria y nutricional de los agricultores y da estabilidad económica a sus hogares. Los beneficios producidos a nivel de los hogares contribuyen al bienestar económico de los países.

A medida que la comunidad agrícola comprenda mejor la agroecología, debemos reconocer que la difusión mayor de este enfoque importante de la producción sostenible de alimentos y la sostenibilidad ambiental no puede ser obra de una o unas cuantas instituciones. Fueron muchos los aspectos de la agroecología que se presentaron en el Simposio Internacional de la FAO, provenientes de personas que trabajan en todo el mundo. El simposio puede ayudarnos a considerar las formas en las que podemos trabajar juntos, a través de redes de investigación y de otros medios. Creemos que existe un gran interés en África entre los numerosos investigadores que trabajan en aspectos de la agroecología, independientemente de que se utilice o no el término específico. Como se examinó anteriormente, África está rezagada en lo que se refiere a la aplicación de la agroecología propiamente dicha. No obstante, basándose en sus propias experiencias, los agricultores están poniendo en práctica varias formas de agroecología. Por consiguiente, estos sistemas necesitan con urgencia el respaldo de los conocimientos científicos y la confirmación de la práctica. Algunas regiones del mundo tienen más experiencia en materia de agroecología y el intercambio de estos conocimientos puede contribuir a establecer unas bases sólidas para la agroecología en África oriental.



REFERENCIAS

- Allsopp, R.** 2001. Options for vector control against trypanosomiasis in Africa. *Trends in parasitology*, 17(1): 15-19.
- Comunidad del África Oriental (CAO).** 2014. *East African Community Portal* (disponible en: www.eac.int; consultado en: octubre de 2014).
- Cook, S.M., Khan, Z.R. & Pickett, J.A.** 2006. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual review of entomology*, 52(1): 375.
- Daily Nation.** 2014. Ministry must take lead in combating lethal maize pest. *The Daily Nation*. 29 November (disponible en: www.nation.co.ke/business/seedsforgold/ministry-must--lead-in-combating-lethal-maize-pest/-/2301238/2539026/-/uxh6ah/-/index.html).
- Derpsch, R. & Friedrich, T.** 2015. *Global Overview of Conservation Agriculture Adoption*. FAO (disponible en: www.fao.org/ag/ca/doc/derpsch-friedrich-global-overview-ca-adoption3.pdf).
- Dransfield, R.D., Brightwell, R., Kyorku, C. & Williams, B.** 1990. Control of tsetse fly (Diptera: Glossinidae) populations using traps at Nguruman, south-west Kenya. *Bulletin of Entomological Research*, 80(03): 265-276.
- Friedrich, T. & Kassam, A.** 2009. *Adoption of conservation agriculture technologies: constraints and opportunities*. IVth World Congress on Conservation Agriculture, New Delhi, February (disponible en: www.fao.org/ag/ca/ca-publications/iv%20wcca%202009.pdf; consultado en: abril de 2015).
- Hasheela, E.B.S., Nderitu, J., Olubayo, F. & Kasina, M.** 2010. Evaluation of Border Crops against Infestation and Damage of Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) by Diamondback moth (*Plutella xylostella*), *Tunisian Journal of Crop Protection*, 5 (1): 99-10.
- Holmes, P.H.** 1997. New approaches to the integrated control of trypanosomosis. *Veterinary parasitology*, 71(2): 121-135.
- Infonet-biovision.** 2014. *Natural Pest Control* (disponible en: www.infonet-biovision.org/node/natural_pest_control; consultado en: octubre de 2014).
- Kasina, M., Kimunye, J., Kipyab, P., Mbevi, B., Malinga, J. & Munene, C.** 2012. *Status of millipedes as crop pests in Nyeri and Laikipia Counties, Kenya*. 13th Kari Biennial Scientific Conference, Nairobi, 22-26 October.
- Kaumbutho, P. & Kienzle, J.** (Eds.). 2007. *Conservation agriculture as practised in Kenya: two case studies*. Nairobi, African Conservation Tillage Network, CIRAD, FAO.
- Khan, Z.R., Midega, C.A., Amudavi, D.M., Hassanali, A. & Pickett, J.A.** 2008. On-farm evaluation of the 'push-pull' technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya. *Field Crops Research*, 106(3): 224-233.
- Khan, Z.R., Midega, C.A., Pittchar, J.O., Murage, A.W., Birkett, M.A., Bruce, T.J.A. & Pickett, J.A.** 2014. Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push – pull innovation by 2020. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 369: 20120284.
- Knowler, D. & Bradshaw, B.** 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1): 25-48.
- Martins, D.J.** 2015. Passionfruit (*Passiflora edulis*) Farming in Kenya: Nathan Korir, a Farmer in the Kerio Valley in the North Rift. Kenya Pollination Project Case Study. FAO. En imprenta.
- Martins, D.J. & Johnson, S.D.** 2009. Distance and quality of natural habitat influence hawkmoth pollination of cultivated papaya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 29(3): 114-123.



- Martins, D.J., Miller, S.E., Cords, M., Hirschauer, M.T. & Goodale, C.B.** 2014. Observations on an irruption event of the moth *Achaea catocaloides* (Lepidoptera: Erebidae) at Kakamega Forest, Kenya. *Journal of East African Natural History*, 103(1): 31-38.
- Mbakaya, C.F., Ohayo-Mitoko, G.J., Ngowi, V.A., Mbabazi, R., Simwa, J.M., Maeda, D.N., Stephens J. & Hakuza, H.** 1994. The status of pesticide usage en East Africa. *Afr. J. Health Sci.*, 1(1): 37-41.
- Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., De Santis, P. & Jarvis, D.I.** 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 157: 70-86.
- Mwagore, D.** Undated. *Land Use in Kenya: The case for a national land-use policy*. Land Reform No. 3. Nakuru, Kenya, Kenya Land Alliance (disponible en: www.kenyalandalliance.or.ke/wp-content/uploads/2015/03/kla_land_use_in_kenya_case_for_policy.pdf; consultado en: marzo de 2015).
- Ngowi, A.V.F., Mbise, T.J., Ijani, A.S.M., London, L. & Ajayi, O.C.** 2007. Pesticides use by smallholder farmers in vegetable production in Northern Tanzania. *Crop Prot.*, 26(11): 1617-1624.
- Nyende, P., Nyakuni, A., Opio, J.P. & Odogola, W.** 2007. *Conservation agriculture: a Uganda case study*. Nairobi, African Conservation Tillage Network, CIRAD, FAO.
- Parsa, S., Morse, S., Bonifacio, A., Chancellor, T.C.B., Condori, B., Crespo-Pérez, V., Hobbs, S.L.A., Kroschel, J., Ba, M.N., Rebaudoj, F., Sherwood, S.G., Vanek, S.J., Faye, E., Herrera, M.A. & Dangles, O.** 2014. Obstacles to integrated pest management adoption in developing countries. *PNAS*, 111(10): 3889-3894.
- Risch, S.J.** 1983. Intercropping as cultural pest control: Prospects and limitations. *Environmental Management*, 7(1): 9-14.
- Schaeffers, A.G.** 1996. Status of Pesticide Policy and Regulations in Developing Countries. *J. Agric. Entomol.*, 13(3): 213-222.
- Shelton, A.M., Robertson, J.L., Tang, J.D., Perez, C., Eigenbrode, S.D., Preisler, H.K. & Cooley, R.J.** 1993. Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. *Journal of Economic Entomology*, 86(3): 697-705.
- Shetto, R. & Owenya, M.** (eds.). 2007. *Conservation agriculture as practised in Tanzania: Three case studies*. Nairobi, African Conservation Tillage Network, CIRAD, FAO.
- Thomson, D.R., Gut, L.J. & Jenkins, J.W.** 1999. Pheromones for insect control. *Biopesticides: Use and Delivery*, pp. 385-412. Humana Press.



08

LA BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS PAISAJES AGRÍCOLAS: REVERTIR LAS EXTERNALIDADES DE LA AGRICULTURA

**Fabrice DeClerck^{1,2,5}, Natalia Estrada-Carmona^{1,2,3}, Kelly Garbach⁴,
Alejandra Martínez-Salinas^{2,3}**

¹ Bioversity International, Montpellier, Francia

² Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Programa de Monitoreo de Aves, Grupo Gamma, Turrialba, Costa Rica

³ Departamento de Ciencias de Peces y Fauna Silvestre, Universidad de Idaho, Moscow, USA

⁴ Universidad Loyola de Chicago, Instituto de Sostenibilidad Ambiental, Chicago, IL, USA

⁵ Autor para correspondencia
Correo electrónico: f.declerck@cgiar.org



© Bioversity International/Camilla Zanzanaini



Resumen

La agricultura hace frente al doble desafío de alimentar a una población mundial que se estima alcanzará entre 9.000 y 12.000 millones de personas antes de finales de 2050, y reducir su huella ecológica en el medio ambiente. Aunque se reconoce ampliamente el impacto de la agricultura en el medio ambiente, y a pesar de los llamamientos para intentar reducirlo o mitigarlo son cada vez mayores, el enfoque basado en los servicios ecosistémicos representa una alternativa ahí donde los ecosistemas se manejan para contribuir a la agricultura y mejorarla. En cuanto mayor ecosistema terrestre del mundo, los sistemas agrícolas se deben manejar por los múltiples bienes y servicios que ofrecen. Una cuestión principal para la agroecología es determinar si la adopción a gran escala de enfoques basados en los ecosistemas puede transformar las externalidades ambientales de la agricultura de negativas a positivas y, al mismo tiempo, satisfacer las necesidades de producción de alimentos. La ciencia de los servicios

ecosistémicos desempeña un papel importante en esta transformación, pues se centra en el modo en que se puede manejar la biodiversidad en el uso del suelo y los paisajes agrícolas para obtener múltiples beneficios. Presentamos un ejemplo del Corredor Biológico Volcánica Central Talamaca en Costa Rica, donde se ha emprendido una importante investigación que está comenzando a facilitar información sobre cómo se pueden manejar las interacciones sinérgicas entre conservación, producción agrícola y generación de energía hidroeléctrica para obtener múltiples beneficios. Reconocemos que pueden existir importantes concesiones mutuas entre los numerosos beneficios prestados por los paisajes agrícolas. Sin embargo, centrar la atención en estos múltiples servicios, entender sus mecanismos y cuantificar los beneficios de estas concesiones mutuas proporciona soluciones y espacios nuevos para el manejo de las interacciones positivas entre la agricultura y el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La agricultura hace frente a varios desafíos cruciales en los albores del siglo XXI. En primer lugar, se la ha de manejar, o incluso transformar, para que pueda satisfacer las necesidades calóricas y nutricionales de una población que debería de ascender a entre 9.000 y 12.000 millones de habitantes antes de finales de 2050. Debe lograr este objetivo sin los considerables costos relacionados con la degradación y transformación de la tierra, el agua y los ecosistemas que han caracterizado el crecimiento agrícola durante la segunda mitad del siglo XX, y que han conducido a la aparición del Antropoceno, el nombre propuesto para la actual era geológica que



reconoce el impacto de las actividades humanas a escalas geológicas (Monastersky, 2015). Si se examinan los nueve límites planetarios propuestos por Rockström *et al.* (2009), y ahora por Steffen *et al.* (2014), la huella de la agricultura es demasiado visible. Esto exige una nueva visión de la agricultura, que reconozca la multifuncionalidad de los sistemas agrícolas y que atribuya importancia a las opciones de manejo que transformen las externalidades de la agricultura de negativas a positivas, y que las recompense.

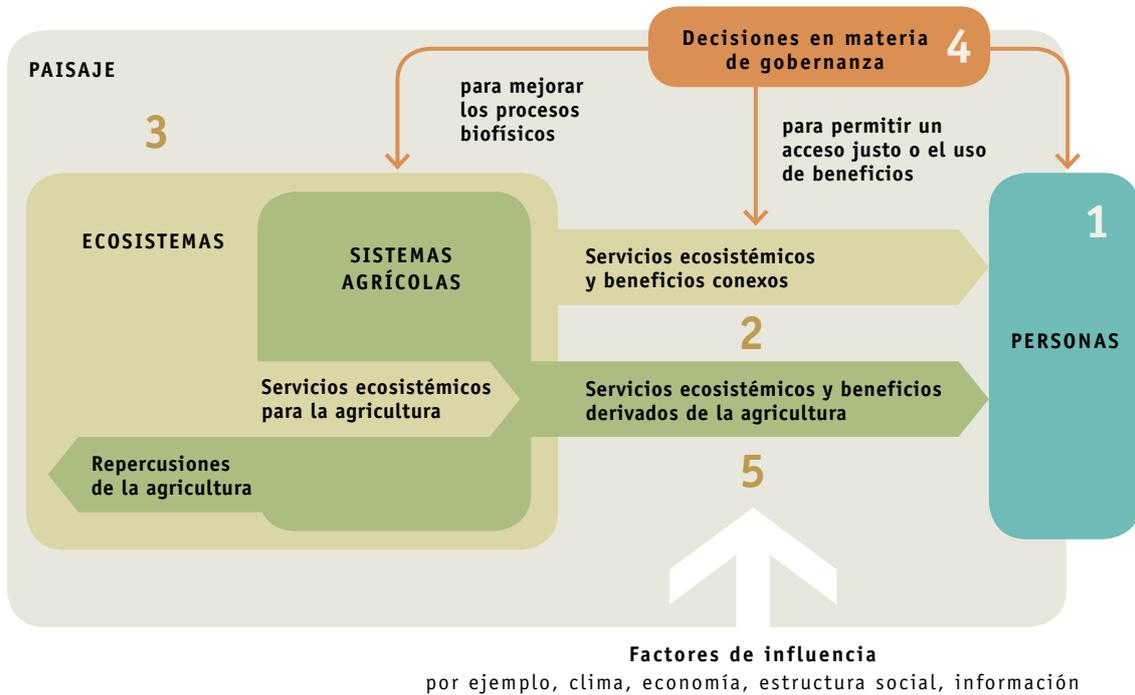
Foley *et al.* (2011), en la obra '*Solutions for a Cultivated Planet*', identifica cuatro estrategias principales para lograr el doble objetivo de la producción agrícola y la conservación del medio ambiente: i) detener la expansión de la agricultura; ii) colmar las diferencias de rendimiento; iii) aumentar la eficiencia de los recursos agrícolas, y iv) cambiar las dietas y reducir los desperdicios. Aunque estas medidas son efectivamente cruciales para lograr el doble objetivo de la agricultura, no indican la manera en que esta se debe transformar. En cuanto sistema terrestre más grande y más sujeto a ordenación del mundo, que cubre casi el 40 por ciento de la masa de tierra del planeta, creemos que la agricultura brinda la mayor oportunidad para los enfoques basados en los servicios ecosistémicos. Estos enfoques, que dependen de la agroecología, son importantes porque cambian nuestro modo de considerar las relaciones entre agricultura y medio ambiente, de una visión que considera el medio ambiente víctima principal de la gestión y expansión agrícolas, a otra que hace hincapié en la dependencia de agricultura respecto al medio ambiente y trata de comprenderla y manejarla.

El enfoque de la agricultura basado en los servicios ecosistémicos reconoce el doble papel de la agricultura (Figura 1). Constata que la agricultura depende fundamentalmente de los servicios ecosistémicos en cuanto constituyen el fundamento de su sostenibilidad (por ejemplo, nutrientes del suelo, agua para el riego y el crecimiento de las plantas, servicios de polinización, regulación de plagas y enfermedades). Asimismo, reconoce la capacidad de la agricultura de proporcionar múltiples bienes y servicios, además de su función primordial de producción de cultivos. El manejo de la agricultura puede orientarse para aumentar la capacidad de almacenar carbono, contribuir a la conservación de la biodiversidad, y mejorar la calidad del agua y la fertilidad del suelo (Figura 2A). Paradójicamente, con la creciente presión mundial sobre los sistemas alimentarios y ambientales, debemos esperar más de la agricultura. Centrarse en los servicios ecosistémicos es un enfoque que contribuye a aumentar la capacidad de los paisajes agrícolas de cumplir estas múltiples funciones (Figura 1).

Se trata de una hipótesis fundamental para los servicios ecosistémicos y la resiliencia planteada por el Programa de investigación del CGIAR sobre el agua, la tierra y los ecosistemas (WLE, 2014; Figura 1). En particular, reconoce los sistemas agrícolas como ecosistemas, o agroecosistemas en sí y por sí mismo, y no como entidades separadas (es decir, sistemas agrícolas y sistemas ecológicos). Aunque se mantiene la relación entre sistemas naturales y sistemas agrícolas, este reconocimiento facilita la ordenación de los sistemas agrícolas y los paisajes agrícolas para la prestación de servicios ecosistémicos, a diferencia de la noción más tradicional que se centra en el modo en que los sistemas agrícolas incorporados en los paisajes agrícolas o colindantes con ellos prestan servicios a la agricultura. Segundo, pone de relieve el estrecho lazo existente entre sistemas agrícolas y bienestar humano, así como la capacidad de los servicios agroecosistémicos de contribuir a los medios de vida. Debido a que los sistemas agrícolas están completamente bajo



Figura 1. El marco sobre el agua, la tierra y los ecosistemas del CGIAR para la gestión de los servicios ecosistémicos y la resiliencia

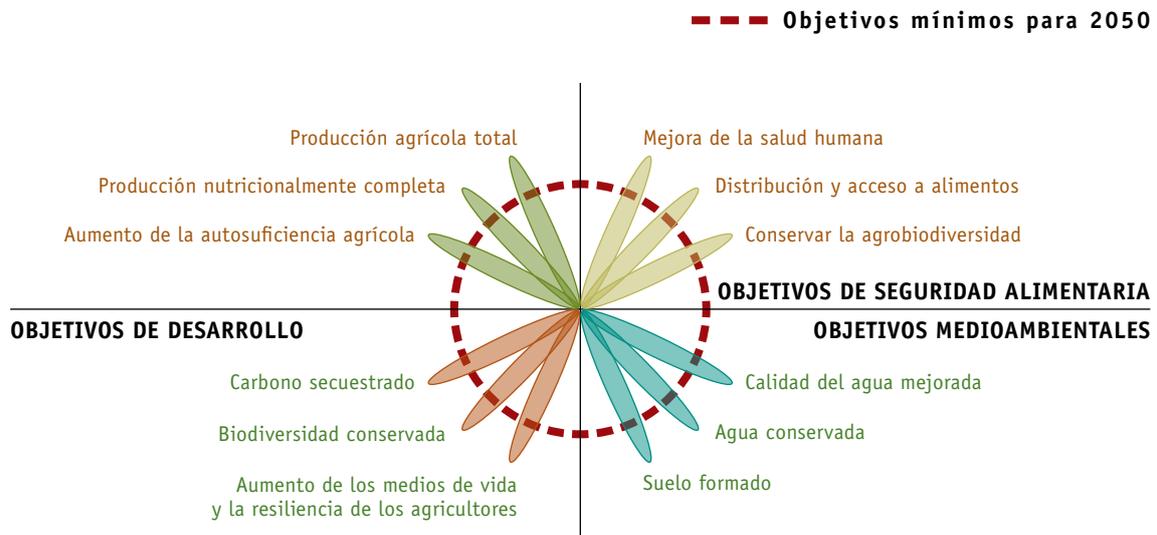


El marco pone de relieve el doble papel de la agricultura como dependiente y, a la vez, proveedor de los servicios ecosistémicos. Destaca la necesidad de medir el impacto de los enfoques basados en los servicios ecosistémicos en los medios de vida, y de contar con instituciones específicas capaces de gestionar los servicios y sus beneficios. Los números indican los cinco principios fundamentales para la gestión de los servicios ecosistémicos del paisaje agrícola: (1) la satisfacción de las necesidades de los pobres es primordial; (2) las personas utilizan, modifican y cuidan el medio ambiente, que proporciona beneficios materiales e inmateriales para sus medios de vida; (3) las interacciones a distintas escalas y distintos niveles de los servicios ecosistémicos en los paisajes agrícolas pueden ordenarse para tener un impacto positivo en los resultados del desarrollo; (4) los mecanismos de gobernanza son herramientas fundamentales para posibilitar el acceso equitativo a los servicios ecosistémicos y la prestación de tales servicios, y (5) el fortalecimiento de la resiliencia implica aumentar la capacidad de las comunidades de desarrollarse de manera sostenible en un mundo incierto.

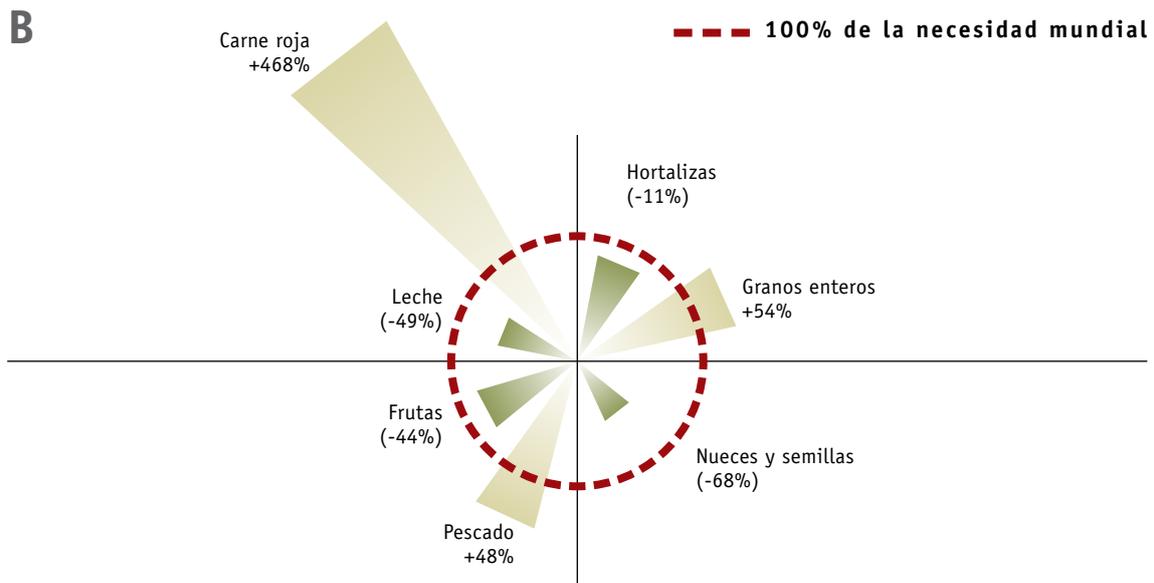
ordenación (en comparación con las zonas protegidas), la posibilidad y el margen de oportunidad para manejar los servicios a través del uso del suelo y la transformación del paisaje es mucho mayor que en los sistemas naturales, que a menudo son objeto de medidas de protección específicas. Otra distinción que surge al considerar los paisajes agrícolas es que el interés por la conservación puede pasar a segundo plano frente a los beneficios en los medios de vida. El aumento de las investigaciones sobre los servicios ecosistémicos de los paisajes agrícolas, en especial en el mundo en desarrollo, está impulsando nuevas investigaciones encaminadas a describir, definir y medir mejor las repercusiones concretas de los aportes de servicios ecosistémicos en los medios de vida y el bienestar de los seres humanos (DeClerk *et al.*, 2006; Ingram *et al.*, 2012; Wood y DeClerk, 2015). Por último, el marco destaca la necesidad de contar con instituciones nuevas o



Figura 2. Los objetivos multifuncionales de los sistemas agrícolas



A



(A) Aunque el papel de producción de la agricultura es fundamental para atender las necesidades de la población en 2050, el logro de los objetivos en materia de producción y conservación exige importantes contribuciones de la agricultura. Esto supone un cambio en el modo de pensar la agricultura, de una visión unifuncional a otra multifuncional de la misma en la que los sistemas agrícolas contribuyan a los objetivos en materia de desarrollo, medio ambiente y seguridad alimentaria.

(B) Murray (2014) indica los componentes de una dieta de bajo riesgo y compara las demandas de estos componentes con la oferta de los sistemas de producción mundiales. Esta comparación establece una relación entre los sistemas de producción de alimentos y la salud humana. Además, destaca la necesidad apremiante de diversificar los sistemas de producción para aumentar la producción de semillas, nueces, frutas y hortalizas.



adaptadas que puedan fomentar la coordinación, las negociaciones y la aplicación de las medidas de manejo de los paisajes para obtener múltiples bienes y servicios.

La idea que proponemos es la de la multifuncionalidad de la agricultura, en la que los sistemas y paisajes agrícolas se evalúan y manejan por los múltiples beneficios que ofrecen. Los retos a que hace frente la agricultura del siglo XXI requieren una idea de la agricultura que contribuya a la protección del medio ambiente y no a su degradación, y que trascienda los límites de su función primaria de producción de alimentos y calorías. Por ejemplo, ¿podemos concebir una agricultura que no sólo proporcione calorías, sino también una producción completa desde el punto de vista nutricional? En la presentación del Foro sobre la Alimentación de Estocolmo (EAT), Murray (2014) subrayó que el sistema de producción mundial es incapaz de proporcionar a la población actual los ingredientes de una dieta de bajo riesgo; el actual sistema de producción de alimentos produce menos frutas (-44 por ciento), leche (-49 por ciento), semillas y nueces (-68 por ciento) y hortalizas (-11 por ciento) de las que se necesitan en una dieta de bajo riesgo. Al mismo tiempo, Murray estima que se recogen y producen porcentajes mayores de pescado (+48 por ciento), carne roja (+468 por ciento) y granos (+ 54 por ciento) de los que se necesitan en dicha dieta (Figura 2B).

Además de modificar la agricultura para que proporcione dietas completas desde el punto de vista nutricional, confiamos cada vez más en que los sistemas agrícolas contribuirán a mejorar la salud humana y, al mismo tiempo, posibilitarán un acceso equitativo a alimentos saludables (Figura 2A). Sin embargo, los sistemas agrícolas deben contribuir también a los objetivos ambientales globales, por lo que debemos abogar por un manejo de la agricultura que, además de mejorar los medios de vida de los agricultores, contribuya al secuestro de carbono, la conservación de la biodiversidad, la formación de los suelos, y la calidad y conservación del agua.

Aunque esta concepción o reto de la agricultura puede parecer idealista, existen pruebas de que los sistemas agrícolas pueden producir estos múltiples beneficios. Milder *et al.* (2012) examinaron 104 estudios, entre ellos 574 comparaciones entre rendimientos y aportación de servicios ecosistémicos en cinco sistemas de intensificación agroecológica: i) la agricultura orgánica; ii) el Sistema de intensificación del arroz (SIA); iii) la agricultura de conservación; iv) la gestión holística del pastoreo, y v) la agricultura de precisión¹. Aunque se constató la existencia de concesiones mutuas entre los rendimientos y la prestación de servicios ecosistémicos, la mayoría de los casos demostraron que los rendimientos podían permanecer estables o aumentar a la vez que aumentaba la prestación de servicios ecosistémicos. El SIA resultó ser particularmente eficaz en este dominio. Sin embargo, fue difícil encontrar estudios específicos que consideraran los múltiples objetivos de los servicios ecosistémicos y los rendimientos de los sistemas de

¹ Aunque la agricultura de precisión no se asocia frecuentemente con la agroecología, la incluimos porque encaja en la más amplia conceptualización de la intensificación agroecológica como enfoque integrado que procura impulsar la productividad y la eficiencia de los sistemas alimentarios basándose en un entendimiento matizado de las necesidades de los cultivos y las condiciones ambientales específicas (Francis *et al.*, 2003). La inclusión de la agricultura de precisión permite considerar de manera explícita las formas en que las prácticas intensivas desde un punto de vista tecnológico pueden contribuir a la gestión de los agroecosistemas para obtener múltiples servicios ecosistémicos.



producción al mismo tiempo. Es cada vez más necesario entender las condiciones y los contextos que apoyan la multifuncionalidad de la agricultura, e identificar las concesiones mutuas que se encuentran con más frecuencia.

EXAMEN DE LA BASE EMPÍRICA

Ya sea que se trate de aumentar la capacidad de los sistemas agrícolas de proporcionar dietas completas desde el punto de vista nutricional o que se intente aumentar la capacidad de estos sistemas para proporcionar múltiples bienes y servicios, la biodiversidad es fundamental. La combinación de las especies en el espacio y el tiempo determina qué servicios se prestan y dónde, cuándo y en qué grado (Naeem *et al.*, 2012). La biodiversidad básicamente sirve como sistema operativo global. De manera similar a los sistemas operativos que hacen funcionar los ordenadores y permiten que los usuarios realicen funciones simples y complejas, la biodiversidad cumple la misma función para los servicios ecosistémicos. La abundancia, combinación y configuración de especies en el espacio y el tiempo determina qué servicios se prestan y dónde, cuándo y en qué grado. No reconocer este hecho reduce la resiliencia del sistema operativo global y, fundamentalmente, repercute en su capacidad de garantizar el bienestar humano. En el marco de su examen de los límites planetarios de la Tierra, Steffen *et al.* (2015) colocaron la “integridad de la biósfera” como uno de los dos límites primordiales, junto con el cambio climático, “cada uno de los cuales, en el caso de que se les trasgreda de manera sustancial y persistente, pueden por sí solos impulsar el sistema Tierra hacia un nuevo estado.” La biodiversidad recibe una atención especial por dos razones:

“La primera capta el papel de material genéticamente único como el ‘banco de información’ que en última instancia determina las posibilidades de que la vida continúe a coevolucionar con el componente abiótico del sistema Tierra de la manera más resiliente posible. La diversidad genética proporciona la capacidad a largo plazo de la biósfera de persistir y adaptarse frente a cambios abióticos abruptos y graduales. La segunda capta el papel de la biósfera en el sistema Tierra que funciona a través del valor, la variedad, la distribución y la abundancia relativa de los rasgos funcionales de los organismos presentes en un ecosistema o biota.”

Lamentablemente, la mayoría de los indicadores del Antropoceno ponen de manifiesto que la biodiversidad se está reduciendo, mientras que las situaciones de presión siguen aumentando a pesar de la creciente respuesta global a la pérdida de biodiversidad (Butchart *et al.*, 2010). Steffen *et al.* (2015) destacan de manera similar que, al comparar los nueve límites planetarios, la pérdida de la integridad de la biósfera ha superado los umbrales permitidos propuestos que están “más allá de la zona de certeza” o en alto riesgo. Sólo los dos límites bioquímicos de los ciclos del fósforo y el nitrógeno comparten este estado, y los tres comparten presiones importantes provenientes de la agricultura. La agricultura, si es una parte tan importante del problema, puede y debe ser parte de la solución. Kolbert (2014) capta bien la preocupación



en su libro *The Sixth Extinction*: “estamos decidiendo, sin proponérselo de verdad, cuáles vías evolutivas permanecerán abiertas y cuáles se cerrarán para siempre. Ninguna otra criatura ha hecho frente a esta situación antes y, lamentablemente, este será nuestro legado más duradero.”

La pérdida de biodiversidad no sólo dependen de la agricultura y de su impacto en el cambio de uso del suelo y en las especies invasivas (dos importantes factores de la pérdida de la biodiversidad), sino que los efectos de esta pérdida en la producción agrícola funcionan en innumerables formas. Las mediciones del cambio de la agricultura y la pérdida de biodiversidad han sido una herramienta cada vez más indispensable para los ecologistas. Los estudios de Daily *et al.* (2001) sobre la biogeografía del campo han demostrado de qué manera la agricultura impulsa los cambios en la composición y la abundancia de las especies, así como la capacidad de los paisajes mosaicos de conservar niveles elevados de abundancia de especies. Un estudio realizado por Frishkoff *et al.* (2014) amplió un poco más este análisis. Utilizando la biodiversidad de aves en el paisaje de Costa Rica, Frishkoff y sus colegas demostraron un importante desnivel entre los bosques, los sistemas diversificados de producción de café y los monocultivos intensivos de café en lo que se refiere a la diversidad filogenética. Llegaron a la conclusión de que los sistemas agrícolas diversificados sustentaron 600 millones de años más de historia evolutiva que los monocultivos intensivos, pero 300 millones menos que los bosques. El mensaje importante no solo es cuánta historia evolutiva estamos perdiendo, sino también cuánta podemos conservar mediante las intervenciones agrícolas.

La diversidad de las especies y la historia evolutiva son medidas importantes, y se relacionan con el primer elemento de la integridad de la biósferas al que aludían Steffen *et al.* (2015). El segundo elemento se relaciona más con la diversidad funcional, y el papel especial que las especies desempeñan en la prestación de funciones y servicios ecosistémicos. Varios estudios muestran tendencias similares (el paso de sistemas agrícolas de naturales a semintensivos e intensivos suele impulsar cambios en la composición y abundancia funcionales) (Flynn *et al.*, 2009; Laliberte *et al.*, 2010). La consecuencia de ello es que a medida que la agricultura se intensifica, la capacidad funcional de los organismos de prestar servicios (por ejemplo, polinizar algunos tipos de flores o controlar insectos nocivos) se puede erosionar más rápidamente que la simple pérdida de especies.

Varias condiciones ecológicas determinan la capacidad de la biodiversidad de ofrecer servicios agroecológicos. Entender estas condiciones y sus interacciones es importante para el manejo agroecológica de los sistemas agrícolas. Incluso para un único servicio ecosistémico, como el control de plagas, tanto los procesos ecológicos a nivel de campo como de paisaje ocurren al mismo tiempo e interactúan para impedir que la población de plagas alcance proporciones epidémicas. Perfecto *et al.* (2004) demostraron de qué modo la transformación de la estructura del dosel de un cafetal agroforestal, de simplificada a compleja, aumentó la diversidad funcional aviar y subsiguientemente la eliminación de las plagas de las parcelas de ensayo. Ricketts (2004), y más recientemente Karp *et al.* (2013), sugirieron que la proximidad a los bosques es un factor importante para que las abejas y aves se extiendan desde sus hábitats naturales hacia los sistemas cafetaleros para prestar servicios de polinización (las primeras) o de control de plagas (las segundas). Steffan-Dewenter (2002) mostraron la relación existente entre la complejidad de los paisajes y la diversidad funcional de los polinizadores, en el marco de un elocuente estudio



en el que se destacaron el modo en que diferentes especies respondían a la complejidad del paisaje a diferentes escalas. El estudio demostró la necesidad de mantener la heterogeneidad paisajística, desde la escala fina hasta la escala más gruesa de los paisajes agrícolas, para conservar tanto la función y resiliencia de la comunidad de polinizadores como los servicios que prestan. Esto pone de manifiesto la necesidad de investigaciones y prácticas agroecológicas para fomentar la capacidad de manejar las interacciones entre procesos múltiples en el espacio y el tiempo, para brindar los diversos servicios y funciones solicitados de los paisajes agrícolas.

ESTUDIO DE CASO: EL CORREDOR BIOLÓGICO VOLCÁNICA CENTRAL TALAMACA

Panorama general

El Corredor Biológico Volcánica Central Talamaca (CBVCT) es un buen estudio de caso para mostrar algunas de estas interacciones en el interior de las escalas y entre ellas (campo, granja y paisaje); pone de relieve tres líneas por las que debe avanzar la investigación agroecológica para apoyar la transformación de las externalidades de la agricultura de negativas a positivas. En este estudio de caso, nos centramos en dos funciones específicas de los paisajes agrícolas, a saber, la lucha contra las plagas y la conectividad para la biodiversidad de la fauna silvestre. En este mismo paisaje se han estudiado otras funciones agroecológicas, en particular la reducción de sedimentos que vincula las necesidades de control de la erosión de las estructuras de generación de energía hidroeléctrica con la gestión agrícola aguas arriba, mediante el pago por el plan de servicios ecosistémicos. Las intervenciones de control de los sedimentos pueden tener importantes interacciones con las funciones de control de plagas y conectividad (Estrada-Carmona y DeClerk, 2012). Este capítulo se centra en una plaga concreta, la broca del café, y en la conectividad para la biodiversidad de las aves. Escogimos este estudio de caso por varias razones, pero sobre todo porque muestra un ejemplo concreto de un enfoque de manejo de los paisajes basado en los servicios ecosistémicos, así como la necesidad de considerar múltiples funciones agroecológicas simultáneamente y a través de las escalas, incluso cuando se considera un único servicio ecosistémico.

El estudio de caso se centra en tres escalas. En la escala más gruesa o amplia, nos concentraremos brevemente en el istmo mesoamericano, seguida de descripciones más detalladas del CBVCT y, por último, de una sola granja situada en el centro del corredor y en los usos de su suelo. Estas tres escalas interactúan; en particular, las medidas tomadas para ordenar los paisajes de la granja a la escala más fina pueden ampliarse y contribuir a la conservación de las funciones a la escala más amplia de la región mesoamericana (DeClerk, 2010).

Corredores Biológicos Mesoamericanos

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) es un proyecto ambicioso puesto en marcha en el decenio de 1990 por organizaciones dedicadas a la conservación con la intención de fomentar la conectividad biológica entre México meridional y Colombia septentrional. Conceptualmente,



el corredor debe permitir a un jaguar atravesar el istmo sin dejar la cubierta forestal (de ahí la asociación del CBM con el Paseo Pantera). La iniciativa tuvo dificultades para obtener un amplio apoyo, en parte debido al reto que supuso convencer a la población local a cambiar las prácticas de uso del suelo para facilitar la movilidad del jaguar. Sin embargo, la noción de corredor sigue desarrollándose y es particularmente fuerte en Costa Rica, donde los corredores regionales reciben el reconocimiento nacional. Este es el caso del CBVCT situado en las pendientes caribeñas del país. A diferencia de los corredores biológicos que evocan imágenes de franjas lineales de bosque que conectan dos zonas forestales, el corredor biológico es una matriz de 140 000 hectáreas de uso mixto, que comprende caña de azúcar, pastizales, plantaciones de café y bosques. Las principales funciones del corredor como medio de vida giran en torno a la producción agrícola, la generación de energía por medio de tres presas situadas en el río Reventazón, que divide en dos el corredor de sureste a noreste; y, en menor grado, el turismo a través de la práctica del 'rafting' en el colindante río Pacuare.

El establecimiento del corredor fue promovido por la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT), que estaba preocupada por el impacto de las actividades de aprovechamiento de la tierra en la calidad y la conservación del medio ambiente en la región. La conservación de los servicios ecosistémicos fue uno de las formas a través de las cuales la APOT pudo galvanizar el apoyo para la creación, la coordinación y el manejo del corredor. Actualmente, el comité de gestión del corredor está integrado por representantes de las partes interesadas públicas y privadas que utilizan la zona. Para estos interesados, la conservación de la biodiversidad, la generación de energía hidroeléctrica, la calidad de agua y los servicios agroecológicos respaldan sus prioridades económicas y sociales. La vinculación del aumento de la eficiencia de la energía hidroeléctrica con la conservación del suelo en las regiones del corredor propensas a la erosión ha sido un interesante estudio de caso en y por sí mismo. Para este ejemplo, Estrada-Carmina y DeClerk (2012) demostraron de qué manera un beneficiario de un servicios ecosistémico concreto se puede vincular con un proveedor del servicio ecosistémico, teniendo como mira un cambio en el uso del suelo para la prestación de los servicios.

Conectar la conservación y la fragmentación de la agricultura

Desde una perspectiva agroecológica, las consultas realizadas con los agricultores de la región indicaron que la lucha contra las plagas y enfermedades era el principal servicio ecosistémico para los productores de café, concretamente el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), una importante plaga agrícola de los paisajes cafetaleros de América Central. A diferencia de la polinización, que para algunos agricultores puede ser un servicio un poco abstracto, la lucha contra la broca del café era claramente importante.

Donde el café se cultiva todo el año, como ocurre en el CBVCT, la broca del café supera las ocho generaciones al año. La hembra de la broca perfora la semilla del café y deja sus huevos en el endosperma. Las larvas se alimentan del endosperma y destruyen efectivamente la semilla. Luego, la hembra adulta sale del fruto en búsqueda de nuevos frutos para colonizar. Una hembra puede tardar hasta ocho horas en perforar una semilla en buen estado, y este probablemente sea uno de los momentos en que la plaga está más expuesta a la depredación. Existen varios



mecanismos de control. Uno de los más eficaces (pero que requieren mayor densidad de mano de obra) es la extracción completa de las semillas de café (maduras e inmaduras, en la planta y fuera de ella) de la plantación durante la cosecha. Este método afecta al ciclo reproductivo y de dispersión de la plaga. Más frecuente es el uso de productos agroquímicos, entre ellos el endosulfán, un plaguicida altamente tóxico.

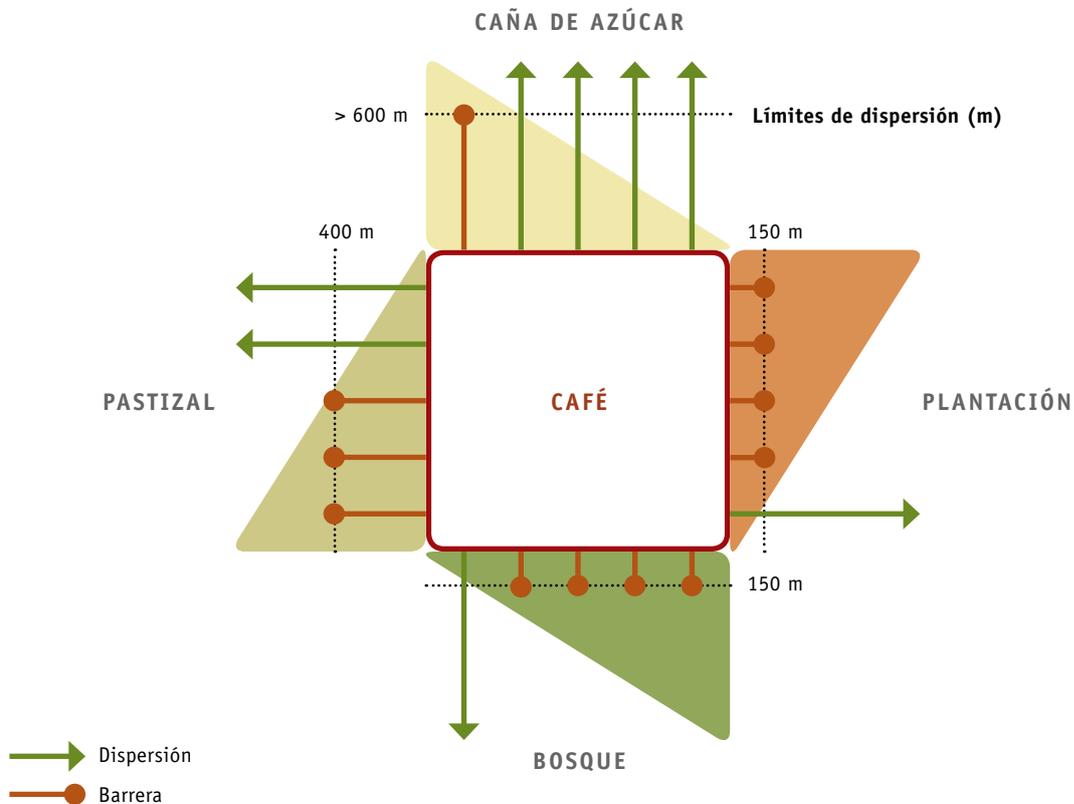
Desde un punto de vista agroecológico, existen cuatro mecanismos para el control de la broca del café. Como se indicó antes, la eliminación de la plaga de la plantación durante la cosecha es un método eficaz, pero intensivo en mano de obra. Un segundo método consiste en aumentar la diversidad genética de la planta cultivada para reducir los riesgos de plagas y enfermedades, aunque no se trata de una práctica común o explícita utilizada para el café. El tercer método consiste en alterar las condiciones agroecológicas de la parcela para que el hábitat sea inhospitable para la broca del café. Para lograrlo, se pueden aprovechar varios procesos ecológicos, por ejemplo, utilizar la agroforestería para modificar las condiciones ambientales de la parcela (es decir, temperatura, humedad, exposición, velocidad del viento). Existen algunos estudios realizados en el corredor a estos efectos, aunque se han centrado más en la gestión de patógenos fúngicos con límites ambientales más estrechos. Modificar el hábitat también puede implicar aumentar la densidad de depredadores. Perfecto *et al.* (2004) pusieron de relieve este hecho, al mostrar que el aumento de la complejidad estructural del componente arbóreo de los cafetales agroforestales aumentaba la diversidad funcional de las aves insectívoras y la actividad predatoria sobre las presas expuestas. Algunos estudios en zonas de exclusión han demostrado este efecto en los cafetales agroforestales (Karp *et al.*, 2013), con tasas de eliminación de las presas de hasta 50 por ciento.

Cuarto, los paisajes pueden ordenarse para conseguir los mismos efectos, mediante el aumento de la movilidad y el acceso de los depredadores a las poblaciones de plagas y/o, lo opuesto, la reducción de la movilidad de la población de plagas. Se han realizado varios estudios sobre estos procesos. Avelino *et al.* (2012) trabajando en el CBVCT localizaron 29 parcelas cafetaleras y caracterizaron el contexto paisajístico alrededor de estas parcelas en 12 sectores circulares jerárquicos con radios que iban de 50 a 1 500 metros. Esta caracterización permitió clasificar las parcelas cafetaleras como intactas o fragmentadas a escala de fina a media, e indicar si esa fragmentación de los cafetos estaba rodeada de bosques, caña de azúcar o pastos. Luego, el análisis de correlación entre las proporciones de cada uso del suelo a escalas comprendidas entre 100 y 3 000 metros, y la incidencia de plagas y enfermedades del café, permitió evaluar si la fragmentación de las parcelas cafetaleras en el paisaje tenía un efecto en la incidencia de las enfermedades. Los resultados de este estudio muestran una significativa correlación negativa entre la cubierta forestal y la broca del café, que alcanzaba su punto máximo a un radio de 150 metros, y una significativa correlación positiva con la superficie de café, que alcanzaba su punto máximo a la misma escala (Figura 3). Cabe observar que los autores también encontraron una significativa correlación negativa entre la broca del café y los pastos, que alcanzaba su punto máximo a 400 metros.

Olivas (2010) examinó más detenidamente estas correlaciones a escalas más finas utilizando transectos emparejados con trampas para brocas situadas a 10 metros de distancia una de otra, colocadas desde 40 metros dentro de las parcelas cafetaleras hasta 140 metros dentro de los



Figura 3. Representación gráfica de los efectos de dispersión ponderados según la distancia de paisajes heterogéneos



La composición y configuración del paisaje repercute en el flujo de organismos entre las parcelas colindantes. El trabajo en Costa Rica indica que los bosques, los pastizales y la caña de azúcar pueden servir como barreras al desplazamiento de la broca del café, aunque se necesita una extensión de pastizal (400 m) y de caña de azúcar (>600 m) mucho mayor en comparación con los bosques (150 m). El estudio sobre la broca del café y la investigación sobre las aves en Costa Rica sugiere que la matriz de los paisajes puede mantener, de por sí, más servicios que aquellos en los que predomina un único uso del suelo.

bosques, los pastos o las parcelas de caña de azúcar colindantes. Controlando estas trampas cada dos semanas durante 120 días en el período de máxima dispersión de la broca del café, se constató que las densidades de brocas eran considerablemente más elevadas en las parcelas cafetaleras (95 por ciento de las capturas), con muy pocos indicios de dispersión en los usos de tierra adyacentes (5 por ciento de capturas). La poca dispersión observada fue mayor en la caña de azúcar (0,035 hembras por día), después en los pastos (0,023 hembras por día) y casi inexistente en el bosque (0,005 hembras por día). La dispersión fue mayor en los primeros 10 metros más próximos al borde de los cafetales y se reducía considerablemente más allá de este punto, con una disminución mucho más escalonada entre los 20 y los 140 metros, lo que indicaba fuertes efectos en el borde. Estos resultados complementan el estudio del paisaje de



Avelino *et al.* (2012), que sugiere que la broca no afronta bien la fragmentación del paisaje y que existen barreras diferenciadas para su dispersión, controladas por uso de los suelos colindantes. Los bosques son la principal barrera para la dispersión de la broca, los pastos son la segunda barrera más importante y la caña de azúcar la barrera más franqueable.

Estas observaciones nos han llevado a formular la hipótesis de que la fragmentación del bosque, aunque se considera generalmente una característica negativa en materia de conservación, puede muy bien ser una característica positiva de los paisajes agrícolas. Sostenemos que existen efectos de dispersión ponderados según la distancia de los paisajes heterogéneos (Figura 3). En otras palabras, la plaga que se origina en un determinado uso del suelo (en este caso, producción de café), tendrá mayor o menor dificultad/facilidad de dispersión a través del paisaje según los usos de los suelos colindantes. En el caso de la broca del café, el uso del suelo forestal sirve como barrera eficaz a distancias de 150 metros o más. Los pastizales también pueden servir como una barrera eficaz, pero se necesitan al menos 400 metros de pasto para que el efecto barrera se manifieste. Aunque estas cifras se pueden determinar para poblaciones de plagas y usos del suelo específicos, también podemos generalizar y afirmar que la homogeneización del paisaje, en especial en entornos tropicales, facilita la infestación de plagas y aumenta la necesidad de intervenciones para controlarlas. En cambio, la fragmentación de los paisajes agrícolas, al incrementar la complejidad de la composición y configuración de los usos del suelo, constituye un obstáculo natural contra las epidemias de plagas. En efecto, esto es lo que Fahring *et al.* (2010) han propuesto en relación con el impacto de la heterogeneidad de los usos del suelo y la conservación de la biodiversidad, es decir, que el aumento de la complejidad de la composición y la configuración del paisaje debería aumentar el valor de conservación de la biodiversidad de los paisajes agrícolas, y reducir los riesgos de incidencia de plagas y enfermedades. Esta hipótesis, que encuentra cada vez más apoyo en las regiones templadas y tropicales, sugiere que el uso compartido de las tierras es una estrategia importante para afrontar el doble objetivo de la agricultura, a saber: aumentar la producción de alimentos y reducir su impacto ambiental.

Aunque los mecanismos ecológicos son cada vez más claros, con los mecanismos a escala de campo y a escala de paisaje que contribuyen a combatir las plagas, entender las variables sociales puede ser mucho más difícil. Las intervenciones a escala de campo son un poco más fáciles ahí donde los derechos de tenencia de la tierra están claramente definidos. Buenas evidencias agroecológicas sobre las mejores prácticas, respaldadas por servicios de extensión públicos o privados, pueden contribuir a la toma de decisiones de los agricultores y a la aplicación de las mejores prácticas. Sin embargo, el examen de los efectos del paisaje destaca que el servicio ecosistémico de la regulación de las plagas comparte las mismas características de los recursos comunes (Ostrom, 2009). Esto es, muchos comparten sus beneficios, pero nadie los controla individualmente. Para asegurar estos servicios se necesita la comunicación o coordinación entre las granjas.

En nuestras conversaciones con los agricultores del CBVCT sobre la broca del café, se hicieron patentes algunas frustraciones en relación con la plaga, como la preocupación por el hecho de que los esfuerzos individuales de los agricultores a menudo se frustraban porque no se repetían en las parcelas colindantes. También se pudo reconocer una cierta presión ejercida por los propios colegas en relación con la broca del café: aunque la pérdidas de rendimiento debido a las plagas son importantes, ser reconocido como el origen de las infestaciones que afectan a las granjas vecinas es humillante. De esta manera, los agricultores se familiarizaron indirectamente



con la noción de dispersión de las plagas y no tardaron en mostrar mucho interés por entender cómo podrían limitarla. Esto pone de manifiesto un aspecto fundamental en la gestión de los servicios ecosistémicos; aunque los paisajes agrícolas aportan muchos servicios, un subconjunto de estos servicios tiene un mayor valor social y puede estimular cambios de comportamiento.

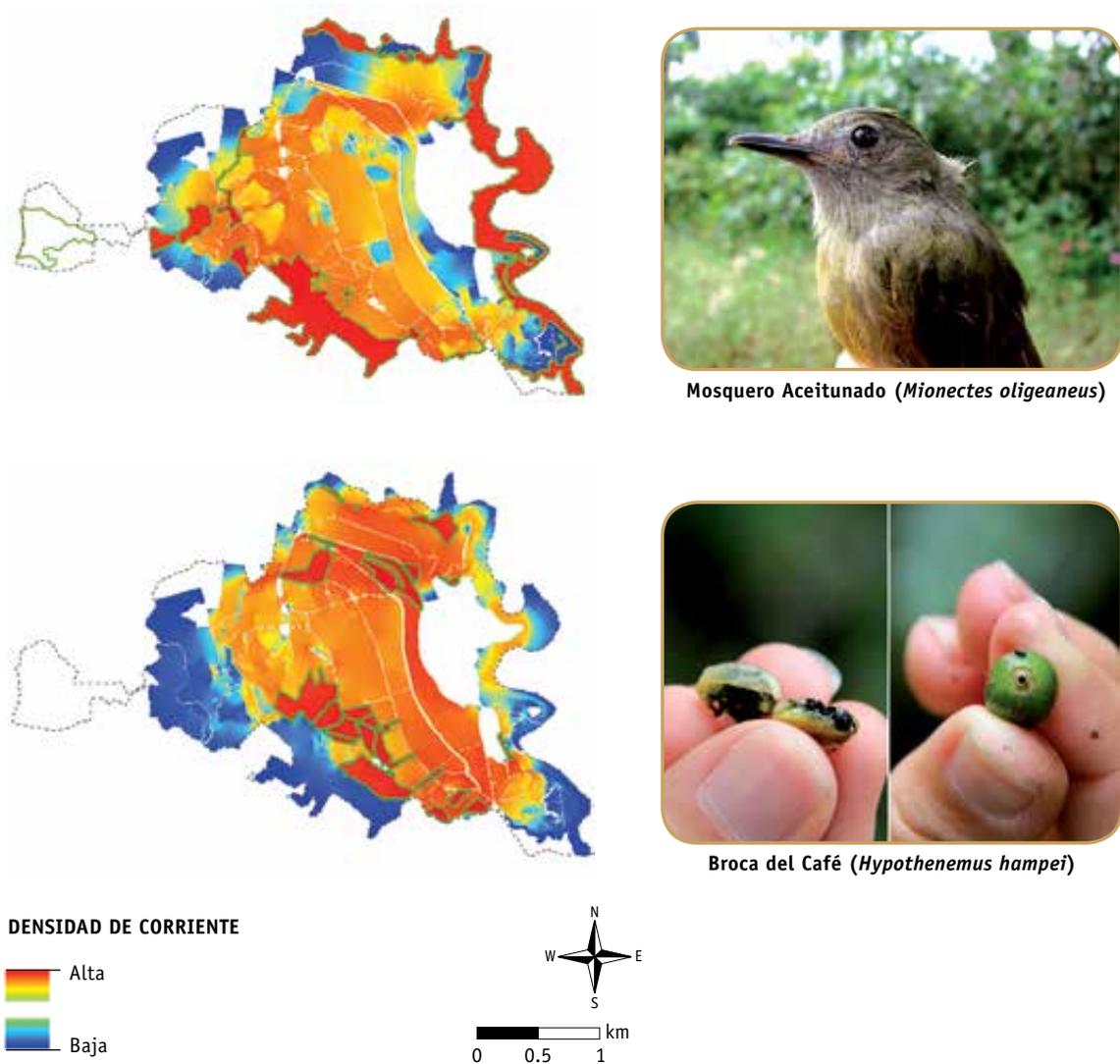
Estas innovaciones se han sometido a prueba en la granja del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), una granja de 1000 hectáreas situada en el centro del corredor, que comparte muchos de los mismos usos del suelo con el más amplio CBVCT. Por su tamaño relativamente grande y su composición, la granja se asemeja al CBVCT, incluso en lo que se refiere a las interacciones entre las múltiples granjas individuales. En los últimos siete años, se han capturado aves mediante redes de neblina en los diferentes usos del suelo para comprender el valor de la conservación de estos usos (bosques, cafetales agroforestales simples/complejos, caña de azúcar, café, producción agroforestal de cacao y pastizales) (Martínez-Salinas y DeClerk, 2010). Estos datos han dado una idea más clara del modo en que la biodiversidad aviar utiliza los paisajes agrícolas, en particular, de que los sistemas agroforestales, aunque pueden cumplir una función importante en la creación de hábitats para la biodiversidad de la vida silvestre, también puede ofrecer importantes corredores para conectar suficientes parches de hábitat nativos. Cabe destacar que en la granja se han encontrado más de 118 especies de aves. El 85 por ciento de estas especies incluye a los invertebrados en su dieta, y el 25 por ciento se alimenta exclusivamente de insectos.

Buscar innovaciones de apoyo y beneficiosas para todos

El director de la granja del CATIE, la Rainforest Alliance y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos brindaron la oportunidad de poner a prueba estas ideas en la práctica. En un esfuerzo por hacer de la granja del CATIE una de las primeras granjas certificadas por la Rainforest Alliance para la producción ganadera, se incrementó la siembra de setos vivos alrededor de todos los pastizales y se redujo la intensidad de la poda. El objetivo era crear una verdadera red de vías y corredores por los cuales la biodiversidad de la vida silvestre pudiera acceder a los hábitats forestales protegidos situados dentro de la granja del CATIE y alrededor de ella en los próximos 5 a 10 años. Aunque tardará algún tiempo comprobar que la intervención tiene el efecto deseado en la biodiversidad aviar, en especial en lo que se refiere a las mediciones de la dispersión, los modelos informatizados que utilizan los datos sobre las capturas con redes de neblina respaldan la idea de que las intervenciones darán lugar a un aumento importante de la conectividad. La Figura 4A es un mapa Circuitscape (McRae *et al.*, 2008) que pone de relieve el estado de conectividad de la granja para el mosquero aceitunado (*Mionectes oliganeus*), una especie dependiente del bosque que se encuentra con frecuencia en el bosque ribereño del río Reventazón colindante con el campo del CATIE, pero raramente en las tierras para uso agrícola. En el mapa, los parches forestales aparecen en color rojo intenso con borde verde. La matriz de uso mixto entre los parches se ha convertido en valores de conductancia, tomados prestados de la teoría de los circuitos eléctricos. Una elevada conductancia (rojo intenso) indica un flujo elevado de corriente o, en este caso, una elevada probabilidad de movimiento del mosquero. La gradación de color hacia el azul indica escasa conectividad. Lamentablemente, el mapa muestra un paisaje fragmentado para el mosquero, con algunos movimientos a lo largo del borde sur de la granja.



Figura 4. Modelización de la conectividad en la granja del CATIE de 1000 hectáreas en Costa Rica para dos especies: el mosquero aceitunado (*Mionectes oliganeus*) dependiente de los bosques y la plaga agrícola de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)



El hábitat primordial de cada especie se indica mediante los parches rojos rodeados con un borde verde (bosques para el mosquero y cafetales para la broca). La matriz entre los parches de hábitat se modeliza para la conectividad, con un rojo intenso que indica alto grado de conectividad, y un azul oscuro que indica baja conectividad.



Este mismo ejercicio de modelización se repitió para la broca del café utilizando datos provenientes de experimentos realizados con trampas para la broca en los paisajes del CBVCT (Figura 4B). En lugar de considerar si la broca del café podía desplazarse entre los parches de bosques, se delimitaron los parches de cafetos como el hábitat principal, y se evaluó la capacidad de dispersión de la plaga a través de toda la granja. Los resultados son casi opuestos a los del ejercicio con el mosquero aceitunado; para esta especie de plaga el paisaje de la granja está en gran medida conectado. Los resultados combinados de Avelino *et al.* (2012), Olivas (2010) y este ejercicio de modelización indican que la configuración del paisaje puede ser fundamental para aportar servicios ecosistémicos o, en el caso de la broca del café, para causar perjuicios ecosistémicos. La fragmentación de los paisajes cafetaleros desempeña el doble papel de facilitar los efectos de propagación de la biodiversidad funcional, que en este caso aumentan el movimiento de los depredadores de la broca del café y, al mismo tiempo, constituir una barrera para la emigración de la plaga de una parcela de café a otra. Nosotros llamamos afectuosamente a este proyecto ‘puentes y barreras’ por la solución beneficiosa para todos que pone de manifiesto al dispensar beneficios en materia de conservación mediante la conectividad, y levantar barreras contra la dispersión de la plaga.

Los datos no indican que los métodos agroecológicos pueden eliminar completamente la broca del café. Sin embargo, demuestran la necesidad de gestionar múltiples funciones ecológicas simultáneamente para aumentar la eficacia de las prácticas (es decir, diversidad genética, hacer que un hábitat sea hospitalario/inhospitalario para plagas/depredadores, aumentar/reducir la movilidad de las poblaciones de depredadores/plagas, entre otros). Estas funciones pueden ser complementadas posteriormente mediante el apoyo a prácticas de manejo, como la limpieza. Como se pone de manifiesto en este caso, si el ecosistema aporta servicios o causa perjuicios depende de las decisiones en materia de manejo que se tomen con respecto a la composición y configuración del uso del suelo. La agroecología se encuentra en un punto crucial de su evolución para promover los servicios ecosistémicos prestados por los agroecosistemas y mejorar su gestión para transformar las externalidades agrícolas de negativas en positivas.

CONCLUSIONES

El estudio de caso del CBVCT es un ejemplo del intento por parte de investigadores, agricultores e interesados en el paisaje de entender la manera de ordenar un paisaje compartido en función de sus múltiples beneficios y servicios ecosistémicos. Los últimos diez años de trabajo en este proceso nos han enseñado la importancia de hacer corresponder las escalas ecológica y de gobernanza al asegurar la prestación de servicios ecosistémicos (Fremier *et al.*, 2013). Nuestra evaluación inicial de los usos y prioridades relacionados con la tierra en el corredor puso de manifiesto varias prioridades de las partes interesadas, que también son comunes a muchos otros paisajes de América Latina (Estrada-Carmona *et al.*, 2014). Destaca como importante el deseo de las comunidades de contar con opciones e instituciones para la gestión de los bienes comunes, como la biodiversidad y los servicios conexos.



Concretamente, en el CBVCT se señaló que la reducción de los sedimentos era una prioridad para aumentar la eficiencia de la generación de energía hidroeléctrica, que la gestión de la conectividad biológica era una prioridad para apoyar la función del corredor, y que el control de plagas interesaba a las comunidades agrícolas. Por cada uno de estos servicios, se pueden identificar varios procesos ecológicos, se puede identificar al proveedor del servicio mediante el uso de herramientas cartográficas selectivas y, también, se puede identificar fácilmente al beneficiario. Estos son los requisitos previos indispensables para la gestión de los servicios ecosistémicos. La ausencia de uno de estos tres elementos pone en peligro la gestión de tales servicios. Es fundamental identificar los mecanismos ecológicos para garantizar que tanto los procesos a través de los cuales se puede entender la función de los servicios, como las opciones de manejo se basen en una base empírica reconocida. La identificación de un proveedor y un beneficiario específicos de los servicios (personas, grupos de personas o instituciones públicas) determina las opciones de intervención y las escalas de manejo adecuadas. Estas pueden variar desde las granjas individuales o agricultores familiares que actúan como proveedores de servicios ecosistémicos y como beneficiarios en el caso de servicios agroecológicos a escala de la granja, pasando por las comunidades agrícolas en el caso de las funciones basadas en la proximidad como la polinización y el control de plagas, hasta las funciones más amplias a escala del paisaje como en el caso de la reducción de los sedimentos para aumentar la eficacia de la generación de energía hidroeléctrica en el corredor, o para el manejo de la conectividad biológica.

Destacamos tres consideraciones adicionales que estimamos fundamentales para el manejo de los servicios ecosistémicos. Primero, para que los enfoques basados en los servicios ecosistémicos sean opciones viables para la ordenación de los paisajes agroecológicos, debemos equiparnos mejor para comprender y manejar los múltiples procesos que interactúan para aportar una sola función. En el caso de la lucha contra las plagas y enfermedades, esto supone manejar la diversidad genética para la resiliencia, y la idoneidad/no idoneidad del hábitat para las poblaciones de depredadores/plagas respectivamente. Del mismo modo, comprender la diversidad funcional y su conectividad es importante para el manejo de las tasas de inmigración y emigración de las comunidades de depredadores y plagas, así como los posibles efectos de propagación de los depredadores y las distancias. Estos múltiples procesos rara vez se estudian simultáneamente, a pesar de que su combinación e interacción contribuyen a las funciones de control de las plagas. Más bien, la mayoría de los estudios examinan un solo proceso ecológico aislado para medir su efecto.

La segunda consideración es semejante a la primera. Las escalas desempeñan un papel fundamental en el manejo de los servicios ecosistémicos, desde el nivel de campo hasta el de paisaje. Los procesos agroecológicos mencionados anteriormente actúan a diferentes escalas. Por consiguiente, entender estas escalas permite conocer cuáles son las funciones de manejo de que se dispone y, aún más importante, qué tipos de instituciones se necesitan para garantizar el servicio: extensión agrícola para servicios basados en el campo, cooperativas de agricultores para funciones a escala de la granja, y por último, pagos por los servicios ecosistémicos para funciones a escala del paisaje.



La tercera consideración se refiere a la necesidad de valorar mejor la biodiversidad por los servicios que prestan a los paisajes agrícolas. En algunos casos, esto puede hacerse mediante estimaciones económicas. Por ejemplo, Ricketts (2004) estimó que los servicios de polinización brindados por los bosques colindantes con dos grandes granjas en Costa Rica valían 60 dólares EE.UU. por hectáreas al año. Del mismo modo, Karp *et al.* (2013) estimaron el valor de los servicios de control de plagas brindados por los bosques colindantes con las plantaciones de café en alrededor de 75 dólares EE.UU. a 310 dólares EE.UU. por hectárea al año. Estos valores ya son superiores a los pagos de los costarricenses por el plan de servicios ecosistémicos, que se sitúan en torno a los 80 dólares EE.UU. por hectárea al año. La valoración no implica necesariamente monetización; también puede ser social o individual. Sin embargo, debe ser suficientemente alta para influir en la toma de decisiones, por ejemplo en los cambios en la composición y configuración del uso del suelo.

Para terminar, la focalización bastante singular en las funciones de producción de la agricultura, si bien comprensible y prioritaria para los paisajes agrícolas, se ha conseguido a un costo ambiental muy alto. Aunque puede parecer que nuestro mundo es cada vez más digital, con la esperanza de que los remedios tecnológicos resuelvan la mayoría de nuestros problemas, la realidad es que vivimos en un planeta biológico en el que los sistemas cruciales de apoyo a la vida son el fruto de interacciones biológicas. Necesitamos con urgencia nuevas tecnologías que apoyen las funciones biológicas y agroecológicas, en lugar de reemplazarlas. Del mismo modo, se necesitan instituciones y mecanismos de incentivo que reconozcan la contribución de los agricultores y las comunidades agrícolas a las múltiples funciones ecosistémicas, para apoyar la transición que haga que las externalidades agrícolas positivas sean la norma y no la excepción. La agroecología no es la panacea, pero el papel fundamental que la agricultura desempeña en el medio ambiente y la salud humana la coloca completamente en el centro de los renovados esfuerzos encaminados a lograr los objetivos de desarrollo.



REFERENCIAS

- Avelino, J., Romero-Gurdian, A., Cruz-Cuellar, H.F. & Declerck, F.A.J. 2012. Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes. *Ecological Applications*, 22: 584-596.
- Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., Mcrae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.C. & Watson, R. 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, 328: 1164-1168.
- CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). 2014. *Ecosystem services and resilience framework*. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). 46 pp.
- Daily, G.C., Ehrlich, P.R. & Sanchez-Azofeifa, G.A. 2001. Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications*, 11: 1-13.
- Declerck, F.A.J., Chazdon, R., Holl, K.D., Milder, J.C., Finegan, B., Martinez-Salinas, A., Imbach, P., Canet, L. & Ramos, Z. 2010. Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: Past, present and future. *Biological Conservation*, 143: 2301-2313.
- Declerck, F.A.J., Ingram, J.C. & Rumbaitis Del Rio, C. 2006. The role of ecological theory and practice in poverty alleviation and environmental conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 533-540.
- Estrada-Carmona, N. & Declerck, F.A.J. 2012. Payment for Ecosystem Services for Energy, Biodiversity Conservation, and Poverty Reduction in Costa Rica. In J.C. Ingram, F.A.J. Declerck & C. Rumbaitis Del Rio, eds. *Integrating Ecology and Poverty Reduction: The Application of Ecology in Development Solutions*, pp. 191-210. New York, USA, Springer.
- Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., Declerck, F.A.J., Harvey, C.A. & Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods, and ecosystem conservation: an assessment of experience from Latin America and the Caribbean. *Landscape and Urban Planning*, 129: 1-11.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena, G.M. & Martin, J.L. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 101-112.
- Flynn, D.F.B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B.T., Lin, B.B., Simpson, N., Mayfield, M.M. & Declerck, F.A.J. 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters*, 12: 22-33.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. & Zaks, D.P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. & Poincelot, R. 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *J. Sustain. Agric.*, 22(3): 99-118.
- Fremier, A.K., Declerck, F.A.J., Bosque-Perez, N.A., Carmona, N.E., Hill, R., Joyal, T., Keesecker, L., Klos, P.Z., Martinez-Salinas, A., Niemeyer, R., Sanfiorenzo, A., Welsh, K. & Wulfhorst, J.D. 2013. Understanding spatiotemporal lags in ecosystem services to improve incentives. *Bioscience*, 63: 472-482.



- Frishkoff, L.O., Karp, D.S., M'gonigle, L.K., Mendenhall, C.D., Zook, J., Kremen, C., Hadly, E.A. & Daily, G.C. 2014. Loss of avian phylogenetic diversity in neotropical agricultural systems. *Science*, 345: 1343-1346.
- Ingram, J.C., Declerck, F.A.J. & Rumbaitis Del Rio, C. (eds.). 2012. *Integrating Ecology and Poverty Reduction: The Application of Ecology in Development Solutions*. New York, USA, Springer.
- Karp, D.S., Mendenhall, C.D., Sandi, R.F., Chaumont, N., Ehrlich, P.R., Hadly, E.A. & Daily, G.C. 2013. Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters*, 16: 1339-1347.
- Kolbert, E. 2014. *The Sixth Extinction: An Unnatural History*. New York, USA, Henry Holt & Company.
- Laliberte, E., Wells, J.A., Declerck, F.A.J., Metcalfe, D.J., Catterall, C.P., Queiroz, C., Aubin, I., Bonser, S.P., Ding, Y., Fraterrigo, J.M., Mcnamara, S., Morgan, J.W., Merlos, D.S., Vesk, P.A. & Mayfield, M.M. 2010. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. *Ecology Letters*, 13: 76-86.
- Martinez-Salinas, A. & Declerck, F.A.J. 2010. The role of agroecosystems in the conservation of birds within biological corridors. *Mesoamericana*, 14: 35-50.
- Mcrae, B.H., Dickson, B.G., Keitt, T.H. & Shah, V.B. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. *Ecology*, 89: 2712-2724.
- Milder, J.C., Garbach, K., Declerck, F.A.J., Driscoll, L. & Montenegro, M. 2012. *An assessment of the multi-functionality of agroecological intensification*. Informe preparado para la Fundación Bill y Melinda Gates. Ecoagriculture Partners.
- Monastersky, r. 2015. Anthropocene: the human age. *Nature*, 519: 144-147.
- Murray, C.J.I. 2014. Metrics for healthy and sustainable food systems. Presentation made at the Stockholm Food Forum, 27 de mayo.
- Naeem, S., Duffy, J.E. & Zavaleta, E. 2012. The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction. *Science*, 336: 1401-1406.
- Olivas, A.P. 2010. *Efecto del uso de suelo adyacente al cafetal sobre la dispersion y dinámica poblacional de la broca Hypothenemus hampei Ferrari y la abundancia de enemigos naturales en el cantón de Turrialba Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Ostrom, E. 2009. A general Framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325: 419-422.
- Perfecto, I., Vandermeer, J.H., Bautista, G.L., Nunez, G.I., Greenberg, R., Bichier, P. & Langridge, S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, 85: 2677-2681.
- Ricketts, T.H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18: 1262-1271.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
- Steffan-Dewenter, I., Munzenberg, U., Burger, C., Thies, C. & Tschardtke, T. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83: 1421-1432.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. 2015. Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).
- Wood, S. & Declerck, F.A.J. 2015. Ecosystems and human well-being in the sustainable development goals. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13: 12



09

ENFOQUES ECOLÓGICOS PARA REDUCIR LOS INSUMOS EXTERNOS EN LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA

Andre Leu

Presidente de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM)

Correo electrónico: a.leu@ifoam.org



© FAO/Nadia El-Hage Scialabba



Resumen

Reducir los costos de producción que supone la compra de insumos agrícolas externos, como fertilizantes, plaguicidas, semillas y energía, y seguir obteniendo rendimientos elevados, es un paso importante hacia el logro de sistemas agrícolas económicamente viables. Los insumos agrícolas externos no solo son costosos, sino que, a veces, desde un punto de vista logístico, pueden ser difícil de conseguir para los pequeños agricultores de los países en desarrollo, que constituyen la mayoría de los agricultores del mundo. La capacidad de producir de manera gratuita o a bajo costo alternativas eficaces a los insumos agrícolas externos en la granja reduce la utilización de estos y los costos financieros que acarrear.

La agricultura orgánica forma parte del paradigma agroecológico. La agricultura ecológica moderna no es igual a la forma en que se cultivaba en el pasado; la agricultura orgánica contemporánea combina tradición con innovación y ciencia. Los estudios científicos señalan que los sistemas orgánicos alcanzan rendimientos mayores en condiciones meteorológicas extremas, como en períodos de sequía o de lluvias intensas (Drinkwater *et al.*, 1998; Welsch, 1999; Lotter *et al.*, 2003; Pimentel *et al.*, 2005). Además, se ha demostrado que las prácticas orgánicas aumentan los rendimientos en los sistemas agrícolas

tradicionales. Por ejemplo, un estudio realizado de Hine *et al.* (2008) constató que las prácticas orgánicas aumentaron, por término medio, en 116 por ciento los rendimientos en el África subsahariana.

Los métodos orgánicos innovadores y basados en la ciencia proporcionan las prácticas e insumos necesarios para mejorar la nutrición del suelo; la lucha contra las plagas, enfermedades y malas hierbas, y, por último, los rendimientos. La intensificación ecofuncional, al utilizar la biodiversidad funcional, los minerales naturales y los métodos agroecológicos, puede asegurar que los insumos necesarios para la nutrición de suelo y la lucha contra las plagas, enfermedades y malas hierbas se produzcan en la granja o se consigan localmente de manera gratuita o a bajo costo. Por ejemplo, el uso de materia orgánica para producir biogás no sólo garantiza una autosuficiencia energética parcial, sino que los residuos pueden dar lugar a un aumento del 100 por ciento de los rendimientos agrícolas (Edwards *et al.*, 2001). Mediante la combinación de mayores rendimientos, sistemas de producción diversos biológicamente y resilientes, y menores costos de producción, los sistemas orgánicos pueden garantizar la seguridad alimentaria y de ingresos de los agricultores.



INTRODUCCIÓN

La capacidad de producir en la granja, de manera gratuita o a bajo costo, alternativas eficaces a los insumos agrícolas externos (por ejemplo, fertilizantes, plaguicidas, semillas y energía), reduce la utilización de estos por parte de los agricultores y los costos financieros que supone su compra. Los sistemas agroecológicos, como la agricultura orgánica, disponen de muchas formas de lograr este objetivo. Al reducir los costos de producción y seguir manteniendo rendimientos elevados, los agricultores pueden obtener mayores ingresos netos (Bachman *et al.*, 2009; Nemes, 2013).

La agroecología es, al mismo tiempo, un movimiento, una variedad de prácticas y una disciplina científica. Aunque se la ha definido de diferentes maneras, el Relator Especial de las Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, Olivier De Schutter (2013), prefiere las definiciones de Altieri y Gliessman, dos de los fundadores y principales autoridades de la agroecología:

“La agroecología se ha definido como la ‘aplicación de la ciencia agroecológica al estudio, diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles’ (Altieri, 1995; Gliessman, 2007). Procura mejorar los sistemas agrícolas al imitar o aumentar los procesos naturales, mejorando así las interacciones y sinergias biológicas beneficiosas entre los componentes de la agrobiodiversidad (Altieri, 2002).”

La agricultura orgánica se ajusta a esta definición de agroecología. La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) ¹ ha formulado una definición de agricultura orgánica que pone de manifiesto el hecho de que los sistemas orgánicos se basan en la sostenibilidad social y ambiental mediante la colaboración con la ciencia ecológica, los ciclos naturales y las personas.

“La agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente que compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella.”

(IFOAM, 2014a)

Además, la IFOAM (2014b) ha trabajado por consenso con todo el sector para la formulación de los cuatro principios de la agricultura orgánica:

- 1. El principio de salud:** la agricultura orgánica promoverá la salud del suelo, las plantas, los animales, las personas y el planeta como una sola e indivisible.
- 2. El principio de ecología:** la agricultura orgánica se basará en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajará con ellos, los emulará y ayudará a sostenerlos.

¹ La IFOAM es el único órgano coordinador a nivel mundial del sector orgánico, que agrupa alrededor de 800 organizaciones en 125 países



3. **El principio de la equidad:** la agricultura orgánica se basará en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida.
4. **El principio de precaución:** la agricultura orgánica se gestionará con responsabilidad y precaución para proteger la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras y del medio ambiente.

Existe una amplia variedad de prácticas denominadas orgánicas. El presente capítulo se centra en las prácticas que se ajustan a la definición y a los cuatro principios de la agricultura orgánica de la IFOAM descritos anteriormente. El principio clave examinado en este capítulo es el principio de ecología.

La agricultura orgánica moderna no es igual a la forma en que las personas cultivaban la tierra en el pasado y no implica absolutamente dar marcha atrás o practicar la agricultura por descuido. Niega la necesidad de plaguicidas y fertilizantes sintéticos y propone la mejora de la fertilidad de suelo mediante el uso de compost, minerales naturales, cultivos de cobertura y el reciclaje de materiales orgánicos. Los sistemas de manejo de cultivos y de manejo ecológico se utilizan como el principal control de plagas, enfermedades y malas hierbas. Como ejemplos de sistemas de manejo de cultivos se pueden citar la labranza ligera para reducir las malas hierbas; las rotaciones de cultivos para reducir las malas hierbas, las plagas y enfermedades; los cultivos de cobertura para reducir las malas hierbas, aumentar el nitrógeno y añadir materia orgánica de los suelos; y la cobertura del suelo con materia orgánica para reducir las malas hierbas, agregar materia orgánica y conservar el agua. Ejemplos de sistemas de manejo ecológico son la introducción de la biodiversidad funcional, como plantas hospedantes para los enemigos naturales de las plagas; el uso de la aleopatía selectiva para eliminar las malas hierbas; el uso de microorganismos del suelo para controlar los patógenos del suelo y poner los elementos nutritivos a disposición de las plantas; y utilizar plantas trampas, especies de plantas repelentes y plantas barreras para luchar contra las plagas y enfermedades.

La agricultura orgánica combina la tradición con la innovación y la ciencia. Los nuevos métodos innovadores y basados en la ciencia proporcionan las técnicas e insumos necesarios para mejorar la nutrición del suelo y el manejo de las plagas, enfermedades y malas hierbas. Sin embargo, los sistemas agrícolas orgánicos han ido ignorados durante mucho tiempo por los investigadores agrícolas, pues menos del 0,4 por ciento de los 52 000 millones de dólares EE.UU. asignados todos los años a la investigación agrícola se han destinado concretamente a los sistemas orgánicos (Niggli, 2015). No obstante, los estudios científicos publicados demuestran que con los sistemas orgánicos se pueden igualar o superar los rendimientos obtenidos con las buenas prácticas de los sistemas convencionales. Por ejemplo, en las pruebas realizadas con la nuez de pacana por el Servicio de Investigaciones Agrícolas (ARS) de los Estados Unidos, los rendimientos de las pacanas orgánicas superaron a los del huerto convencional fertilizado con productos químicos en las cinco pruebas realizadas. Los rendimientos en el sitio de la prueba orgánica del ARS superaron a los del huerto convencional en 8 kilogramos de nueces de pacana por árbol en 2005, y en 5 kilogramos por árbol en 2007 (Flores, 2008). Las pruebas de los Sistemas de cultivos integrados de Wisconsin mostraron que los rendimientos orgánicos fueron superiores a los convencionales en los años de sequía, e iguales a ellos en los años



con condiciones meteorológicas normales (Chavas *et al.*, 2009). La prueba a largo plazo de los Sistemas agrícolas (FST) de Rodales, realizada a lo largo de 22 años, demostró que la tierra orgánica podía producir rendimientos iguales o superiores a los de los cultivos tradicionales después de cinco años, debido a que el sistema mejoraba el suelo (Pimentel *et al.*, 2005).

GENERANDO UN AUMENTO DE LA RESILIENCIA FRENTE A LAS CONDICIONES ADVERSAS, MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LOS INSUMOS AGRÍCOLAS EXTERNOS

De conformidad con el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías y precipitaciones intensas, está aumentando en el mundo (IPCC, 2013). Incluso si mañana dejamos de contaminar el planeta con gases de efectos invernadero, revertir los efectos del cambio climático tardará varios decenios. Como consecuencia, los agricultores tendrán que adaptarse a la creciente intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos adversos y extremos. Esta es una de las cuestiones más críticas para garantizar la seguridad alimentaria mundial. Las investigaciones ponen de manifiesto que los sistemas agrícolas orgánicos son más resilientes a los previstos fenómenos meteorológicos extremos, y pueden tener rendimientos superiores a los de los sistemas agrícolas convencionales en estas condiciones (Reganold *et al.*, 1987; Drinkwater *et al.*, 1998; Welsh, 1999; Lotter, 2005; Pimentel *et al.*, 2005).

Reducir la adición de agua – mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos

Las investigaciones ponen de manifiesto que los sistemas orgánicos utilizan el agua de manera más eficiente debido a la mejor estructura del suelo y la mayor cantidad de humus y otros compuestos de materia orgánica (Lotter *et al.*, 2003; Pimentel *et al.*, 2005). Basándose en datos recopilados durante más de 10 años, Lotter *et al.* (2003) demostraron que el sistema de abono orgánico y los tratamientos del sistema orgánico basado en leguminosas mejoraron la capacidad de retención de agua, la tasa de infiltración y la eficiencia de la captura de agua del suelo. Por término medio, los suelos de maíz tratados con el sistema orgánico basado en las leguminosas tenían un contenido de agua superior en 13 por ciento al de los sistemas convencionales en la misma fase de cultivo. La mayor porosidad de la estructura de los suelos tratados orgánicamente permite que el agua pluvial penetre rápidamente en el suelo, lo que reduce la pérdida de agua y suelo ocasionada por la escorrentía y aumenta los volúmenes de captura del agua. Esto se pudo comprobar con particular claridad cuando el huracán Floyd se abatió sobre la costa oriental de los Estados Unidos de América en septiembre de 1999. En dos días de lluvias torrenciales, los sistemas orgánicos capturaron un volumen de agua casi dos veces superior al capturado por los sistemas convencionales (Lotter *et al.*, 2003).



La importancia de la materia orgánica para la retención de agua

Existe una estrecha relación entre los niveles de materia orgánica del suelo (MOS) y el volumen de agua que se puede almacenar en su zona radicular. La MOS se compone principalmente de fracciones de carbono orgánico del suelo (COS), que aumentan considerablemente la capacidad de retención de agua de los suelos y permiten una buena aireación de los mismos. Los polímeros complejos del COS, como el humus, son componentes fundamentales de la MOS, pues contribuyen a dar mayor estabilidad a los suelos orgánicos y a aumentar su capacidad de retención de agua. El COS tienen la capacidad de retener un volumen de agua equivalente a 30 veces su propio peso y actúa como un polímero 'pegajoso' que aglutina las partículas del suelo, aumentando la resistencia a la erosión hídrica y eólica (Stevenson, 1994).

En el marco de un meta-análisis, en que se examinaron datos provenientes de 41 pruebas comparativas publicadas, Gattinger *et al.* (2012) informaron que los sistemas orgánicos secuestraban, por término medio, 550 kilogramos de carbono por hectárea al año. En comparación con los sistemas convencionales, los sistemas orgánicos contenían más MOS (una diferencia de 946 kilogramos de MOS por hectárea al año). Del mismo modo, en el marco de un meta-análisis realizado por Aguilera *et al.* (2013), se examinaron 24 pruebas comparativas en climas mediterráneos de Europa, los Estados Unidos de América y Australia. Los resultados indicaron que los sistemas orgánicos secuestraron más carbono que los sistemas convencionales (una diferencia de 970 kilogramos de carbono por hectárea al año) y contenían más MOS (una diferencia de 1 666 kilogramos de MOS por hectárea al año).

Estos resultados están en consonancia con otros estudios comparativos que muestran que los sistemas orgánicos pierden menos suelo debido a que éste tiene una mejor estructura, y contienen mayor cantidad de materia orgánica (Reganold *et al.*, 1987; Reganold *et al.*, 2001; Pimentel *et al.*, 2005). Reganold *et al.* (1987) compararon los efectos a largo plazo de la agricultura orgánica y convencional sobre algunas propiedades del mismo suelo a partir de 1984. Los suelos bajo manejo orgánico tenían un contenido de materia orgánica considerablemente superior, un espesor mayor de la capa arable, un contenido mayor de polisacáridos, un módulo de ruptura menor y menor erosión que los suelos bajo manejo convencional. Otra prueba a largo plazo fue realizada por el Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (FiBL) de Suiza durante 21 años. El estudio comparó los sistemas orgánicos, biodinámicos y convencionales. Los resultados indicaron que los sistemas orgánicos eran más resistentes a la erosión, pues la estabilidad de los agregados del suelo en las parcelas orgánicas era superior en un 10-60 por ciento a la observada en las parcelas convencionales (Mäder *et al.*, 2002).

La relación entre el volumen de agua retenida en el suelo y los niveles de MOS se puede observar en el Cuadro 1. Más que de una serie de mediciones precisas, se trata de una regla empírica. Diferentes tipos de suelo retendrán diferentes volúmenes de agua cuando tienen los mismos niveles de MOS debido a los espacios porosos, la densidad específica y otras variables diversas. Por ejemplo, los suelos arenosos en general retienen menos agua que los suelos arcillosos. Sin embargo, el Cuadro 1 da una idea del volumen potencial de agua pluvial que se puede capturar y almacenar en la zona radicular en relación con el porcentaje de MOS.



Cuadro 1. Volumen de agua almacenada en relación con la MOS

MOS (%)	AGUA RETENIDA (LITROS POR HA. HASTA 30 CM)	SYSTEMAS AGRÍCOLAS CARECTERÍSTICOS
0.5	80 000	Nivel común en la granja en la mayoría de África, Asia y Australia
1.0	160 000	
2.0	320 000	
3.0	480 000	
4.0	640 000	
5.0	800 000	Niveles precultivo

Fuente: Adaptado de Morris, 2004

El Cuadro 1 indica que existen grandes diferencias en el volumen de agua pluvial que se puede capturar y almacenar según el porcentaje de MOS. Esta es una de las razones por las cuales las granjas orgánicas tienen un desempeño mejor en períodos de escasa precipitación y de sequía, porque, de manejárselas bien, pueden aumentar el nivel de la MOS en comparación con las granjas convencionales. La prueba a largo plazo de los Sistemas agrícolas del Instituto Rodale demostró que los sistemas orgánicos producían más maíz que los convencionales en años de sequía. Los rendimientos medios del maíz durante los años de sequía fueron superiores en un 28 - 34 por ciento en los dos sistemas orgánicos. En el sistema orgánico que utilizaba abono animal, el rendimiento fue de 6 938 kilogramos por hectárea, y en el sistema orgánico que utilizaba leguminosas en la rotación de los cultivos para mejorar la fertilidad del suelo, el rendimiento fue de 7 235 kilogramos por hectárea, frente a los 5 333 kilogramos por hectárea obtenidos en el sistema convencional (Pimentel *et al.*, 2005).

Esto es particularmente interesante considerando que la mayoría de los sistemas agrícolas del mundo son de secano. El mundo no dispone de los recursos para regar todas las tierras agrícolas. Tampoco se deberían emprender iniciativas de este tipo, dado que represar los cursos de agua del mundo, bombear agua de los acuíferos subterráneos y construir millones de kilómetros de canales provocaría un desastre ambiental. El aprovechamiento del agua en muchos sistemas de riego actuales se considera insostenible dado que las fuentes de agua se están agotando con una rapidez mayor que con la que se recargan (MEA, 2005). La mejora de la eficiencia de los sistemas agrícolas de secano y de regadío mediante prácticas que aumentan los niveles de MOS es una de las soluciones prácticas más eficaces en función de los costos y más sostenibles ambientalmente para garantizar la fiabilidad de la producción de alimentos en condiciones meteorológicas cada vez más extremas provocadas por el cambio climático.

RENDIMIENTOS DE LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES TRADICIONALES

Un ámbito crucial en el que las investigaciones están demostrando que los sistemas orgánicos pueden producir rendimientos mayores que los métodos tradicionales es el de las pequeñas granjas agrícolas, categoría que comprende la mayoría de los agricultores del mundo. Hine *et al.* (2008) examinaron 114 proyectos en 24 países africanos que cubrían una superficie de 2 millones



de hectáreas y 1,9 millones de agricultores. Encontraron que las prácticas orgánicas aumentaban los rendimientos, por término medio, en un 116 por ciento (rango: de +54 por ciento a +176 por ciento). En el informe se observa que, a partir de la introducción de la agricultura convencional en África, la producción de alimentos por persona ha disminuido y ahora es inferior en 10 por ciento a la del decenio de 1960. En el informe, Supachai Panitchpakdi, Secretario General de la UNCTAD, y Achim Steiner, Director Ejecutivo del PNUMA, afirman que:

“Las pruebas presentadas en este estudio respaldan el argumento de que la agricultura orgánica puede ser más favorable a la seguridad alimentaria en África que los sistemas de producción convencionales, y probablemente sea más sostenible a largo plazo”

(Hine *et al.*, 2008)

REDUCIR LOS FERTILIZANTES EXTERNOS

Muchas personas tienen la impresión de que los agricultores orgánicos no añaden ningún nutriente al suelo, debido a que las normas orgánicas prohíben el uso de fertilizantes químicos sintéticos para los macronutrientes. Aunque esto puede ser cierto en algunos sistemas orgánicos, la mayoría de las normas orgánicas tienen requisitos de manejo que disponen que los agricultores documenten los métodos e insumos que utilizan para aumentar la fertilidad del suelo para proporcionar una nutrición adecuada a los cultivos. Según mi experiencia como agricultor orgánico, y tras haber visitado miles de granjas orgánicas en cada continente arable durante 40 años, los mejores agricultores orgánicos mejoran activamente la fertilidad del suelo añadiendo compost, minerales naturales, abonos verdes, leguminosas y otras fuentes permitidas. Estos sistemas pueden basarse en pruebas del suelo para determinar con exactitud las necesidades de los macronutrientes requeridos, como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, azufre y potasio. En la mayoría de las normas orgánicas se señalan las técnicas de cultivo para aumentar la fertilidad del suelo, así como los insumos permitidos. Debido a que la mayoría de estos insumos se producen en la granja o se pueden conseguir localmente, tienen un costo menor que los fertilizantes sintéticos, que suelen importarse y (en el caso de no estar subvencionados) ser caros para los pequeños agricultores.

Los compost y abonos verdes (que se obtienen de las plantas) son por lo general fuentes completas de elementos nutritivos que contienen todos los macro y micronutrientes necesarios para las plantas. Las plantas bioacumulan todos los nutrientes que necesitan, y los procesos que reciclan y aumentan la materia orgánica en las granjas contribuirán a mejorar la fertilidad del suelo liberando estos nutrientes bioacumulados para que los cultivos puedan utilizarlos. Cuando los suelos presenten carencias elevadas de nutrientes, para corregirlas se pueden utilizar insumos como el fosfato natural, la caliza, el yeso, el polvo de basalto y otros minerales naturales. En casos de carencias probadas, las principales normas orgánicas permiten el uso de oligoelementos solubles en agua, como el sulfato de zinc y el borato de sodio. Estos tipos de oligoelementos son la única excepción, dado que los sistemas orgánicos funcionan sobre la base de que los nutrientes se ponen a disposición de las plantas a través de procesos biológicos, y no mediante la adición de grandes cantidades de iones solubles en agua proveniente de fertilizantes sintéticos. Existe



una considerable colección de obras científicas que muestran que en los sistemas naturales una parte considerable de los nutrientes se ponen a disposición de las plantas en formas orgánicas a través de estos procesos biológicos, y no principalmente en forma de iones solubles en agua, que es el modelo dominante en la agricultura convencional (Paungfoo-Lonhienne *et al.*, 2012). Debido a que los oligoelementos generalmente se utilizan en cantidades bastante menores a las de los macronutrientes, el uso de oligoelementos para corregir carencias probadas no contradice el principio de que la mayoría de los nutrientes deben ponerse a disposición a través de procesos biológicos. Además, los costos que supone la compra de oligoelementos no son tan elevados para los agricultores como los de la compra de insumos agrícolas externos de macronutrientes.

Las raíces y los microorganismos de las plantas tiene enzimas y ácidos que biológicamente ‘aguantan’ el material de partida de los suelos para producir nutrientes en formas aprovechables por las plantas. Las leguminosas anuales y perennes se pueden utilizar para fijar el nitrógeno como cultivos de cobertura, cultivos intercalados, cultivos comerciales y como biomasa cosechada en zonas marginales. Además, se pueden fijar cantidades significativas de nitrógeno y fósforo aprovechables por las plantas mediante microorganismos simbióticos y endófitos de vida libre en suelos biológicamente activos con buenos niveles de materia orgánica. Estas fuentes orgánicas de nutrientes han sido objeto de numerosos estudios, entre ellos algunos que muestran que muchos cultivos absorben fácilmente nitrógeno en formas orgánicas, como aminoácidos y péptidos (Paungfoo-Lonhienne *et al.*, 2012).

REDUCIR LOS INSUMOS DE PLAGUICIDAS MEDIANTE LA INTENSIFICACIÓN ECOFUNCIONAL

Una de las formas más eficaces de reducir los gastos que supone la compra de plaguicidas sintéticos costosos, y de eliminar los riesgos sanitarios y ambientales conexos, es sustituirlos con métodos no químicos. Los sistemas orgánicos niegan la necesidad de plaguicidas sintéticos y proponen el uso de sistemas de manejo de cultivo y de manejo ecológico como medio principal de lucha contra las plagas, malas hierbas y enfermedades, con un uso limitado de biocidas naturales de origen mineral, vegetal o biológico como último recurso.

Los biocidas utilizados en los sistemas orgánicos son de origen natural. No se permite su uso más que si se degradan rápidamente, es decir, que no dejan residuos en los productos que las personas consumen. Al utilizar métodos de cultivo y ecológicos como las principales herramientas de manejo, los sistemas orgánicos se proponen, primero, prevenir las plagas y, segundo, controlarlas. Por consiguiente, el uso de estos biocidas naturales es mínimo. Las investigaciones muestran que cuando se utilizan biocidas naturales en los sistemas orgánicos, las cantidades son inferiores en 97 por ciento a los plaguicidas sintéticos utilizados en la agricultura convencional (Mäder *et al.*, 2002).

Uno de los enfoques ecológicos más eficaces en el manejo de plagas es la intensificación ecofuncional. La intensificación ecofuncional optimiza el rendimiento de los servicios ecosistémicos mediante la utilización de la biodiversidad funcional. En los sistemas de producción orgánica se utilizan los procesos ecológicos, basados en la ciencia de la agroecología, en lugar



de la intensificación química. El objetivo es aumentar activamente la biodiversidad en los sistemas agrícolas para prestar diversos servicios, como el control de plagas, el manejo de las malas hierbas y la fijación del nitrógeno, en vez de utilizar los enfoques convencionales basados en monocultivos reduccionistas, que dependen de insumos agrícolas sintéticos provenientes del exterior. La intensificación ecofuncional permite a los agricultores reemplazar los costosos herbicidas e insecticidas con la diversidad funcional viva disponible gratuitamente. Con el transcurso del tiempo, se establece un nuevo sistema cuya necesidad de mano de obra puede ser considerablemente menor, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

Sistema 'atracción-rechazo'

El sistema 'atracción-rechazo' en el cultivo del maíz es un excelente ejemplo de un método de intensificación ecofuncional e innovador que integra varios elementos ecológicos para lograr aumentos sustanciales de los rendimientos. Se trata de un aspecto importante pues el maíz es el principal alimento básico para los pequeños agricultores de muchas partes de África, América Latina y Asia. El barrenador del tallo del maíz es una de las plagas más importantes de este cultivo. La agricultura convencional utiliza varios plaguicidas tóxicos sintéticos para luchar contra esta plaga. Recientemente, se han desarrollado variedades modificadas genéticamente que producen sus propios plaguicidas. El sistema atracción-rechazo se desarrolló a través de la colaboración entre científicos del Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (ICIPE), Rothamsted Research y otros asociados (Khan *et al.*, 2011).

En el sistema atracción-rechazo, se planta el *Desmodium uncinatum* en el cultivo para repeler al barrenador del tallo del maíz y atraer a los enemigos naturales de la plaga. El *desmodium* emite compuestos fenólicos que repelen al barrenador. Fuera del campo, se siembra el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) como cultivo trampa para el barrenador del tallo del maíz. El *desmodium* rechaza la plaga del maíz, y el pasto elefante la atrae, alejándola del campo para que deposite sus huevos en sus plantas en lugar de que en el maíz. Los afilados tricomas de silicio y los exudados pegajosos en la planta elefante matan a las larvas del barrenador del tallo del maíz cuando están incubando, interrumpiendo el ciclo vital y reduciendo el número de los insectos. Los exudados de la raíz del *desmodium* también detienen el crecimiento de muchas especies de malas hierbas, entre ellas la Striga, que es una mala hierba parasita que causa graves daños al maíz. El uso del *desmodium* para suprimir las malas hierbas es un ejemplo de una nueva ciencia para el control de las malezas denominada alelopatía selectiva, donde la biodiversidad funcional se utiliza para eliminar las malas hierbas y mejorar el cultivo comercial.

El aumento de los rendimientos del maíz no es el único beneficio del sistema atracción-rechazo. El sistema no necesita nitrógeno sintético porque el *desmodium*, siendo una leguminosa, fija el nitrógeno. La erosión de suelo se previene debido a la cubierta vegetal permanente. Además, el sistema ofrece forraje de calidad para las reservas. Una innovación de los agricultores para mejorar este sistema consiste en cosechar en bandas la planta elefante y el *desmodium* para utilizarlos como forraje fresco para el ganado. Además, el ganado puede pastar en el campo después de recogido el maíz. Muchos agricultores que utilizan el método de atracción-rechazo integran una vaca lechera en el sistema, la alimentan con la planta elefante y el *desmodium* y



venden la leche que les queda, después de satisfacer las necesidades familiares, para tener una fuente regular de ingresos. Asimismo, estos agricultores a menudo cultivan huertos caseros para obtener la mayor parte de sus alimentos y reducir la necesidad de comprarlos, asegurándose una dieta nutritiva y variada. Esta medida permite eliminar los 'meses de escasez', cuando las familias no tienen suficiente para comer, y aumentar los ingresos a finales de año, para que las familias puedan costear los gastos de atención médica, enviar a sus hijos a la escuela y construir casas confortables. La adopción de los sistemas de atracción-rechazo combinados con una vaca lechera y huertos familiares ha ayudado a empoderar a las familias para salir de la condición de pobreza, mejorar su bienestar y vivir con dignidad.

Ahora, los agricultores están adaptando los sistemas atracción-rechazo a muchos cultivos, como mijo, trigo, tef, avena, mango, ají y tomate. En Tigray, Etiopía, los agricultores han aplicado una versión mejorada del sistema atracción-rechazo a muchos cultivos. Además de utilizar el *desmodium* como repelente de insectos nocivos, y la planta elefante como cultivo trampa, han incorporado la alfalfa (*Medicago sativa*) como planta hospedante para atraer a los enemigos naturales de las plagas. Como el *desmodium* y la alfalfa son leguminosas, fijan todo el nitrógeno necesario y eliminan las malas hierbas. La biomasa de estos sistemas se recoge para alimentar al ganado, los digestores de biogás y el compost, y para garantizar ingresos extras, energía y la mejora de la nutrición de los cultivos.

Insectarios - plantas hospedantes para atraer insectos beneficiosos

Los insectarios son grupos de plantas que atraen y hospedan a los enemigos naturales de las plagas, como artrópodos y otras especies de animales beneficiosos, en las granjas, huertos y jardines (Flint *et al.*, 1988; Walliser, 2014). Muchos insectos beneficiosos tienen una variedad de plantas hospedantes. Algunas especies útiles, como las avispas parásitas, los sírfidos y los crisópidos, tienen larvas carnívoras que se alimentan de insectos nocivos, mientras que en los estadios adultos viven principalmente del néctar y el polen de las flores. Las flores proporcionan a los insectos beneficiosos formas concentradas de alimentos (polen y néctar) para aumentar sus posibilidades de supervivencia, inmigración y permanencia en la zona. Además, cabe destacar que las flores proporcionan a los insectos beneficiosos lugares de apareamiento, que les permiten aumentar su población.

Sin estas flores en la granja, las especies beneficiosas no se reproducen. La mayoría de los sistemas de producción agrícola eliminan este tipo de plantas como malas hierbas y, en consecuencia, carecen de suficientes insectos beneficiosos para luchar de manera eficaz contra las plagas. Los agricultores que han sembrado estos tipos de plantas hospedantes en sus campos como 'insectarios', ya no recurren a la pulverización y, sin embargo, tienen niveles de control de plagas similares a los de sus vecinos que pulverizan gran cantidad de productos químicos tóxicos. Un beneficio adicional de estas flores es que, al eliminar los insecticidas, pueden permitir que polinizadores esenciales como las abejas proliferen y aumenten la polinización y los rendimientos de los cultivos que dependen de los polinizadores (Roubik, 2014).



Fomentar la presencia de flores ricas en néctar y polen en las granjas y alrededor de ellas mejora la eficiencia de estas zonas, pues modifica la combinación de especies a favor de los insectos beneficiosos. Esto ocurre de manera natural en la mayoría de las granjas orgánicas debido a la mayor biodiversidad en el cultivo y las zonas circundantes (Hole *et al.*, 2004). Las investigaciones en curso están dirigidas a determinar las combinaciones más eficaces de especies de plantas y las distancias entre estas franjas de naturaleza. La investigación ha demostrado que niveles elevados de diversidad de especies de vegetación aseguran una población reducida pero constante de muchas especies que sirven como ‘alimento’ a los insectos beneficiosos. Además, la vegetación protege a los insectos beneficiosos y garantiza su permanencia en la zona (Flint *et al.*, 1998, Walliser, 2014).

REDUCIR LOS COSTOS ENERGÉTICOS MEDIANTE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA GRANJA

La energía es un gasto importante en las granjas. Existen formas alternativas de producir energía en las granjas de manera adecuada y eficaz en función de los costos mediante una combinación de pequeños paneles solares y digestores de biogás. Hoy, centenares de miles de pequeñas granjas utilizan eficazmente estas tecnologías de bajo costo en la granja para la iluminación, calefacción, cocina, electricidad y el funcionamiento de pequeños equipos (Ho, 2013).

El biogás tiene muchas ventajas porque los digestores se pueden construir en la granja a bajo costo utilizando equipo y mano de obra local y pueden utilizar biomasa de segunda generación como materia prima, por ejemplo, residuos de cultivos, excrementos humanos y abonos animales. El proceso de digestión de estos materiales mejora el saneamiento de las granjas, y los fangos constituyen un compost excelente para mejorar los rendimientos de los cultivos y el suelo. El uso de fangos de biogás ha duplicado con creces los rendimientos en la región de Tigray, Etiopía.

Existen serias preocupaciones sobre la competencia entre los biocombustibles y la producción de alimentos ahí donde la biomasa es un cultivo primario (biomasa de primera generación) para los biocombustibles, incluidos los digestores de biogás. Se trata de una cuestión particularmente importante para las granjas pequeñas, en las que la tierra es un recurso escaso y es importante para las familias producir la mayor cantidad de alimentos posible. Sin embargo, la biomasa puede provenir de fuentes secundarias (biomasa de segunda generación), como los residuos de cultivos y el estiércol animal (y humano). Aparte de utilizar alguna cantidad de carbono e hidrógeno, el resto de los nutrientes se puede reciclar en los campos como compost para fertilizar los cultivos. Esto evita el conflicto en el uso de la tierra entre cultivos para la producción de alimentos y cultivos para la producción de combustibles.



REDUCIR LOS GASTOS EN SEMILLAS

Los agricultores tradicionalmente han seleccionado y conservado sus propias semillas. Estas 'variedades de los agricultores' fueron variedades de polinización libre que presentaban rasgos homogéneos en cada generación. Esta tradición comenzó a cambiar durante la Revolución Verde, con la introducción de un híbrido denominado 'F1'. Esta generación casi siempre combina los rasgos de ambos materiales de partida y da un resultado uniforme. La siguiente generación de semillas se denomina 'F2' y no es uniforme en sus rasgos. Estas semillas darán lugar a una mezcla de plantas, algunas con los rasgos propios de cada material de partida, y a una diversidad de híbridos con una amplia variedad de rasgos. La consecuencia es que los agricultores que guardan estas semillas están guardando la generación F2 que es poco fiable y no uniforme. Como consecuencia, hoy, muchos de los agricultores del mundo tienen que comprar semillas de variedades mejoradas en lugar de guardarlas y sembrarlas, como lo habían hecho durante miles de años.

La interrupción de esta práctica de los agricultores de mejorar y conservar sus propias semillas, y la tendencia favorable a las semillas comerciales, también han dado lugar a la pérdida de la enorme agrobiodiversidad de las variedades por los agricultores. Por suerte, en muchas zonas del mundo estas valiosas variedades locales se siguen conservando eficazmente. Por ejemplo, BARSIK es una organización que trabaja con agricultores indígenas en la región de Sundarbans en Bangladesh para conservar una colección viva de más de 250 variedades de arroz mejoradas por los agricultores, entre ellas variedades tolerantes a la salinidad y capaces de sobrevivir bajo agua. Varias organizaciones, como MASIPAG en Filipinas, también tienen colecciones vivas de miles de variedades locales de arroz, y están trabajando con los agricultores a través de programas de mejoramiento participativos para desarrollar y seleccionar variedades que brinden rendimientos elevados con escaso empleo de insumos. Organizaciones como MASIPAG y el Instituto de Desarrollo Sostenible de Etiopía han demostrado que se pueden lograr rendimientos mayores en los sistemas orgánicos con las mejores variedades criadas por los agricultores, en comparación con las semillas híbridas comerciales (Bachmann *et al.*, 2009; Edwards *et al.*, 2011).

El hecho de que los agricultores puedan mejorar y conservar sus propias semillas de manera gratuita y obtener rendimientos mayores que los híbridos comerciales en los sistemas orgánicos es muy importante para contribuir a la viabilidad de estas granjas.

OBTENER MAYORES INGRESOS NETOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LOS GASTOS EN INSUMOS AGRÍCOLAS EXTERNOS

Un ingreso viable es una parte esencial de la sostenibilidad de una granja. Estudios comparativos de granjas orgánicas y convencionales han indicado que los ingresos netos son similares. Sin embargo, los sistemas orgánicos que adoptan buenas prácticas pueden obtener ingresos aún mayores. Nemes (2013) examinó más de 50 estudios económicos y llegó a la conclusión de que:



“En general, los datos recopilados indican que la agricultura orgánica es económicamente más rentable: los rendimientos económicos netos, teniendo en cuenta los costos totales, a menudo son mayores en los sistemas orgánicos. Hay grandes variaciones entre los rendimientos y los costos de producción, pero unos precios y primas de mercado más altos, o unos costos de producción más bajos o una combinación de ambos, generalmente dan lugar a ganancias relativamente mayores en la agricultura orgánica en los países desarrollados. Se pueden extraer las mismas conclusiones de los estudios en los países en desarrollo, pero aquí, los rendimientos mayores combinados con unas primas elevadas parecen ser las causas de fondo de la rentabilidad relativamente mayor.”

Del mismo modo, Hine *et al.* (2008) hallaron que la producción orgánica no solo aumentaba la cantidad de alimentos producidos, sino que además daba a los agricultores acceso a primas de mercado. Los agricultores podían utilizar los ingresos adicionales para costear la educación, la asistencia sanitaria, una vivienda adecuada y lograr una relativa prosperidad.

Un proyecto de investigación, realizado por MASIPAG en Filipinas, al comparara los ingresos entre granjas convencionales y orgánicas de tamaño similar, llegó a la conclusión de que el ingreso medio de las granjas orgánicas era de 23 599 pesos, frente a los 15 643 pesos de las convencionales. Aunque los rendimientos del arroz eran semejantes en los dos sistemas, el resultado más significativo del estudio se obtuvo cuando los gastos normales de sustento familiar se dedujeron del ingreso neto. Al final del año, los productores orgánicos de arroz tuvieron, por término medio, un excedente de ingreso de 5 967 pesos, mientras que los productores convencionales de arroz experimentaron, por término medio, una pérdida de 4 546 pesos, que los impulsó a endeudarse (Bachman *et al.*, 2009).

ESTUDIO DE CASO: ENFOQUE DE SISTEMAS COMPLETOS EN TIGRAY, ETIOPÍA

Un buen ejemplo de uso de alternativas a los insumos agrícolas externos en el marco de un enfoque de sistemas completos es un proyecto gestionado por el Instituto de Desarrollo Sostenible en Tigray, Etiopía. En el marco de este proyecto, se colaboró con los agricultores para renovar la vegetación del paisaje con miras a restaurar la ecología, biodiversidad e hidrología locales. La biomasa de esta renovación de la vegetación se cosechó de manera sostenible para la preparación de compost y la alimentación de los digestores de biogás.

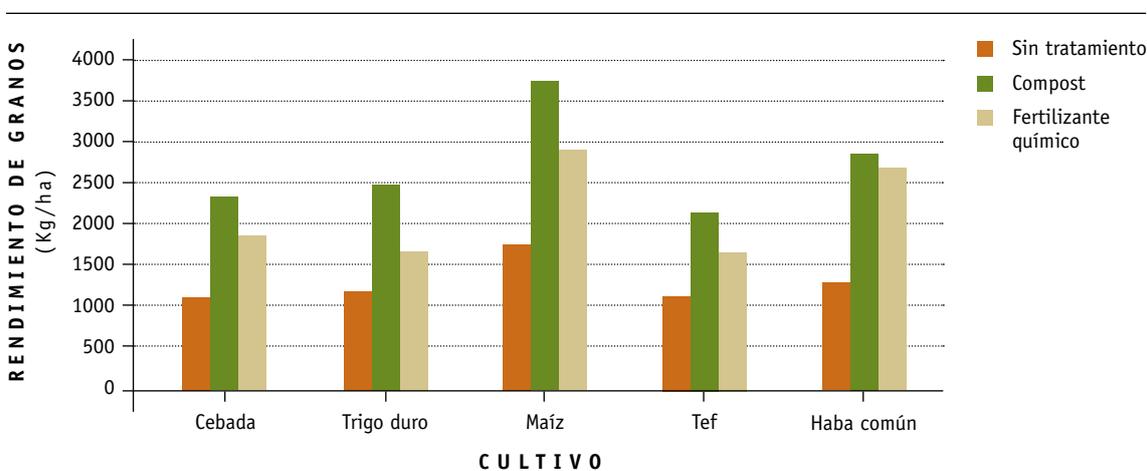
La revegetación de las zonas marginales, como cursos de agua, cárcavas, pendientes pronunciadas, bordes de los caminos, senderos y bordes de los campos, y la recolección sostenible de la biomasa, proporcionan una fuente constante de nutrientes, además de aquellos generados por las buenas prácticas orgánicas en los campos. Esto es particularmente importante para mejorar la fertilidad de suelo y sustituir los nutrientes que se pierden cuando se extraen los cultivos de la granja. Estas zonas marginadas en las que se ha renovado la vegetación brindan



una variedad de servicios ecosistémicos cuando se combinan con la biodiversidad funcional, como el uso de leguminosas de raíces profundas para la producción de nitrógeno, plantas hospedantes para los enemigos naturales de las plagas y especies más altas como cortaviento.

El uso de biogás dio un grado de independencia energética a las aldeas, al proporcionarles toda la energía necesaria para la cocina y la iluminación, y redujo la necesidad de cortar la vegetación para alimentar los fogones de la cocina. Los residuos de los digestores de biogás se aplicaron a los campos de cultivos. Al cabo de pocos años, los rendimientos se duplicaron con creces y mejoró la eficiencia en uso del agua.

Figura 1. Rendimientos medios por tratamiento, en kg/ha, relativos a 5 cultivos en Tigray, 2000-2006



Fuente: Edwards *et al.*, 2011

Los agricultores utilizaron semillas de sus propias variedades locales, seleccionadas durante miles de años para adaptarlas al clima, los suelos y las principales plagas y enfermedades del lugar. Las mejores de entre estas variedades locales respondieron muy bien al aumento de los rendimientos en condiciones de manejo orgánico. La ventaja principal de este sistema fue que las semillas y los compost se obtenían localmente de manera gratuita o a muy bajo costo para los agricultores, mientras que las semillas y los insumos químicos sintéticos de los sistemas convencionales tenían que adquirirse de fuentes externas. El sistema orgánico no sólo tuvo mejores rendimientos agrícolas, sino que también arrojó mayores ganancias netas para los agricultores (Edwards *et al.*, 2011). Según Sue Edwards, el ingreso neto de un agricultor que compraba fertilizante sintético después de reembolsar el crédito era de 1 725 dólares EE.UU. por hectárea, frente a los 2 925 dólares EE.UU. por hectárea obtenidos por el agricultor que preparaba su propio compost (Edwards, comunicación personal).



CONCLUSIONES

Para concluir, los sistemas orgánicos pueden considerarse un enfoque agroecológico; mediante la intensificación ecofuncional y el aprovechamiento de la biodiversidad funcional, estos sistemas pueden generar de varias formas alternativas eficaces a los insumos agrícolas externos y producir múltiples beneficios para los agricultores:

- » las alternativas a los insumos agrícolas externos se pueden producir de manera gratuita en la granja;
- » los costos financieros y la utilización de insumos agrícolas externos, como fertilizantes y plaguicidas sintéticos, se reducen;
- » los sistemas orgánicos pueden obtener mayores rendimientos, en especial en condiciones extremas de clima;
- » la resiliencia se refuerza y los servicios ecosistémicos se potencian para mejorar tanto la nutrición y estructura de los suelos, como el control de plagas, enfermedades y malas hierbas.

El logro de rendimientos mayores, la promoción de sistemas de producción resilientes y la disminución de los costos de producción pueden conjuntamente contribuir a aumentar la biodiversidad, y garantizar la seguridad alimentaria y la mitigación de la pobreza en el contexto de un clima en evolución.



REFERENCIAS

- Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A. & Gimeno, S.B.** 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 168: 25-36.
- Altieri, M.A.** 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2nd edition. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Bachmann, L., Cruzada, E. & Wright, S.** 2009. *Food security and farmer empowerment: a study of the impacts of farmer-led sustainable agriculture in the Philippines*. Laguna, Filipinas, MASIPAG.
- Chavas, J., Posner, J.L. & Hedtcke, J.L.** 2009. Organic and Conventional Production Systems in the Wisconsin Integrated Cropping Systems Trial: II. Economic and Risk Analysis 1993-2006. *Agronomy Journal*, 101(2): 253-260.
- De Schutter, O.** 2013. Agroecology: A Solution to the Crises of Food Systems and Climate Change. In U. Hoffman, ed. *UNCTAD Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late*. Publicación de las Naciones Unidas ISSN:1810-5432.
- Drinkwater, L.E., Wagoner, P. & Sarrantonio, M.** 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396: 262-265.
- Edwards, S., Egziabher, T. & Araya, H.** 2011. Successes and challenges in ecological agriculture: experiences from Tigray, Ethiopia. In L.L. Ching, S. Edwards & N. El-Hage Scialabba, eds. *Climate Change and Food Systems Resilience in Sub-Saharan Africa*. Roma, FAO
- Flores, A.** 2008. Organic Pecans: Another Option for Growers. *Agricultural Research Magazine*, November/December 2008. U.S. Agricultural Research Service (disponible en: www.ars.usda.gov/is/ar/archive/nov08/pecans1108.pdf).
- Flint, M.L., Dreistadt, S.H. & Clark, K.** 1998. *Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control*. University of California Press.
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., El-Hage Scialabba, N. & Niggli, U.** 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS*, 109(44): 18231.
- Gliessman, S.R.** 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd edition. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hine, R., Pretty, J. & Twarog, S.** 2008. *Organic Agriculture and Food Security in Africa*. UNEP-UNCTAD Capacity-Building Task Force. New York, Estados Unidos & Ginebra, Suiza, Naciones Unidas.
- Ho, M.w.** 2013. Sustainable agriculture and off-grid renewable energy. In U. Hoffman, ed. *UNCTAD Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late*. Publicación de las Naciones Unidas ISSN: 1810- 5432.
- Hole, D., Perkins, A., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P. & Evans, A.** 2004. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122(1): 113-130.
- IFOAM.** 2014a. *The Organic Information Hub: Definition of Organic Agriculture* (disponible en: <http://infohub.ifoam.bio/en/what-organic/definition-organic-agriculture>; consultado: junio de 2015).
- IFOAM.** 2014b. *The Organic Information Hub: Principles of Organic Agriculture* (disponible en: <http://infohub.ifoam.bio/en/what-organic/principles-organic-agriculture>; consultado: junio de 2015).



- IPCC.** 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Khan, Z., Midega, C., Pittchar, J., Pickett, J. & Bruce, T.** 2011. Push-pull technology: a conservation agriculture approach for integrated management of insect pests, weeds and soil health in Africa. KK government's Foresight Food and Farming Futures Project. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9: 162-170.
- Lotter, D.W., Seidel, R. & Liebhart, W.** 2003. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(3): 146-154.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. & Niggli, U.** 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296: 1694-1697.
- Millennium Ecosystem Assessment (MeA).** 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Washington, DC, Island Press.
- Morris, G.D.** 2004. *Sustaining national water supplies by understanding the dynamic capacity that humus has to increase soil water-storage capacity*. Faculty of Rural Management, the University of Sydney. (Master of Sustainable Agriculture Thesis)
- Nemes, N.** 2013. Comparative Analysis of Organic and Non-Organic Farming Systems: A Critical Assessment of Farm Profitability. In U. Hoffman, ed. *UNCTAD Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late*. Publicación de las Naciones Unidas ISSN: 1810-5432.
- Niggli, U.** 2015. Sustainability of Organic Food Production: Challenges and Innovations. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(1): 83-88.
- Paungfoo-Lonhienne, C., Visser, J., Lonhienne, T.G.A. & Schmidt, S.** 2012. Past, present and future of organic nutrients. *Plant Soil*, 359: 1-18.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. & Seidel, R.** 2005. Environmental, Energetic and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *Bioscience*, 55(7): 573-582.
- Reganold, J., Elliott, L. & Unger, Y.** 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature*, 330: 370-372.
- Reganold, J., Glover, J., Andrews, P. & Hinman, H.** 2001. Sustainability of three apple production systems. *Nature*, 410: 926-930.
- Roubik, D.W.** (ed.). 2014. *Pollinator Safety in Agriculture*. Rome, FAO.
- Stevenson, F.J.** 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. New York, USA, John Wiley & Sons, INC.
- Walliser, J.** 2014. *Attracting Beneficial Bugs to Your Garden: A Natural Approach to Pest Control*. Portland, OR USA, Timber Press.
- Welsh, r.** 1999. *The Economics of Organic Grain and Soybean Production in the Midwestern United States*. Policy Studies Report no. 13. Henry A. Wallace Institute for Alternative Agriculture.



10

ENFOQUES AGROECOLÓGICOS SOBRE LA ESCASEZ DE AGUA



11

LA AGROFORESTERÍA:

CUMPLIR LA PROMESA DE UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO



12

AGROECOLOGÍA:

LA INTEGRACIÓN CON LA GANADERÍA



13

CÓMO LOGRAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CHINA:

DESDE LAS SOLUCIONES A ESCALA DE CAMPO HASTA MILLONES DE AGRICULTORES



14

LA INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS EN LA ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS:

FACTORES POLÍTICOS Y ECONÓMICOS QUE DIFICULTAN O FACILITAN EL CAMBIO



15

AGROECOLOGÍA:

CONCEBIR PEQUEÑOS SISTEMAS AGRÍCOLAS RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Creación de Sinergías





10

ENFOQUES AGROECOLÓGICOS SOBRE LA ESCASEZ DE AGUA

Ephraim Nkonya

Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias, Washington DC

Correo electrónico: e.nkonya@cgiar.org



© IFPRI/ Mito Mitchell

Resumen

La escasez e imprevisibilidad de las precipitaciones en las tierras áridas y semiáridas han planteado enormes retos a los agricultores, quienes han adquirido experiencia y conocimientos

ecológicos en materia de fomento de la resiliencia y elaboración de estrategias de supervivencia. Sin embargo, las recientes reformas de política en los países en desarrollo y los cambios



mundiales han planteado nuevos retos a los conocimientos ecológicos y los medios de vidas de los agricultores de las tierras áridas y semiáridas. En particular, las nuevas políticas y estrategias de los países en desarrollo no han tenido en cuenta los conocimientos ecológicos y las instituciones consuetudinarias de los agricultores. Como consecuencia, algunos medios de vida tradicionales de los agricultores de las tierras áridas y semiáridas se han vuelto insostenibles. Por ejemplo, aunque las pruebas empíricas indican que el pastoreo móvil mejora la biodiversidad y el manejo sostenible de los pastos y el agua en las tierras áridas y semiáridas, las últimas tendencias a la individualización de

la tenencia de la tierra en el África subsahariana y al acaparamiento de tierras por parte de inversores extranjeros han hecho que los medios de vida nómadas y trashumantes sean insostenibles. En el presente capítulo se examina el manejo de la tierra y el agua en los sistemas de producción de las tierras áridas y semiáridas, utilizando estudios de caso para mostrar las soluciones ideadas por los agricultores, y se analizan algunos nuevos retos, derivados de las nuevas políticas y estrategias y del cambio mundial. El capítulo termina con algunas recomendaciones normativas para mejorar los sistemas agroecológicos sostenibles en las tierras áridas y semiáridas.

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua plantea un reto creciente al desarrollo en las tierras áridas y semiáridas (TASA) de los países en desarrollo.¹ Este reto resulta exacerbado por el cambio climático, el aumento demográfico y la degradación de la tierra y el agua, entre otros factores. Se prevé que las inundaciones, sequías y otros fenómenos extremos aumenten (FAO, 2008; Rockström *et al.*, 2010), y que ello acarree una pérdida de servicios ecosistémicos en los frágiles entornos de las TASA. También se prevé que el cambio climático provoque una disminución de las precipitaciones y un aumento de su variabilidad en las TASA (IPCC, 2007; Williams y Funk, 2011).

Dado que el agua sustenta todas las formas de vida, su escasez da lugar a grandes desequilibrios agroecológicos que provocan una pérdida de servicios ecosistémicos (Barron, 2009). La agricultura se originó hace unos 5 000 a 10 000 años en África (Mazoyer y Roudart, 2006) y los agricultores de las TASA han desarrollado un amplio caudal de conocimientos autóctonos en materia de gestión de los recursos hídricos agrícolas para hacer frente a la escasez de agua y humedad del suelo. Los agricultores han ideado varias tecnologías para la captación del agua pluvial, sistemas tradicionales de riego y técnicas de conservación del suelo y el agua, que han ayudado a mejorar la productividad de los cultivos y el agua en las TASA.

¹ Las TASA son zonas con precipitaciones escasas e irregulares que varían de 0-300 milímetros para las regiones áridas a 300-600 milímetros para las semiáridas (FAO, 1987)



Sin embargo, algunos enfoques de gestión de los recursos hídricos agrícolas no están bien desarrollados para optimizar su eficacia, en especial en la situación cada vez más apremiante de escasez de agua imperante actualmente. Por ejemplo, la eficiencia en el uso del agua en los sistemas de riego por inundación en compartimentos excavados (*majaluba*), que representan el 74 por ciento de la producción de arroz en Tanzania (Seck *et al.*, 2010), no es más que del 15-35 por ciento (Keraita, 2011). Lamentablemente, la investigación y los servicios de extensión de los países en desarrollo no han realizado esfuerzos importantes para aprovechar la ciencia a fin de fortalecer y mejorar los sistemas tradicionales de gestión de los recursos hídricos agrícolas.

La ganadería es un importante sector de producción en las TASA de África subsahariana y Asia meridional. El sector está dominado por los pastores, quienes han adquirido sólidos conocimientos autóctonos en materia de prácticas de manejo de la tierra y el agua (Fernandez-Giménez y Le Febre, 2006; Nkonya y Anderson, 2015). Los sistemas de producción ganadera nómadas y trashumantes han demostrado ser estrategias de supervivencia sostenibles y necesarias en el entorno frágil de las TASA (Scoones, 1995; Niamir-Fuller, 1999). Sin embargo, los recientes cambios económicos e institucionales han hecho que estos medios de subsistencia nómadas y trashumantes sean menos propicios a los movimientos de ganado. La privatización de la tierra ha limitado el movimiento del ganado y la reciente tendencia a su acaparamiento ha provocado una pérdida de tierras de pastoreo, lo que ha mermado las posibilidades de lograr un manejo sostenible de los pastos (Banjade y Paudel, 2008; Sulieman, 2013). Además, el gasto público en el sector ganadero en el África subsahariana es inferior al 2 por ciento, a pesar de la creciente demanda de productos ganaderos.

El cultivo intercalado y otros sistemas de cultivos múltiples son comunes en las TASA de los países en desarrollo (Young, 1987). Se ha demostrado que los sistemas agrícolas de cultivos múltiples conservan mejor la humedad. Por consiguiente, hacen frente a menores riesgos de producción, son más rentables, aumentan la fertilidad del suelo y proporcionan dietas más variadas que los sistemas de monocultivo (Mead y Willey, 1980; Malézieux *et al.*, 2009; Frisson *et al.*, 2011; Lupwayi *et al.*, 2011). Sin embargo, los programas de fitomejoramiento no han atribuido suficiente importancia al desarrollo de cultivares adaptados a los sistemas de policultivos (Haugerud y Collinson, 1990). Por ejemplo, los cultivares de leguminosas que son tolerantes a la sombra pueden mejorar el cultivo intercalado de cereales-leguminosas, que aumentan la fijación del nitrógeno y reduce la necesidad de utilizar fertilizantes inorgánicos, así como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Lupwayi *et al.*, 2011). La diversificación es una de las estrategias de supervivencia más comunes en las TASA, que experimentan con frecuencia sequías y, por tanto, malas cosechas y mortalidad del ganado (Hassan y Nhemachena, 2008). Como consecuencia, los sistemas integrados de producción agropecuaria disponen de mayores mecanismos para hacer frente a los riesgos a que hacen frente los agricultores pobres de las TASA que los sistemas especializados de producción agrícola o pecuaria (Potter y Ramankutty, 2010). Además, la producción agropecuaria integrada mejora la nutrición, la fertilidad del suelo y la mecanización (Kennedy *et al.*, 2003; 2004; Potter y Ramankutty, 2010).

Las instituciones locales desempeñan un papel fundamental en el manejo del agua (Meinzen-Dick, 2007), y las comunidades de las TASA han desarrollado sólidas instituciones tradicionales para el manejo eficaz de los recursos hídricos (Ostrom *et al.*, 1999), mediante enfoques holísticos, inclusivos y participativos que fortalecen la propiedad y las relaciones de ayuda social.



Sin embargo, las instituciones locales no son la panacea (Meinzem-Dick, 2007). Por ejemplo, las instituciones consuetudinarias y otras instituciones locales informales tienen problemas para garantizar la equidad entre géneros y cuando trabajan en comunidades multiculturales. No obstante, han demostrado ser más eficaces en la gestión de las tierras de pastoreo, los recursos hídricos, los bosques y otros recursos naturales que las instituciones locales y nacionales formales (Lund, 2006; Mowo *et al.*, 2013).

En este capítulo se examina las prácticas de manejo de la tierra y el agua en el contexto de la agroecología. La atención se centra en las TASA de los países en desarrollo, donde los agricultores hacen frente a retos abrumadores debido a los limitados recursos y a las nuevas políticas y el cambio mundial que amenazan a los sistemas tradicionales.

En la siguiente sección se examina la literatura relativa a las prácticas de manejo de la tierra y el agua que han mejorado la sostenibilidad de los agroecosistemas en las TASA. Se hace hincapié en los sistemas de conocimientos locales, que favorecen la mejora de la productividad de la tierra y el agua en un entorno de escasez de recursos hídricos. El examen se centra en el manejo de los sistemas de producción pecuaria y agrícola de las TASA, y en las estrategias de que se han valido los agricultores para hacer frente a la escasez e imprevisibilidad permanente de las precipitaciones y a los riesgos que esto acarrea para la producción. También se analizan los retos y oportunidades representados por estos cambios de política y tendencias mundiales para determinar sus repercusiones en las prácticas tradicionales de manejo de la tierra y el agua. En la tercera sección, se examinan estudios de casos para poner de relieve los principales temas del capítulo. La última sección termina con un debate, entre otros sobre las implicaciones para la aplicación de la agroecología en una escala mayor.

EXAMEN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE SOBRE EL MANEJO DE LA TIERRA Y EL AGUA EN LAS TASA

Para hacer frente a los riesgos relacionados con la producción y a otros retos, los sistemas de manejo y los medios de vida en las TASA son muy diversificados. Para organizar el debate, la presente sección se ha dividido en sistemas de producción ganadera y agrícola. También analizamos los programas de plantación y protección de árboles, que podrían aplicarse ya sea en tierras de cultivo/pastoreo (agroforestería) o en parcelas forestales/bosques.

Sistemas de producción ganadera y manejo de la tierra y el agua en las TASA

El examen se centra en los pastizales, es decir, en las tierras de pastoreo abiertas que abarcan alrededor de 61,2 millones de kilómetros cuadrados o el 45 por ciento de la superficie terrestre libre de hielo (Asner *et al.*, 2004; Reid *et al.*, 2008). Los pastizales representan el 78 por ciento de las tierras sometidas a pastoreo y constituyen el sustento para alrededor de 200 millones de hogares pastorales (Nori *et al.*, 2005). Las comunidades pastorales y otros agricultores de los pastizales de las TASA han desarrollado un amplio caudal de conocimientos y aptitudes para manejar de manera sostenible sus recursos de tierra e hídricos, y hacer frente a la escasez



e imprevisibilidad de las precipitaciones (Reid *et al.*, 2008). Varios estudios han demostrado que, en general, los sistemas pastorales en las TASA son sostenibles incluso frente a grandes cambios en la producción de biomasa, ocasionados principalmente por la imprevisibilidad de las precipitaciones y otras perturbaciones naturales.

En estos sistemas altamente imprevisibles con escasos recursos hídricos, los pastores y agropastores han adoptado varias medidas para mantener la productividad, incluso cuando las precipitaciones son muy variables; en esta sección examinaremos la movilidad de los pastores, los sistemas agropecuarios, y el uso de cercamientos de pastizales como medidas tradicionales para hacer frente a la escasez de agua.

Basándose en un amplio examen de estudios sobre comunidades pastorales africanas, Niamur-Fuller (1999) llegaron a la conclusión de que los sistemas de manejo de pastizales se encuentran en un estado de desequilibrio, es decir, cambian de un estado a otro. Factores externos, entre ellos sequías, incendios y plagas de langostas o de otros insectos, son la causa de este estado de desequilibrio. Existe la falsa idea de que el sobrepastoreo es un factor fundamental que impulsa el estado de desequilibrio (Niamur-Fuller, 1999); sin embargo, las pruebas empíricas han demostrado que las precipitaciones son el factor más importante de la productividad de biomasa de los pastizales (Le Houérou y Hoste, 1977; Coppock, 1993), y que con una gran variabilidad de las precipitaciones, la productividad de los pastizales también es altamente variable. En el nuevo paradigma relativo a los pastizales (Turner, 2011), la movilidad pastoral se considera una estrategia de subsistencia sostenible que responde a la disponibilidad de pastos y agua y a la aparición de perturbaciones imprevisibles, como incendios y brotes de plagas. Además, la migración a través de zonas agroecológicas permite que cada zona agroecológica soporte de manera sostenible más ganado del que es posible soportar con un sistema sedentario (Scoones, 1995; Niamur-Fuller, 1999).

Los programas para reducir el número de efectivos ganaderos del pasado que apuntaban a mantener una capacidad de carga predefinida resultaron ser impopulares y se han considerado un fracaso. Por ejemplo, un estudio en Kenia septentrional mostró que los pastizales en que se reduce la cabaña ganadera provocan una disminución de la productividad del ganado y es probable que no prevengan la degradación de la tierra (Hary *et al.*, 1996). Esta constatación indica que la estrategia de movilidad del ganado es más racional ecológicamente que los programas de reducción del número de efectivos ganaderos (Nkedianye *et al.*, 2011).

La producción ganadera en los sistemas sedentarios también ha desarrollado sistemas de manejo del agua que garantizan una producción relativamente estable. Una mayor cantidad de carbono en el suelo aumenta la conservación de la humedad (Reeves, 1997), y los agricultores que poseen ganado tienen más probabilidades de aplicar estiércol y otros insumos orgánicos que aumentan el carbono en el suelo (Nkonya *et al.*, 2015). Además, los sistemas integrados de producción agropecuaria proporcionan una mayor diversidad y calidad de la nutrición que los sistemas especializados de producción agrícola o ganadera (Kennedy *et al.*, 2003; 2004). Esto es particularmente importante entre los agricultores pobres de los países en desarrollo, para quienes la participación en los mercados es limitada y la producción familiar es el principal factor determinante de la diversidad de la alimentación. En lo que se refiere a la fertilidad del



suelo, un estudio a nivel mundial ha indicado que las superficies caracterizadas por soportar el ganado son más propensas a lograr un manejo sostenible de la tierra que aquellas sin ganado (Nkonya *et al.*, 2015). Este hecho no es sorprendente habida cuenta de que el estiércol animal representa del 54 por ciento al 64 por ciento del nitrógeno total y el 64 por ciento de las aplicaciones de fósforo a nivel mundial (Sheldrick *et al.*, 2004; Potter y Ramankutty, 2010). Los agricultores sedentarios del África subsahariana utilizan diferentes tipos de sistemas de rotación de pastos (Teague y Dowhower, 2003). El período de descanso entre las rotaciones ayuda a mejorar la composición de las especies vegetales, mantener la salud de los pastizales, reducir la erosión del suelo y aumentar el secuestro de carbono (Bosch, 2008).

En respuesta a la escasez de agua y su variabilidad estacional, los agricultores sedentarios que cultivan la tierra y crían animales también reservan bancos de forraje o zonas cercadas, es decir áreas reservadas durante la temporada de lluvias y utilizadas en la temporada seca cuando el forraje escasea en los pastizales de los alrededores (Verdoodt *et al.*, 2010). Los cercamientos de pastizales son frecuentes en Etiopía, Somalia, Nigeria, Kenia, Tanzania y Sudán (Verdoodt *et al.*, 2010; Barrow y Shaha, 2011; Angassa *et al.*, 2012). Los cercamientos ayudan a reducir la presión sobre las tierras de pastoreo, al tiempo que restablecen y conservan el forraje degradado. Los bancos de forraje aumentan la biodiversidad y la ecología del suelo y previenen la erosión del suelo y otras formas de degradación de la tierra (Kamwenda, 2002; Verdoodt *et al.*, 2009; Abate *et al.*, 2010). Hay una mayor diversidad de especies en los cercamientos que en las zonas sometidas continuamente a pastoreo (Oba, 2013), Además, los cercamientos contribuyen al secuestro del carbono. Por ejemplo, Barrow y Shah (2011) han señalado que en los cercamientos (*Ngitili*) de Tanzania noroccidental se secuestraron alrededor de 3,2 millones de toneladas de carbono entre 1986 y 2002. En Tanzania del norte, la administración de los *Ngitili* está a cargo de sólidas instituciones consuetudinarias (Nkonya, 2008). Para vigilar el cumplimiento de las normas y reglamentaciones emitidas por las instituciones consuetudinarias (Dagashida) se utilizan guardias locales de seguridad de las aldeas (*Sungusungu*) (Barrow y Shah, 2011).

Retos para lograr un manejo sostenible de los pastizales en las TASA

Para que los sistemas tradicionales de manejo de pastizales utilizados para hacer frente a la escasez de agua (por ejemplo, movilidad, interacción cultivos-animales, uso de cercamientos) sigan siendo viables en las condiciones actuales, se tienen que abordar varias consideraciones. A continuación se examinan tres retos principales, a saber, las políticas que inciden en la movilidad, la degradación de la tierra, y la inversión mínima en el fomento ganadero.

Políticas que inciden en la movilidad:

La movilidad del ganado hace frente a muchos retos; el primero es la expansión de la actividad agrícola hacia los pastizales. La expansión de las tierras de cultivo ha contribuido a limitar la movilidad del ganado y, por consiguiente, a desencadenar violentos conflictos entre los



pastores nómadas y trashumantes² y la población local (ICG, 2014). En el marco de las continuas iniciativas de registro de tierras, se han asignado pastizales de propiedad comunal a personas privadas. Por ejemplo, como consecuencia de la tendencia reciente al acaparamiento de tierras, se han asignado pastizales a inversores extranjeros (Babiker, 2011), con la consiguiente pérdida de acceso al pastoreo por parte de los pastores. Además, el establecimiento y puesta en vigor de límites políticos y administrativos, la usurpación del control de las instituciones locales y la alteración de las prácticas locales también han contribuido a limitar la movilidad y han reducido la eficacia de las instituciones consuetudinarias pastorales en el manejo efectivo de los pastizales (Fernandez-Gimenez y Le Febre, 2006).

Degradación de la tierra:

En los últimos 30 años ha habido una apreciable degradación de las tierras de pastoreo. Le *et al.* (2014) estimaron que alrededor del 40 por ciento de los pastizales del mundo experimentaron una degradación entre 1986 y 2006. Esta degradación da lugar a una pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Las principales causas de la degradación de la tierra han sido el sobrepastoreo, los incendios forestales y otras formas de prácticas inadecuadas de manejo de la tierra. La degradación de la tierra puede interactuar con el estado de desequilibrio de los pastizales y agravarse aun más. En especial, el sobrepastoreo provoca cambios en la composición de las especies y en la competición dentro de las especies (FAO, 2009). La causa principal del sobrepastoreo y la explotación excesiva del forraje es la creciente demanda de productos pecuarios, sobre la que influye el aumento de los ingresos en los países de ingresos bajos a medios. Por ejemplo, se prevé que el consumo mundial de carne y productos lácteos aumente en 173 por ciento y 158 por ciento respectivamente entre 2010 y 2050 (Asner y Archer, 2010).

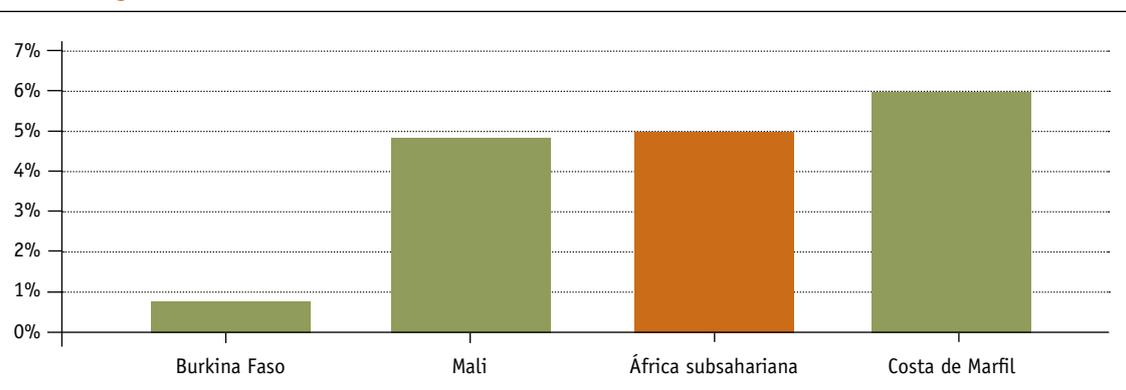
Inversión mínima en el fomento ganadero

Las asignaciones presupuestarias al fomento ganadero en los países en desarrollo son reducidas. Como consecuencia, la productividad ganadera es baja, en especial en los sistemas pastorales. Por ejemplo, en Mongolia, durante los últimos años de la década de 1990, un tercio de la población y el 50 por ciento de la fuerza de trabajo dependían del ganado para su supervivencia (Mearns, 2004). Sin embargo, las asignaciones presupuestarias gubernamentales al sector ganadero han sido exiguas, lo que ha dado lugar a una disminución de las investigaciones en materia agricultura y mejoramiento en ámbitos como el mantenimiento del riego, el suministro de alimentación suplementaria, el manejo de los riesgos de sequía y de *dzud* (condiciones meteorológicas rigurosas en invierno/primavera), y la comercialización (Mearns, 2004). Las asignaciones presupuestarias gubernamentales al sector ganadero en el África subsahariana no ascienden más que al 5 por ciento del presupuesto total (Figura 1), pese a que este sector contribuyó con el 35 por ciento del PIB agrícola en 2002 (Ehui *et al.*, 2002). Además, alrededor de 170 millones de personas en la región dependen total o parcialmente de la producción ganadera (FAO, 2006) y la ganadería ocupa una superficie mayor que la agricultura (Kamuanga *et al.*, 2008).

² El pastoreo nómada es el movimiento de ganado y personas en busca de pastos y agua siguiendo trayectorias no regulares. La trashumancia es el movimiento de ganado que sigue una trayectoria predeterminada y no siempre supone el movimiento de las familias de los pastores.



Figura 1. **Asignación presupuestaria agrícola a la ganadería como porcentaje del presupuesto gubernamental total en el África subsahariana**



Fuente: Cálculos basados en Kamuanga *et al.*, 2008

Manejo agroecológico del agua en tierras de cultivo

Los pequeños agricultores de las tierras áridas han concebido varios métodos para hacer frente a los riesgos y perturbaciones relacionados con la escasez de las precipitaciones y la gran variabilidad de las mismas (Mortimore y Adams, 2001). Uno de los enfoques más comunes es la promoción de la diversidad de cultivos, que produce muchos beneficios ecológicos y económicos. El policultivo y el cultivo intercalado (en lo sucesivo, denominado simplemente policultivo) se asocian a una mejor cubierta del suelo y, por tanto, a una mejor conservación de la humedad (Ghanbari *et al.*, 2010), fertilidad de suelo, manejo integrado de plagas y diversidad nutricional (Young, 1987; Frison *et al.*, 2011). El policultivo rompe el ciclo de las enfermedades mediante el aumento de la diversidad microbiana y la fijación del nitrógeno (Lupwayi *et al.*, 2011). Aunque las leguminosas pueden contribuir a las emisiones de GEI, Lupwayi *et al.*, (2011) observaron que el volumen de GEI producido por los sistemas de cultivos intercalados cereales-leguminosas es menor que el emitido por los cereales bajo monocultivo que reciben fertilizantes. Utilizando coeficientes de superficie de terreno equivalente – las necesidades relativas de superficie del cultivo intercalado en comparación con el monocultivo (Mead y Willey, 1980) –, varios estudios han demostrado que los agricultores con limitaciones de tierra recogerán una cosecha mayor con sistemas de cultivo intercalado que con sistemas de monocultivo (Malézieux *et al.*, 2009). Los análisis económicos también han confirmado que los agricultores obtienen mayores ganancias utilizando el policultivo en lugar del monocultivo (Shaxson y Taure, 1992).

Varios estudios han demostrado que en zonas con escasez de agua, la diversidad de cultivos reduce el riesgo de una mala cosecha y de otras perturbaciones relacionadas con el clima, debido a la variación de la profundidad radicular y la cubierta de los doseles (que aumentan la conservación de la humedad) (Lupwayi *et al.*, 2011). Otros estudios también han demostrado que la agroforestería y la regeneración de las tierras han mejorado la seguridad alimentaria, los ingresos y la resiliencia de los agricultores de las zonas áridas (Reij *et al.*, 2009; Place y Binan, 2013; Bayala *et al.*, 2014). Los árboles de la agroforestería también puede proporcionar leña



y forraje, favorecer la fijación de nitrógeno y producir otros beneficios (Pimentel y Wightman, 2010) y, al mismo tiempo, pueden contribuir a la seguridad alimentaria y energética. Además, estudios recientes han demostrado que el manejo integrado de la fertilidad del suelo (MIFS) —es decir, el uso de insumos orgánicos, semillas mejoradas y cantidades razonables de fertilizantes inorgánicos (Vanlauwe *et al.*, 2010)— aumenta la productividad agrícola, reduce los riesgos relacionados con el clima y se asocia con mayores ganancias en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes inorgánicos o de insumos orgánicos (AGRA, 2014). Sin embargo, la tasa de adopción del MIFS es baja, debido principalmente al reducido acceso al mercado, la alta densidad de mano de obra que requieren los insumos agrícolas orgánicos y la escasa capacidad de los servicios de extensión para prestar servicios de asesoramiento relacionados con el MIFS. Además, el MIFS aumenta la eficiencia en el uso de los nutrientes de los fertilizantes minerales (Marenya *et al.*, 2014), un aspecto que contribuye a un ambiente más limpio.

De este examen de la producción de cultivo se desprende que la diversidad de cultivos y la inclusión de prácticas de manejo orgánicas e inorgánicas de la fertilidad del suelo son elementos importantes tanto para obtener mayores rendimientos y ganancias y reducir los riesgos relacionados con la producción, como para hacer frente a la escasez de agua. Sin embargo, los servicios de extensión y el acceso a los mercados son los principales problemas para su difusión futura entre los agricultores.

Retos para lograr la gestión sostenible de los recursos hídricos agrícolas en las TASA

Las prácticas de riego, captación del agua pluvial y conservación del suelo y el agua han sido estrategias clave de gestión de los recursos hídricos agrícolas para hacer frente a la escasez de agua y humedad en las TASA. El siguiente examen trata, primero, del riego y, luego, de las prácticas de conservación del suelo y el agua y de captación del agua pluvial.

Riego:

A nivel mundial, el uso de prácticas de gestión de los recursos hídricos agrícolas ha aumentado considerablemente, lo que ha contribuido a incrementar la productividad agrícola, es decir, la cantidad o el valor de producto respecto al volumen o valor de agua consumida (FAO, 2003). La productividad del agua en la agricultura se duplicó con creces entre 1961 y 2001, debido principalmente al mayor uso de variedades de cultivos mejoradas (FAO, 2003). Otras estrategias utilizadas para aumentar la productividad del agua en la agricultura son la mejora de la infraestructura de riego para reducir las pérdidas de agua debidas al drenaje, la infiltración y la percolación; la sincronización del riego con la demandas de agua de la planta durante los períodos de crecimiento sensibles; la labranza mínima o labranza cero y otros métodos de labranza para la conservación de la humedad; la captación de las aguas pluviales; la construcción de estructuras de almacenamiento de agua, y las técnicas de recuperación de las aguas residuales (FAO, 2003; Toze, 2006).

Las tasas de adopción de estrategias de gestión de los recursos hídricos agrícolas y las posteriores medidas relacionadas con la productividad del agua en la agricultura varían



considerablemente en el mundo. El África subsahariana ocupa un lugar bajo en cuanto a medidas relacionadas con la productividad del agua en la agricultura y la extensión de la superficie de regadío (Banco Mundial, 2006; Egeru, 2012). Por ejemplo, el África subsahariana tiene 5 195 kilómetros cuadrados de escurrientías cosechables y bastaría captar sólo el 15 por ciento de esta agua pluvial para atender las necesidades hídricas de la región (Malesu *et al.*, 2006). Dado el enorme reto a que hace frente el África subsahariana para aumentar la productividad del agua, la discusión se centrará a continuación en las zonas de TASA de la región.

Tras el fracaso de varios proyectos de fomento del riego en gran escala en el África subsahariana (Inocencio *et al.*, 2007; Turrall *et al.*, 2010), los gobiernos y sus asociados en el desarrollo se han centrado en el fomento del riego en pequeña escala. Además del impacto negativo en los ecosistemas producido por la desviación de grandes ríos (Falkenman *et al.*, 2007), los planes de riego en gran escala tenían una gestión centralizada y utilizaban un enfoque de arriba abajo, que no logró fortalecer las instituciones locales para que resolvieran de manera eficaz las asignaciones y la gestión del agua (Inocencio *et al.*, 2007; Turrall *et al.*, 2010). Además, una comparación de la rentabilidad de las inversiones en sistemas de riego ha demostrado que las tasas internas de retorno de las inversiones en sistemas de riego en pequeña escala eran del 28 por ciento, frente al 7 por ciento de los sistemas de riego en gran escala (You *et al.*, 2011). Por ejemplo, Nigeria realizó cuantiosas inversiones en la construcción de grandes embalses de riego en las décadas de 1970 y 1980, pero en la década de 1990 pasó a apoyar a los pequeños agricultores. Estos pequeños agricultores utilizaban el agua de las llanuras inundables con acuíferos pocos profundos y de las tierras bajas (*fadama*) para regar los cultivos en la temporada seca y utilizaban el riego suplementario en la temporada de lluvias (Nkonya *et al.*, 2010).

El riego en pequeña escala ha contribuido de manera importante al fomento del riego en el África subsahariana, pero todavía afronta muchos retos. El más importante es la limitada participación de los agricultores en la planificación y aplicación de los planes de riego. Una evaluación de los resultados de los proyectos mostró que los proyectos en que los agricultores contribuían a la inversión y gestión del fomento del riego tenían más probabilidades de éxito que aquellos que no contaban con la contribución de los agricultores (Inocencio *et al.*, 2007). Los enfoques impulsados por las comunidades utilizados para ejecutar los proyectos de las *fadamas* también tuvieron efectos importantes en la mejora del bienestar humano (Nkonya *et al.*, 2010). Sin embargo, incluso en los planes de riego en pequeña escala emprendidos por el gobierno o los proyectos ejecutados con el apoyo de los donantes, se suele atribuir mayor importancia al desarrollo de la infraestructura de regadío. La participación de los beneficiarios (agricultores) en la planificación y el desarrollo de las capacidades de las instituciones locales para administrar los planes de riego ha sido limitada (Cleaver y Franks, 2005; Nkonya *et al.*, 2013). Además, los servicios de asesoramiento para el mantenimiento de la infraestructura de riego y la gestión del agua han sido deficientes (Nkonya *et al.*, 2013). El servicios de asesoramiento más importante fue prestado por los mismos agricultores (Ouedraogo, 2005). Para los planes de riego tradicionales emprendidos y gestionados por los agricultores, las instituciones de manejo del riego son sólidas, pero la infraestructura de regadío está mal planificada y su mantenimiento es limitado debido a restricciones presupuestarias. El estudio de caso de Tanzania que se describe en la siguiente sección, ilustra algunos retos.



Prácticas de conservación del suelo y el agua y de captación del agua pluvial:

Las estructuras de conservación del agua y la humedad y la captación del agua de lluvia son prácticas habituales de gestión de los recursos hídricos agrícolas en las TASA. La captación del agua pluvial y los enfoques integrados de conservación del suelo y el agua aumentan la capacidad de aprovisionamiento de cultivos, forraje y biomasa (Barron, 2009). Los agricultores han desarrollado y adaptado a sus necesidades una variedad de prácticas de conservación de la humedad y el agua y de captación del agua pluvial. Por ejemplo, una evaluación de los métodos indígenas de conservación del suelo y el agua en Kenia puso de manifiesto que se utilizaban varias estructuras, como líneas de desechos (*trash lines*)³, cercos de piedra, terrazas (*Fanya juu*) y líneas de troncos (*log lines*)⁴. La elección de determinadas prácticas de conservación del suelo y el agua depende en parte de la dotación de capital de las familias, el tipo y la fertilidad del suelo, la productividad de la granja, el nivel de precipitaciones y la variabilidad ecológica (Tengberg *et al.*, 1998). Por ejemplo, los agricultores pobres pueden preferir intercalar un cereal con una leguminosa. La conclusión general del análisis de la conservación del suelo y el agua en Kenia fue que las elecciones de los agricultores eran lógicas y prudentes y que mejoraban las funciones agroecológicas de sus sistemas de producción (Tengberg *et al.*, 1998; Fox *et al.*, 2005).

Otras prácticas de conservación del suelo y el agua y de captación del agua pluvial en el África subsahariana son los pozos *zai* para la siembra, que fueron inventados por Yacoubou Sawadogo, 2005), un agricultor de Burkina Faso que luego organizó sus propios servicios de extensión para asesorar a otros agricultores (Quedraogo, 2005). Estos pozos para la siembra pueden aumentar los rendimientos de los cultivos de secano en 47 por ciento cuando se utilizan en combinación con insumos agrícolas orgánicos (Pender, 2009) y, al mismo tiempo, reducir los riesgos relacionados con la producción en las regiones áridas. Últimamente, se ha promovido mucho la agricultura de conservación, que reduce la erosión del suelo y aumenta la eficiencia en el uso del agua mediante la mejora de la infiltración y la reducción de las pérdidas de agua por evaporación (Giller *et al.*, 2009). Por ejemplo, Bouza (2012) observó que una cubierta continua del 30 por ciento de la tierra reducía la erosión eólica en un 80 por ciento en Argentina.

La tasa de adopción de las prácticas de conservación del suelo y el agua y de captación del agua pluvial es baja (SIWI, 2001) debido a la limitada promoción. Se necesitan nuevas estrategias para aumentar la aceptación de estas prácticas con objeto de incrementar las producción agroecológica sostenible en las TASA.

³ Estas líneas se forman disponiendo los residuos de cultivo en líneas a lo largo de las curvas de nivel

⁴ Estas líneas se establecen sobre la tierra recién desbrozada disponiendo troncos de árbol a lo largo de las curvas de nivel



PROGRAMAS DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES Y DE REGENERACIÓN GESTIONADA POR LOS AGRICULTORES

La plantación de árboles mejora la conservación del agua debido a que el dosel de los árboles enfría el suelo y sirve de cortaviento (Schoeneberger, 2009). Además, los árboles de raíces profundas utilizan el agua de los horizontes más bajos y evitan la competencia por el agua con las plantas de raíces poco profundas (Kassan *et al.*, 2009). En el mundo se han emprendido varios programas de plantación de árboles en las TASA. Actualmente, en el África subsahariana se está llevando adelante una iniciativa para crear un “gran muralla verde”. Se trata de un cinturón arbolado que debería de tener 15 kilómetros de ancho y 7 100 kilómetros de largo e ir de Dakar a Djibouti (GEF, 2011). Este programa se inspira en la gran muralla verde china, que se extiende por 4 480 kilómetros a través del desierto en el noreste de China (Levin, 2005). Varios programas de regeneración natural gestionada por los agricultores han dado buenos resultados en la región del Sahel (Reij *et al.*, 2009; Place y Binam, 2013; Bayala *et al.*, 2014). La regeneración natural gestionada por los agricultores es una estrategia de bajo costo para la restauración de la biomasa degradada mediante prácticas encaminadas a aumentar la productividad de la tierra. Del mismo modo, Mongolia ha promovido la regeneración natural gestionada por los agricultores para la restauración de bosques y pastizales en las zonas áridas mediante la protección y la plantación de árboles autóctonos (Zhao *et al.*, 2007).

Varios factores han contribuido al éxito general de la siembra y la protección de árboles y la regeneración natural gestionada por los agricultores:

- » El uso de árboles o especies herbáceas autóctonos es importante para garantizar tasas de supervivencia mayores en el frágil entorno de las TASA. Por ejemplo, en la gran muralla verde china, iniciada en 1978, se utilizaron primero árboles exóticos cuya tasa de supervivencia no era más que del 15 por ciento (Cao *et al.*, 2011). Los árboles nativos se introdujeron cuando la baja tasa de supervivencia se convirtió en un problema.
- » Los estudios a largo plazo sobre gestión forestal también han demostrado que las instituciones locales son más eficaces en la gestión de los recursos naturales que los gobiernos centrales (Poteete y Ostrom, 2004).
- » Una revisión realizada por Cooke *et al.* (2008) demostró que los programas de plantación de árboles han dado buenos resultados en zonas en que los agricultores han experimentado importantes pérdidas de cubierta forestal que han provocado una pérdida de los servicios ecosistémicos aportados por los árboles (por ejemplo, materiales para la construcción, leña para las comunidades pobres y otros servicios). Sin embargo, los programas exitosos a menudo necesitan mecanismos de incentivo e instituciones para garantizar que los esfuerzos desplegados por los propietarios o los operadores de las tierras estén protegidos.
- » El apoyo decidido de los gobiernos, ONG y organizaciones religiosas también puede contribuir de manera importante al éxito de la plantación y protección de árboles y la regeneración natural gestionada por los agricultores. En la siguiente sección se presenta el estudio de caso de Nigeria para demostrar el papel desempeñado por las ONG y las políticas gubernamentales en el ofrecimiento de incentivos para la plantación y protección de árboles y la regeneración natural gestionada por los agricultores.



ESTUDIOS DE CASOS

Para explicar las principales conclusiones del examen de la literatura, en la siguiente sección se presentan varios estudios de casos relativos a la gestión de pastizales, el manejo del agua en la agricultura y los programas de plantación y protección de árboles y de regeneración natural gestionada por los agricultores. La atención se centra en las prácticas tradicionales o introducidas de manejo de la tierra aplicadas completamente por los agricultores sin apoyo externo importante. Las prácticas de manejo son más intensivas en conocimientos que en insumos. Esta elevada intensidad de conocimientos locales es una característica central del manejo agroecológico (Altieri, 2002).

Medios de vida pastorales sostenibles en Asia y África subsahariana

Las comunidades pastorales de Mongolia tienen medios de vida nómadas sostenibles cuyos movimientos temporales y espaciales depende de la disponibilidad de pastos y recursos hídricos y del estado en que se encuentren (Zhang *et al.*, 2007). El ganado se desplaza a las zonas más áridas durante la temporada de lluvias y hacia las zonas más húmedas durante la temporada seca. La estrategia permite que las comunidades pastorales tengan acceso a pastos y agua de buena calidad y en cantidad suficiente durante las temporadas seca y húmeda. Esto reduce la presión del pastoreo, alivia y restablece las tierras sometidas previamente al pastoreo y ayuda a mantener o mejorar la biodiversidad y la heterogeneidad en los ecosistemas de pastizales. Los pastores mongoles disponen de un rico caudal de conocimientos ecológicos, que determina el aprovechamiento de la diversidad, la flexibilidad y reciprocidad, y el desarrollo y utilización de los pastos y las reservas de agua (Fernandez-Gimenez y Le Febre, 2006). Para manejar estos ecosistemas frágiles, las comunidades pastorales mongolas han establecido sólidas instituciones consuetudinarias que guían la gestión de los pastizales y los recursos hídricos (Fernandez-Gimenez y Le Febre, 2006).

Al igual que los ganaderos mongoles, en el África subsahariana existen varias comunidades pastorales con sólidas instituciones consuetudinarias y conocimientos ecológicos que apoyan la gestión sostenible de los pastizales (Selemani *et al.*, 2012). Por ejemplo, los Wodaabe Fulani del Níger suroccidental utilizan el ciclo lunar para determinar la movilidad del ganado (Stenning, 1994; Folke y Colding, 2001). Los Rufa'a Al Hoi de Sudán son pastores que cada 204 días se trasladan a nuevos pastos, mientras que los Fulani de Sierra Leona septentrional mueven su ganado cada dos años para permitir el rejuvenecimiento del pasto durante algunos años (Folke y Colding, 2001). Las comunidades pastorales Himba de Namibia noroccidental reservan pastos de emergencia para utilizarlos sólo cuando sobrevienen sequías (Kuckertz *et al.*, 2011). Estos conocimientos y prácticas ecológicos han ayudado a las comunidades a gestionar de manera sostenible sus recursos durante siglos. Por ejemplo, los Maasai de Kenia y Tanzania tienen tradiciones únicas e inocuas para el medio ambiente que los diferencian de las comunidades adyacentes. Una de las características más salientes de la tradición Maasai es que no comen carne



de animales de caza silvestres (Asiema y Situma, 1994) ni cortan un árbol vivo. Para los Maasai los árboles son punto de referencia para las fuentes de agua, rutas para el ganado y hierbas medicinales (Ole-Lengisugi, 1998). Esta es una de las razones por las que el Gobierno de Tanzania permite que sólo los Maasai vivan en las reservas de caza. Estos ejemplos muestran la riqueza de los conocimientos ecológicos indígenas utilizados para la gestión sostenible de los pastizales.

Sin embargo, las comunidades pastorales hacen frente a retos abrumadores para continuar su modo de vida tradicional. Los medios de vida de los pastores mongoles se ven amenazados por las reformas de políticas. El Gobierno mongol ha puesto en marcha reformas de políticas para pasar de una economía socialista a otra de mercado, una estrategia que ha provocado el despido masivo de trabajadores de las empresas de propiedad estatal, que han sido absorbidos en gran parte por el sector ganadero (Mearns, 2004). Como consecuencia, la población ganadera aumentó en un 75 por ciento de 1993 a 1999 y el número de pastores se duplicó entre 1990 y 1997 (Mearns, 2004). Este notable aumento de la población ganadera y del número de pastores ha ejercido una creciente presión sobre los pastizales.

Como se dijo anteriormente, las comunidades pastorales del África subsahariana también experimentan presiones debido a la formalización e individualización de la tenencia de la tierra y a las inversiones extranjeras, que han favorecido la asignación de pastizales a inversores extranjeros. La formalización de la tenencia de la tierra ha limitado la movilidad de ganado en África y otras regiones en las que la seguridad de la tenencia de la tierra es reducida.

Los sistemas de conocimientos indígenas son un elemento esencial en la gestión de las tierras áridas y hacen posible que estas sigan siendo productivas a pesar de la gran variabilidad de las precipitaciones y la escasez general de agua. Sin embargo, las medidas normativas de apoyo a los medios de vida y a los ecosistemas indígenas están escasamente desarrolladas y a menudo son contradictorias.

Los pastizales de la Patagonia y la producción de lana merino

La producción de lana en la Argentina tiene lugar principalmente en la estepa patagónica, una zona que abarca alrededor de 800 000 kilómetros cuadrados (Ares, 2007). En la Patagonia, las comunidades pastorales han criado sus ovejas utilizando prácticas tradicionales de pastoreo extensivo y continuo, con un control mínimo del movimiento del ganado por parte de los pastores (Ares, 2007; Oliva *et al.*, 2012). Debido a que las ovejas son herbívoros de pastoreo altamente selectivos (Cibils *et al.*, 2001), el pastoreo continuo ha reducido el forraje preferido hasta el punto de no poder recuperarlo completamente, ni siquiera después del barbecho (Ares, 2007). Estudios a largo plazo han demostrado que para recuperar completamente este forraje se necesitan de 20 a 30 años de reposo en la Patagonia oriental (Bisigato *et al.*, 2002).

Se ha demostrado que el pastoreo de rotación mantiene de manera sostenible la productividad del forraje preferido. El método de pastoreo de rotación recomendado consiste en llevar las ovejas a humedales (*malines*) durante la temporada seca y a las tierras altas durante la estación de la primavera (Golluscio *et al.*, 1998). El programa de investigación sobre pastizales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha perfeccionado un tipo especial de pastoreo de



rotación. La recomendación es utilizar la tecnología de manejo extensivo (TME), una técnica de manejo de bajos insumos, apodada también ‘toma la mitad, deja la mitad’. La TME es un plan de pastoreo que se elabora después de realizar una evaluación de teledetección para determinar la capacidad de carga de la tierra. Se recomienda al productor que maneje el pastoreo de suerte de dejar la mitad de la biomasa por encima del suelo del forraje preferido antes que los animales se desplacen a otra parcela (Anderson *et al.*, 2011).

En la Argentina ha habido una degradación de los humedales. El Cuadro 1 indica que alrededor del 12 por ciento de los 6,4 millones de hectáreas de humedales en los pastizales y los biomas de bosques registrados en 2005 se han perdido. Se estima que esta pérdida le ha costado a la Argentina unos 4 000 millones de dólares EE.UU.⁵ o 2 por ciento del PIB nacional en 2007 (Aranda-Rickett *et al.*, 2015). La causa principal de la pérdida de humedales en los pastizales patagónicos ha sido el sobrepastoreo. Por ejemplo, los humedales de Molihue fueron drenados inadvertidamente debido a que el sobrepastoreo tuvo lugar aguas arriba y las ovejas y la erosión formaron cárcavas que drenaron los humedales. Sin embargo, en las zonas densamente pobladas, la pérdida de humedales ha sido una consecuencia de la construcción de canales que conectan los humedales del interior con ríos, valles y otros sistemas de drenaje (de Prada *et al.*, 2014). Los canales se construyeron porque los agricultores y las comunidades rurales, afectados por las inundaciones esporádicas, solicitaron a los gobiernos federales y locales su realización. Los canales de drenaje cambiaron los sistemas hidrológicos y causaron una pérdida importante de humedales (de Prada *et al.*, 2014).

Cuadro 1. **Pérdida de humedales en la Argentina**

CLASE	2005	2009	PÉRDIDA NETA
	(000 ha)		
Pastizal o vegetación leñosa de cerrada a abierta (>15%) en suelos inundados o encharcados – agua dulce, salobre o salina	6 366.3	5 615.9	11.8%
Costo de la pérdida (dólares EE.UU.)			19 271.78
Costo de la pérdida por año (dólares EE.UU.)			3 854.36
Pérdida como porcentaje del PIB			1.5%

Nota: El valor de los humedales del interior es de alrededor de 25 682 hectáreas (de Groot *et al.*, 2013)

Fuente: Nkonya *et al.*, 2015

Los precios de la lana están disminuyendo desde la década de 1950, principalmente debido a la mayor utilización de fibras sintéticas (Jones, 2004). Como consecuencia, la población ovina en la Argentina ha pasado de alrededor de 50 millones en 1961 a 15 millones de cabezas en 2013 (FAO, 2015). Sin embargo, a pesar de la disminución de la población de ovinos, los pastizales han seguido degradándose debido al pastoreo continuo. Según Golluscio *et al.* (1998), tres problemas principales limitan la adopción generalizada del pastoreo de rotación:

⁵ Dólares EE.UU. de 2007



1. La lenta recuperación del forraje preferido: el barbecho debe realizarse durante el crecimiento del pasto, que ocurre en el período de primavera e inicios de verano, cuando se registran niveles de temperatura y precipitaciones ideales. En las zonas áridas, la movilización del ganado durante este período es más difícil.
2. Los movimientos de animales aumentan la mortalidad de los corderos; por tanto, no es una opción conveniente para los agricultores.
3. El sistema cultural de pastoreo sin control es la limitación más importante para la adopción del pastoreo de rotación. Los sistemas tradicionales de pastoreo continuo siguen manteniéndose sólidamente y sólo el 6 por ciento de los agricultores de la Patagonia meridional han adoptado la TME (Anderson *et al.*, 2011).

A diferencia del estudio de caso sobre los medios de vida pastorales en Asia y el África subsahariana, las prácticas tradicionales en la Argentina deben adaptarse a la evolución y el deterioro de las condiciones. En entornos en que el agua escasea, se necesita un sistema de gestión móvil y sensible para que los pastos puedan recuperarse y volver a crecer. Los sistemas hidrológicos han sido manipulados, a menudo a expensas de los sistemas ecológicos sanos. Se requiere una perspectiva sistémica, que considere las interacciones entre humedales, tierras altas, cursos de agua y comunidades.

Planes de riego en pequeña escala en Tanzania

El Programa de Desarrollo del Sector Agrícola (PDSA) de Tanzania apoyó varios planes de riego, que prevenían la construcción de nuevas zonas de regadío y la rehabilitación de algunas antiguas. Las actividades de rehabilitación incluyeron zonas de riego tradicionales, que representan el 56 por ciento de las 828 000 hectáreas de superficie de regadío (Nkonya *et al.*, 2014). Una evaluación de los planes de riego del PDSA puso de manifiesto que la tarifa media de las asociaciones de usuarios del agua pagada por los agricultores no cubría más que el 13 por ciento de la cantidad necesaria para mantener los planes de riego (Cuadro 2). Se trata de un problema general observado por otros estudios (véase, por ejemplo, Lankford, 2004; Inocencio *et al.*, 2007; Evans *et al.*, 2012), que pone en duda la sostenibilidad de los planes de riego una vez finalizado el PDSA. Un examen del importe de las tarifas anuales pagadas por los miembros muestra que el importe aportado por los planes de riego en zonas de gran pobreza era comparable al de las zonas con niveles bajos de pobreza (Figura 2). Estos resultados indican que la gravedad de la pobreza no influía de manera importante en el importe de las tarifas de afiliación anuales recolectadas, y que más bien era la capacidad de las comunidades de organizarse la que parecía desempeñar un papel fundamental.

El segundo problema de los planes de riego en Tanzania era el estado de la infraestructura de regadío. La mayoría de los planes de riego no fueron planificados de manera adecuada y muchos de ellos tienen problemas de insuficiencia de agua o estrés hídrico debido a la expansión no planificada y las deficiencias de la infraestructura de riego. Existe una carencia de servicios de asesoramiento en materia de ingeniería de riego debido al limitado número de ingenieros de riego de que dispone el país. La falta de servicios de asesoramiento en materia de tecnologías agrícolas tradicionales es un problema frecuente en el África subsahariana, dado que los



mensajes de divulgación se basan en general en información técnica producida por institutos de investigación agrícola que ignoran los conocimientos tradicionales y locales y las innovaciones de las agricultores de las TASA. El diseño de sistemas agroecológicos de riego debe basarse en las necesidades y los insumos de los agricultores.

Cuadro 2. Planes de riego tanzanos con contribuciones anuales de los agricultores en las zonas de regadío

ZONA DE REGADÍO	SUPERFICIE TOTAL REGADA (EN MILES DE HECTÁREAS)	NÚMERO DE PLANES	% CON TARIFA DE AFILIACIÓN	SUPERFICIE MEDIA (HA) POR HOGAR	TARIFA DE AFILIACIÓN ANUAL (EQUIVALENTE HECTÁREA)	
					(US\$)	% de costo de operación y mantenimiento por ha
Dodoma	22.39	48	62	0.3	3.13	4
Kilimanjaro	29.41	63	72	0.6	17.50	22
Mbeya	27.22	61	100	1.0	11.31	14
Morogoro	43.18	44	82	0.6	85.94	107
Mtwara	6.66	41	30	0.4	1.88	2
Mwanza	9.86	53	72	0.6	18.65	23
Tabora	7.88	43	100	0.7	7.68	10
Total	146.59	353	77	0.6	10.02	13

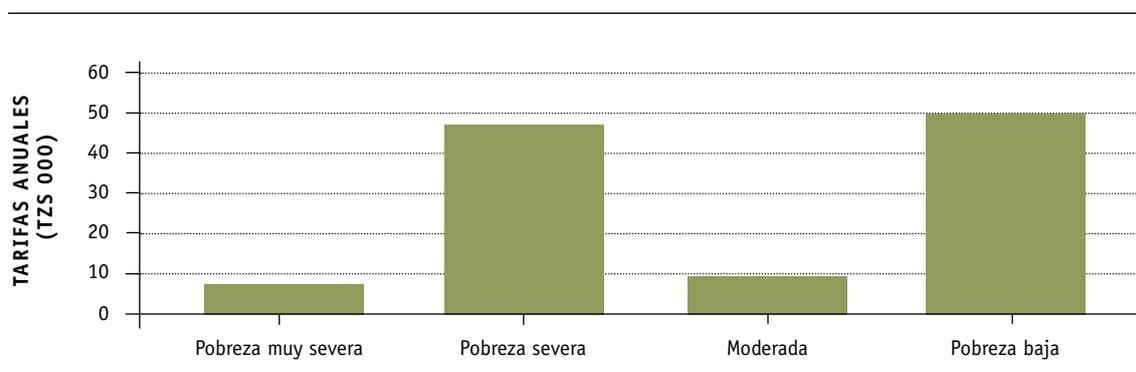
Nota: El costo anual medio de mantenimiento por hectárea para el riego en pequeña escala es de 80 dólares EE.UU. (You *et al.*, 2011).

Fuente: Nkonya *et al.*, 2014

Experiencia positiva de plantación y protección de árboles y regeneración natural gestionada por los agricultores en Níger

Un ejemplo clásico de plantación y protección exitosas de árboles es el reverdecimiento del Sahel en Níger (Anyamba *et al.*, 2014). Antes del colonialismo, en Níger existía un derecho consuetudinario no escrito, en virtud del cual el agricultor que desbrozaba la tierra pasaba a

Figura 2. Tarifas anuales de afiliación y su relación con la gravedad de la pobreza en Tanzania



Fuente: Nkonya *et al.*, 2014



ser su propietario (Gnoumou y Bloch, 2003). Esta ley fue empeorada por las leyes coloniales francesas. En virtud del 'Decreto Aubreville' de 1935, toda la vegetación pasó a ser propiedad del gobierno, y los agricultores tenían que comprar permisos para cortar árboles y utilizarlos, incluso para árboles que se encontraban en sus propias fincas (Brough y Kimenyi, 1998; Montagne y Amadou, 2012). Otro decreto del mismo año estipuló que todas las tierras no ocupadas o utilizadas durante más de 10 años pasarían a ser propiedad del Estado, inclusive si la tierra pertenecía al agricultor y se encontraba en barbecho (Boffa, 1999). Estas dos leyes no fueron objeto más que de ligeras modificaciones después de la independencia. Sin embargo, debido a la deficiente aplicación del código forestal, los árboles presentes naturalmente se cortaron sin sustituirse, lo que dio lugar a graves pérdidas de cubierta forestal. Una sequía prolongada ocurrida entre 1977 y 1985 provocó nuevas pérdidas de vegetación y exterminó más del 50 por ciento del ganado (RoN, 200). La recolección de leña se convirtió en tarea de un día, realizada principalmente por mujeres. La escasez de recursos naturales también contribuyó a la intensificación de los conflictos entre los pastores trashumantes y nómadas y los agricultores sedentarios por el agua y el bioma terrestre (árboles, tierras de cultivo y pastizales).

La escasez de árboles y la pérdida generalizada de ganado, así como otros impactos de la degradación de la tierra, impulsaron al Gobierno a reconsiderar sus políticas y estrategias de gestión de los recursos naturales. El Código Rural (Principe d'Oriental du Code Rural Ordinance), promulgado en 1993, confirió la propiedad de los árboles a las personas que los plantaban y protegían en sus fincas (Abdoulaye y Sanders, 2005; Adam *et al.*, 2006; Stickler, 2012). Las nuevas leyes ofrecieron a los agricultores un fuerte incentivo para plantar árboles y protegerlos. Los rendimientos de la plantación y protección de árboles fueron elevados debido a la grave escasez de estos. Una evaluación realizada en Níger meridional mostró una mejora considerable de la cubierta vegetal tras el aumento de las precipitaciones entre 1994 y 2012 (Anyamba *et al.*, 2014). Tras controlar las precipitaciones, Hermann *et al.* (2005) observaron un aumento residual del 'enverdecimiento' en las zonas en que se ejecutaban programas de plantación de protección de árboles, como el Proyecto integrado Keita (Reij *et al.*, 2009; Pender, 2009). También se registró un aumento considerable de las tierras de pastoreo debido a la regeneración natural gestionada por los agricultores (Ouedraogo *et al.*, 2013)

En las TASA, las políticas que promueven la cubierta vegetal y arbórea son fundamentales para los enfoques agroecológicos sobre la escasez de agua con miras a garantizar una capacidad saludable de retención de agua de la tierra. Además del cambio de los estatutos que ofreció incentivos a los trabajadores de la tierra, el fuerte respaldo de las ONG y otros miembros de la sociedad civil fueron muy importante al ayudar a proporcionar apoyo técnico y reforzar la capacidad institucional local para el manejo de los recursos naturales (Reij *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los agricultores de las TASA han adquirido un buen caudal de conocimientos y experiencias, entre ellos prácticas de manejo del agua, que han demostrado ser resilientes en sus frágiles entornos. Las comunidades de las TASA también han utilizado instituciones consuetudinaria y



otras instituciones locales informales para gestionar de manera eficaz los recursos naturales. Sin embargo, las nuevas políticas y el cambio mundial están poniendo a dura prueba los medios de vida y las instituciones locales en las TASA. Además, las políticas aplicadas en muchos países en desarrollo no han explotado completamente las instituciones y los conocimientos ecológicos tradicionales para la gestión de la tierra y el agua. Como parte de los esfuerzos por promover sistemas agroecológicos sostenibles en las TASA, se han de tomar medidas para entender mejor los conocimientos e instituciones indígenas. Entre estos esfuerzos debe figurar la identificación de estrategias para aprovechar los puntos fuertes de las instituciones y los conocimientos ecológicos indígenas y hacer frente a su puntos débiles.

Los agricultores de las TASA han adoptado sistemas integrados de producción agropecuaria. Los datos empíricos han demostrado que estos sistemas ofrecen ventajas ambientales, económicas y nutricionales en comparación con los sistemas de producción especializados. Un examen de los sistemas de producción sugiere que la diversidad de cultivos y la inclusión de prácticas orgánicas e inorgánicas de manejo de la fertilidad del suelo son elementos importantes para alcanzar una mayor diversidad nutricional, aumentar los rendimientos y las ganancias, y reducir los riesgos relacionados con la producción. Las prácticas indígenas de conservación de suelos y agua también son muy diversificadas y se puede utilizar de una manera lógica y prudente para mejorar las funciones agroecológicas en las TASA. Sin embargo, los servicios de extensión a menudo dan recomendaciones generales que no logran atender de manera eficaz las necesidades de los agricultores y de sus diversos contextos biofísicos y socioeconómicos. Las intervenciones encaminadas a lograr sistemas agroecológicos sostenibles deben tener en cuenta la diversidad ecológica y socioeconómica, incluidas las complejas interacciones subyacentes que fomentan la diversidad en las prácticas tradicionales de manejo de la tierra y el agua. La escasa capacidad de los servicios de extensión para prestar servicios de asesoramiento en materia de agroecología y fertilidad integrada del suelo se debe remediar mediante actividades de capacitación a corto plazo para volver a dotar a los extensionistas de nuevos conocimientos y paradigmas.

Aunque los sistemas tradicionales de gestión móvil de los pastizales han demostrado ser resilientes durante siglos, ahora se les ha puesto a dura prueba con la formalización en curso de la tenencia de la tierra y el aumento de las inversiones en tierras, favorecidas por la creciente demanda. Estos dos procesos limitan la movilidad del ganado. Las recientes inversiones extranjeras en tierras en África subsahariana se han concentrado en las tierras sujetas al derecho agrario consuetudinario o en las tierras comunales carentes de derechos de tenencia formales. Esto ha dado lugar a la expropiación de tierras de pastoreo y ha aumentado la presión sobre los pastizales. Para proteger a los sistemas de tenencia consuetudinaria de las expropiaciones arbitrarias se necesitan medidas de políticas inmediatas. Además, se deben adoptar estrategias a largo plazo para aumentar el acceso de las mujeres a tierras bajo tenencia consuetudinaria, dado que en muchas comunidades las instituciones consuetudinarias impiden que las mujeres adquieran tierras por herencia. Las estrategias a corto plazo para mejorar el acceso de las mujeres a la tierra prevén mejoras en los mercados de la tierra. Es especialmente importante legalizar las ventas de tierras en los países del África subsahariana en los que la tierra pertenece al Estado y su compra y venta es ilegal.



Las inversiones públicas en el sector ganadero se han mantenido en un nivel bajo en muchos países en desarrollo. Por ejemplo, el presupuesto asignado a la ganadería en el África subsahariana no es más que del 5 por ciento. Estas tendencias y patrones van en contra de las expectativas, dado que la creciente demanda de productos pecuarios en los países de ingresos medios y bajos constituye una gran oportunidad para aumentar la productividad ganadera y reducir la pobreza, que es grave en las TASA. El pastoreo y sus sistemas ganaderos afines han evolucionado a lo largo de milenios y son una de los medios más viables de mantenimiento de la productividad en las regiones donde escasea el agua.

Los sistemas tradicionales de riego y captación del agua pluvial de las TASA presentan varios puntos débiles estructurales que reducen la eficacia en el uso del agua, y necesitan mayores inversiones para su desarrollo. Cuando los gobiernos invierten en sistemas de riego en pequeña escala, el interés se centra en el desarrollo de la infraestructura de regadío y se presta poca atención al diseño de sistemas basados en los conocimientos e insumos de los agricultores o al desarrollo de capacidad de las instituciones locales con miras a la gestión sostenible de la infraestructura de riego y otros programas de manejo del agua agrícola. Los servicios de asesoramiento técnico en materia de mantenimiento y ampliación de la infraestructura de riego son a menudo deficientes en los países en desarrollo. El cambio climático y la futura demanda de agua indican que este patrón debe cambiar urgentemente.

Una cubierta vegetal saludable es esencial para el manejo de la escasez de agua a través de enfoques agroecológicos. Las experiencias positivas de plantación y protección de árboles y de regeneración natural gestionada por los agricultores indican que, cuando los gobiernos asignan a las poblaciones locales la tarea de gestionar sus recursos naturales, y facilitan un entorno normativo propicio, como el ofrecimiento de incentivos justos para la siembra y protección de árboles o pastos, están adoptando un enfoque que puede ser eficaz incluso en países muy pobres.



REFERENCIAS

- Abate, T., Ebro, A. & Nigatu, L.** 2010. Traditional rangeland resource utilisation practices and pastoralists' perceptions on land degradation in south-east Ethiopia. *Tropical Grasslands*, 44: 202-212.
- Abdoulaye, T. & Sanders, J.H.** 2005. Stages and determinants of fertilizer use in semiarid African Agriculture: the Niger experience. *Agricultural Economics*, 32: 167-179.
- Adam, T., Reij, C., Abdoulaye, T., Larwanou, M. & Tappan, G.** 2006. Impacts des Investissements dans la Gestion des Ressources Naturelles (GRN) au Niger: Rapport de Synthèse. Niamey, Niger, Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture.
- Adriansen, H.K.** 2008. Understanding Pastoral Mobility: The Case of Senegalese Fulani. *The Geographical Journal*, 174(3): 207-222.
- AGRA.** 2014. Agricultural Land, Water Management and Climate Change in Sub-Saharan Africa. Africa Agriculture Status Report 2014, pp. 53-75. Alliance for Green Revolution for Africa.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Anderson, D.L., Bonvissuto, G.L., Brizuela, M.A., Chiossone, G., Cibils, A.F., Cid, M.S., Feldman, I., Grecco, R.C.F., Kunst, C., Oesterheld, M., Oliva, G.E., Paruelo, J.M., Peinetti, H.R., & Villagra, E.S.** 2011. Perspectives on Rangeland Management Education and Research in Argentina. *Rangelands*, 33(1): 2-12.
- Angassa, A., Oba, G. & Stenseth, N.C.** 2012. Community-based knowledge of indigenous vegetation in arid African landscapes. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 8(1): 70-85.
- Anyamba, A., Small, J.L., Tucker, C.J., & Pak, E.W.** 2014. Thirty-two Years of Sahelian Zone Growing Season Non-Stationary NDVI3g Patterns and Trends. *Remote Sensing*, 6: 3101-3122.
- Aranda-Rickert, A., Brizuela, M.M., Wilson, M.G., Sasal, M.C., Sione, S.M.J., Beghetto, S., Gabioud, E.A., Oszust, J.D., Schulz, G.A., Bran, D.E., Velazco, V., Gaitán, J.J., Silenzi, J.C., Echeverría, N.E., Bouza, M.E., De Lucía, M.P., Lurman, D.E., Vanzolini, J.I., Castoldi, F.J., Etorena, J., Johnson, T., Meyer, S. & Nkonya, E.** 2015. Economics of land degradation in Argentina. In E. Nkonya, A. Mirzabaev, & J. von Braun, eds. *Global Assessment of the Economics of Land Degradation and Improvement*. Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Ares, J.O.** 2007. Systems valuing of natural capital and investment in extensive pastoral systems: Lessons from the Patagonian case. *Ecological Economics*, 62: 162-173.
- Asiema, J.K. & Situma, F.D.** 1994. Indigenous Peoples and the Environment: The Case of the Pastoral Maasai of Kenya. *Colorado Journal of International environmental law and policy*, 5: 149.
- Asner, G. & Archer, R.** 2010. Livestock and Carbon cycle. In H. Steinfeld, H.A. Mooney, F. Schneider & L.E. Neville, eds. *Livestock in a Changing Landscape: Drivers, Consequences and Responses*, pp 69-82. Scientific Committee on the Problems of the Environment (SCOPE). Island Press.
- Asner, G.P., Elmore, A.J., Olander, L.P., Martin, R.E. & Harris, A.T.** 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 29: 261-299.
- Babiker, M.** 2011. Mobile pastoralism and land grabbing in Sudan: Impacts and responses. International conference on the future of pastoralism, 21-23 March 2011. Institute of Development Studies, University of Sussex, Feinstein International Center of Tufts University.
- Banjade, M.R. & Paudel, N.S.** 2008. Mobile pastoralism in crisis: challenges, conflicts and status of pasture tenure in Nepal mountains. *Journal of Livelihood*, 7(1): 49-57.
- Barron, J.** 2009. Background: the water component of ecosystem services and in human well-being development targets. In J. Barron, ed. *Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being*, pp. 4-13. Nueva York, USA, UNEP.



- Barrow, E. & Shah, A.** 2011. Restoring Woodlands, Sequestering Carbon and Benefiting Livelihoods in Shinyanga, Tanzania. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (disponible en: www.teebweb.org).
- Bayala, J., Sanou, J., Teklehaimanot, Z., Kalinganire, A. & Ouedraogo, S.J.** 2014. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 28-34.
- Bisigato, A., Ares, J. & Bertiller, M.** 2002. Assessment of pristine vegetation structure in semiarid shrublands based on spatial explicit modeling. *Phytocoenologia*, 32: 581-594.
- Boffa, J.M.** 1999. Agroforestry Parklands in Sub-Saharan Africa. FAO Conservation Guide 34. Roma (disponible en www.fao.org/docrep/005/X3940e/X3940e07.htm#ch5).
- Bosch, D.J.** 2008. Effects of rotational grazing on carbon dioxide emissions and greenhouse gas credits. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(2): 51A.
- Bouza, M.E, Silenzi, J.C., Echeverría, N.E. & De Lucia, M.P.** 2012. Analysis of erosive events for a soil in the southwest of Buenos Aires Province, Argentina. *Aeolian Research*, 3: 427-435.
- Brough, W.T. & Kimenyi, M.S.** 1998. Property Rights and the Economic Development of the Sahel. In J.A. Dorn, S.H. Hanke & A.A. Walters, eds. *The Revolution in Development Economics*. Washington, DC, Cato Institute.
- Cao, S., Chen, L., Shankman, D., Wang, C., Wang, X. & Zhang, H.** 2011. Excessive reliance on afforestation in China's arid and semi-arid regions: lessons in ecological restoration. *Earth-Sci. Rev.*, 104(4): 199-246.
- Cibils, A.F., Coughenour, M.B. & Gallegos, S.C.** 2001. Impact of grazing management on the productivity of cold temperate grasslands of Southern Patagonia – a critical assessment. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress*. Sao Pablo, Brazil.
- Cleaver, F.D. & Franks, T.R.** 2005. How institutions elude design: river basin management and sustainable livelihoods. Bradford Centre for International Development Research Paper No. 12. University of Bradford.
- Cooke, P., Köhlin, G. & Hyde, W.F.** 2008. Fuelwood, forests and community management – evidence from household studies. *Environment and Development Economics*, 13(1): 103-135.
- Coppock, D.L.** 1993. Vegetation and pastoral dynamics in the southern Ethiopian rangelands: implications for theory and management. In R.H. Behnke, I. Scoones & C. Kerven, eds. *Range ecology at disequilibrium: new models of natural variability and pastoral adaptation in African savannas*, pp. 42-61. Nottingham, U.K., Overseas Development Institute, Nottingham.
- De Prada, J.D., Shah, F., Degioanni, A.J., Cisneros, J.M. & Cantero, A.** 2014. The External Impact of Agriculture on Inland Wetlands: A Case Study from Argentina. *European Scientific Journal*, 10(17): 1857-7881.
- Egeru, A.** 2012. *Water Productivity in Agriculture: Challenges and Opportunities for Smallholder Farmers in the Drylands of Eastern and Southern Africa*. University of Nairobi.
- Ehui, S., Benin, S., Williams, T. & Meijer, S.** 2002. *Food Security in Sub-Saharan Africa to 2020. Socioeconomics and Policy Research Working Paper No. 49*. Nairobi, International Livestock Research Institute.
- Evans, A.E., Giordano, M. & Clayton, T.** 2012. Investing in agricultural water management to benefit smallholder farmers in Ethiopia. *AgWater Solutions Project country synthesis report Vol. 152*. International Water Management Institute.
- Falkenmark, M., Finlayson, M. & Gordon, L.** 2007. Agriculture, water and ecosystems: avoiding the costs of going too far. In D. Molden, ed. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London, Earthscan; Colombo.
- FAO.** 2003. *Unlocking the water potential of agriculture*. Rome.
- FAO.** 2006. *Afrique de l'Ouest: mobilisation des investissements pour le développement rural et agricole dans la zone CEDEAO, Réunion des ministres des finances de la CEDEAO, mars 2006*. Rome. 53 pp.



- FAO.** 2008. The State of Food and Agriculture 2008. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Rome.
- FAO.** 2009. Review of evidence on dryland pastoral systems and climate change: implications and opportunities for mitigation and adaptation. FAO Land and Water Discussion Paper 8. Rome.
- FAO.** 2015. FAOSTAT. Statistics Division (disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/E>).
- Fernandez-Gimenez, M.E. & Le Febre, S.** 2006. Mobility in pastoral systems: Dynamic flux or downward trend? *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 13(5): 341-362.
- Folke, C. & Colding, J.** 2001. Traditional Conservation Practices. *Encyclopaedia of Biodiversity*, 5: 681-693.
- Fox, R., Rockström, J. & Barron, J.** 2005. Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya. *Agricultural Systems*, 83(3): 231-250.
- Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T.** 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability*, 3(1): 238-253.
- GEF.** 2011. Sahel and West Africa WB/GEF Program in Support of the Great Green Wall Initiative. Proceedings of 40th Council Meeting, May 23-26. Global Environment Facility. Washington D.C.
- Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Siahsar, B.A. & Ramroudi, M.** 2010. Effect of maize (*Zea mays* L.) – cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in arid environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1): 102-108.
- Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. & Tittonell, P.** 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114: 23-34.
- Golluscio, R.A., Deregibus, V.A. & Paruelo, J.M.** 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecological Austral*, 8: 265-284.
- Gnomou, Y. & Bloch, P.** 2003. Niger country brief: Property rights and land markets. Madison, WI, Land Tenure Center, University of Wisconsin.
- Hary, I., Schwartz, H.J., Pielert, V.H. & Mosler, C.** 1996. Land degradation in African pastoral systems and the destocking controversy. *Ecological Modelling*, 86(2): 227-233.
- Hassan, R. & Nhemachena, C.** 2008. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(1): 83-104.
- Haugerud, A. & Collinson, M.P.** 1990. Plants, Genes and People: Improving the Relevance of Plant Breeding in Africa. *Experimental Agriculture*, 26(3): 341-362.
- Herrmann, S.M., Anyamba, A. & Tucker, C.J.** 2005. Recent Trends in Vegetation Dynamics in the African Sahel and Their Relationship To Climate. *Global Environmental Change*, 15: 394-404.
- ICG.** 2014. The Security Challenges of Pastoralism in Central Africa. Africa Report No. 215. International Crisis Group (disponible en: www.crisisgroup.org/~media/Files/africa/central-africa/215-theseecuritychallenges-of-pastoralism-in-central-africa-english.pdf).
- Inocencio, A., Kikuchi, M., Tonosaki, M., Maruyama, A., Merrey, D., Sally, H. & de Jong, I.** 2007. Costs and performance of irrigation projects: A comparison of sub-Saharan Africa and other developing regions. Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute. 81 pp.
- IPCC.** 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U.K., Cambridge University Press
- Jones, K.G.** 2004. Trends in the U.S. Sheep Industry. Agriculture Information Bulletin No. 787. Washington, DC, US Department of Agriculture (USDA).
- Kamuanga, M.J., Somda, J., Sanon, Y. & Kagoné, H.** 2008. Livestock and regional market in the Sahel and West Africa: potentials and challenges. Paris, Sahel and West Africa Club/OECD.
- Kamwenda, G.J.** 2002. Ngitili agrosilvipastoral systems in the United Republic of Tanzania. *Unasylva*, 53(4): 46-50.



- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. & Pretty, J.** 2009. The spread of Conservation Agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(4): 292-320.
- Kennedy, G., Nantel, G. & Shetty, P.** 2003. The scourge of “hidden hunger”: global dimensions of micronutrient deficiencies. *Food Nutrition and Agriculture*, 32: 8-16.
- Kennedy, G., Nantel, G. & Shetty, P.** 2004. Globalization of food systems in developing countries: impact on food security and nutrition. Rome, FAO .
- Keraita, B. & de Fraiture, C.** 2011. Investment opportunities for water lifting and application technologies in smallholder irrigated agriculture in Tanzania. Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute (IWMI).
- Kuckertz, P., Ullrich, O., Linstädter, A. & Speckenmeyer, E.** 2011. Agent Based Modeling and Simulation of a Pastoral-Nomadic Land Use System. *Simulation Notes Europe*, 21 (3-4): 147-152.
- Lankford, B.** 2004. Irrigation improvement projects in Tanzania; scale impacts and policy implications. *Water Policy*, 6(2): 89-102.
- Le, Q.B., Nkonya, E. & Mirzabaev, A.** 2014. Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 193. University of Bonn.
- Le Houérou, H.N. & Hoste, H.** 1977. Rangeland production and annual rainfall relations in the mediterranean basin and in the African Sahelo-Sudanian zone. *Journal of Range Management*, 30(3): 181-189.
- Levin, E.** 2005. Growing China’s great green wall. *ECOS*, 127: 13-13.
- Lund, C.** 2006. Twilight Institutions: An Introduction. *Development and Change*, 37(4): 673-684.
- Lupwayi, N.Z., Kennedy, A.C. & Chirwa, R.M.** 2011. Grain legume impacts on soil biological processes in sub-Saharan Africa. *African Journal of Plant Science*, 5(1): 1-7.
- Malesu, M., Khaka, E., Mati, B., Oduor, A., De Bock, T., Nyabenge, M. & Oduor, V.** 2006. Mapping the potentials for rainwater harvesting technologies in Africa. A GIS overview of development domains for the continent and nine selected countries. Technical manual No. 7. Nairobi, World Agroforestry Centre (ICRA F), Netherlands Ministry of Foreign Affairs. 120 pp.
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., De Tourdonnet, S. & Valantin-Morison, M.** 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1): 43-62.
- Marenya, P., Smith, V.H. & Nkonya, E.** 2014. Relative preferences for soil conservation incentives among smallholder farmers: evidence from Malawi. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(3): 690-710.
- Mazoyer, M. & Roudart, L.** 2006. A history of world agriculture: from the neolithic age to the current crisis. London, Earthscan. 510 pp.
- Mead, R. & Willey, R.W.** 1980. The concept of “Land Equivalent Ratio” and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* , 16: 217-228.
- Mearns, R.** 2004. Sustaining livelihoods on Mongolia’s commons: Insights from a participatory poverty assessment. *Development and Change*, 35(1): 107-139.
- Meinzen-Dick, R.** 2007. Beyond panaceas in water institutions. *PNAS*, 104(39): 15200-15205.
- Montagne, P. & Amadou, O.** 2012. Rural districts and community forest management and the fight against poverty in Niger. Reconciling Poverty Eradication and Protection of the Environment. *Field Actions Science Reports*, Special Issue 6 (disponible en: www.factsreports.revues.org/1473).
- Mortimore, M.J. & Adams, W.M.** 2001. Farmer adaptation, change and ‘crisis’ in the Sahel. *Global Environmental Change*, 11(1): 49-57.
- Mowo, J.G., Adimassu, Z., Catacutan, D., Tanui, J., Masuki, K. & Lyamchai, C.** 2013. The Importance of Local Traditional Institutions in the Management of Natural Resources in the Highlands of East Africa. *Human Organization*, 72(2): 154-163.



- Niamir-Fuller, M.** 1999. Introduction. In M. Niamir-Fuller, ed. *Managing mobility in African rangelands: the legitimization of transhumance*, pp.1-17. Exeter, UK, IT Publications.
- Nkedianye, D., de Leeuw, J., Ogutu, J.O., Said, M.Y., Saidimu, T.L., Kifugo, S.C., Kaelo, D.S. & Reid, S.** 2011. Mobility and livestock mortality in communally used pastoral areas: the impact of the 2005-2006 drought on livestock mortality in Maasailand. *Pastoralism*, 1(1): 1-17.
- Nkonya, E. & Anderson, W.** 2015. Exploiting provisions of land economic productivity without degrading its natural capital. *Journal of Arid Environment*, 112: 33-43.
- Nkonya, E., Gezehegn, M., Kilasara, F. & Nassoro, H.** 2014. Assessment of achievements of the agricultural sector development program (ASDP). Returns to irrigation development. Report submitted to the Tanzania Ministry of Agriculture, Food Security and Cooperatives, JICA, USAID and World Bank (Tanzania Office).
- Nkonya, E., Phillip, D., Mogue, T., Pender, J. & Kato, E.** 2010. From the Ground up: Impact of a pro-poor community driven development project in Nigeria. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias Research Monograph No. 169. Washington, DC.
- Nkonya, E., Place, F., Kato, E. & Mwanjololo, M.** 2015. Climate Risk Management Through Sustainable Land Management in Sub-Saharan Africa. In R. Lal, B. Singh, D. Mwaseba, D. Kraybill, D. Hansen & L. Eik, eds. *Sustainable Intensification to Advance Food Security and Enhance Climate Resilience in Africa*, pp. 75-112. Springer International Publishing Switzerland. 665 pp.
- Nkonya, E., von Braun, J., Koo, J. & Guo, Z.** 2013. Global extent of land degradation and its human dimension. In R. Lal & B.A. Stewart, eds. *Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems*. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press.
- Nkonya, L.K.** 2008. *Rural Water Management in Africa: The Impact of Customary Institutions*. New York, USA, Cambria Press.
- Nori, M., Switzer, J. & Crawford, A.** 2005. Herding on the brink: towards a global survey of pastoral communities and conflict. An occasional paper from the IUCN Commission on Environmental, Economic and Social Policy. Gland, Switzerland.
- Oba, G.** 2013. The sustainability of pastoral production in Africa. In A. Catley, J. Lind & I. Scoones, eds. *Pastoralism and Development in Africa: Dynamic Change at the Margins*. New York, USA, Routledge.
- Ole-Lengisugi, M.N.** 1998. Indigenous Knowledge and Skills in Combating Desertification and Drought (disponible en: www.worldbank.org/afr/ik/ikpacks/environment.htm#ruotr).
- Oliva, G., Ferrante, D., Puig, S. & Williams, M.** 2012. Sustainable sheep management using continuous grazing and variable stocking rates in Patagonia: a case study. *The Rangeland Journal*, 34(3): 285-295.
- Ostrom, E., Burger, J., Field, C.B., Norgaard, R.B. & Policansky, D.** 1999. Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *Science*, 284(5412): 278-282.
- Ouedraogo, A.** 2005. Indigenous innovation in farmer-to-farmer extension in Burkina Faso. IK Notes No. 77 (disponible en: www.worldbank.org/afr/ik/iknt77.htm).
- Ouedraogo, I., Runge, J., Eisenberg, J., Barron, J. & Sawadogo-Kaboré, S.** 2013. The Re-Greening of the Sahel: Natural Cyclicity or Human-Induced Change? *Land*, 3: 1075-1090.
- Pender, J.** 2009. Impacts of sustainable land management programs on land management and poverty in Niger. World Bank (disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/3050>).
- Pimentel, D. & Wightman, A.** 2010. Economic and Environmental Benefits of Agroforestry in Food and Fuelwood Production. In L.E. Buck, J.P. Lassoie and E. Fernandes, eds. *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, pp 295-318. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press.
- Place, F. & Binam, J.N.** 2013. Economic impacts of farmer managed natural regeneration in the Sahel. End of project technical report for the Free University Amsterdam and IFAD. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Poteete, A. & Ostrom, E.** 2004. Heterogeneity, group size and collective action: the role of institutions in forest management. *Development and Change*, 35: 435-461.



- Potter, P. & Ramankutty, N.** 2010. Characterizing the spatial patterns of global fertilizer application and manure production. *Earth Interactions*, 14(2): 1-22.
- Reeves, D.W.** 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 43(1): 131-167.
- Reid, R.S., Galvin, K.A. & Kruska, R.S.** 2008. Global Significance of Extensive Grazing Lands and Pastoral Societies: An Introduction. In A. Kathleen, K.A. Galvin, R.S. Reid, R.H. Behnke, & N.T. Hobbs, eds. *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes*, pp 1-24. Springer Netherlands.
- Reij, C., Tappan, G. & Smale, M.** 2009. Re-Greening the Sahel: Farmer-led innovation in Burkina Faso and Niger. In D. Spielman & R. Pandya-Lorch, eds. *Millions Fed. Proven Successes in Agricultural Development*, pp 53-58. Washington, DC, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A.** 2009: A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475
- Republic of Niger (RoN).** 2000. National action program for combating desertification and natural resources management (disponible en: www.unccd.int/ActionProgrammes/niger-eng2000.pdf).
- Schoeneberger, M.M.** 2009. Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. *Agroforestry Systems*, 75(1): 27-37.
- Scoones, I.** 1995. New Directions in Pastoral Development in Africa. In I. Scoones, ed. *Living with uncertainty: new directions in pastoral development in Africa*, pp. 1-36. Exeter, UK, Intermediate Technology Publications.
- Seck, P., Tollens, E., Wopereis, M.C., Diagne, A. & Bamba, I.** 2010. Rising trends and variability of rice prices: Threats and opportunities for sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 35: 403-411.
- Selemani, I.S., Eik, L.O., Holand, Ø., Ådnøy, T., Mtengeti, E.J. & Mushi, D.E.** 2012. The role of indigenous knowledge and perceptions of pastoral communities on traditional grazing management in northwestern Tanzania. *African Journal of Agricultural Research*, 7(40): 5537-5547.
- Shaxson, L. & Tauer, L.W.** 1992. Intercropping and diversity: An economic analysis of cropping patterns on smallholder farms in Malawi. *Experimental agriculture*, 28(2): 211-228.
- Sheldrick, W.F., Syers, J.K. & Lingard, J.** 2004. Contribution of livestock excreta to nutrient balances. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 66: 119-131.
- SIWI.** 2001. Water harvesting for upgrading of rain-fed agriculture: Problem analysis and research needs. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI) and the Foundation for Strategic Environmental Research (MISTRA).
- Stenning, D.J.** 1994. *Savannah Nomads: A Study of the Wodaabe Pastoral Fulani of Western Bornu Province Northern Region, Nigeria*. LIT Verlag Münster-Hamburg.
- Stickler, M.** 2012. Rights to Trees and Livelihoods in Niger. Focus on Land in Africa. Placing land rights at the heart of development. Brief (disponible en: www.focusonland.com/download/51c49667b7626/).
- Suliman, H.M.** 2013. Land Grabbing along Livestock Migration Routes in Gadarif State, Sudan: Impacts on Pastoralism and the Environment. *Land Deal Politics Initiative Working Paper No. 19*.
- Teague, W.R. & Dowhower, S.L.** 2003. Patch dynamics under rotational and continuous grazing management in large, heterogeneous paddocks. *Journal of Arid Environments*, 53(2): 211-229.
- Tengberg, A., Ellis-Jones, J., Kiome, R. & Stocking, M.** 1998. Applying the concept of agrobiodiversity to indigenous soil and water conservation practices in eastern Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 70(2-3): 259-272.



- Toze, S.** 2006. Reuse of effluent water—benefits and risks. *Agricultural Water Management*, 80: 147-159.
- Turner, M.D.** 2011. The New Pastoral Development Paradigm: Engaging the Realities of Property Institutions and Livestock Mobility in Dryland Africa. *Society & Natural Resources: An International Journal*, 24(5): 469-484.
- Turrall, H., Svendsen, M. & Faures, J.M.** 2010. Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97: 551-560.
- Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokpehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K.D., Smaling, E.M.A., Woomer, P.L. & Sanginga, N.** 2010. Integrated soil fertility management operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on agriculture*, 39(1): 17-24.
- Verdoodt, A., Mureithi, S.M. & Van Ranst, E.** 2010. Impacts of management and enclosure age on recovery of the herbaceous rangeland vegetation in semi-arid Kenya. *Journal of arid environments*, 74(9): 1066-1073.
- Williams, A.P. & Funk, C.** 2011. A westward extension of the warm pool leads to a westward extension of the Walker circulation, drying eastern Africa. *Climate Dynamics*, 37(11-12): 2417-2435.
- World Bank.** 2006. Reengaging in Agricultural Water Management. Challenges, Opportunities and Trade-offs. Water for Food Team, Agriculture and Rural Development Department (ARD). Washington, DC. 146 pp.
- You, L., Ringler, C., Wood-Sichra, U., Robertson, R., Wood, S., Zhu, T., Nelson, G., Guo, Z. & Sun, Y.** 2011. What is the irrigation potential for Africa? A combined biophysical and socioeconomic approach. *Food Policy*, 36(6): 770-782.
- Young, A.** 1987. Soil productivity, soil conservation and land evaluation. *Agroforestry systems*, 5(3): 277-291.
- Zhang, M.A., Borjigin, E. & Zhang, H.** 2007. Mongolian nomadic culture and ecological culture: On the ecological reconstruction in the agro-pastoral mosaic zone in Northern China. *Ecological Economics*, 62(1): 19-26.
- Zhao, H.L., Zhou, R.L., Su, Y.Z., Zhang, H., Zhao, L.Y. & Drake, S.** 2007. Shrub facilitation of desert land restoration in the Horqin Sand Land of Inner Mongolia. *Ecological Engineering*, 31(1): 1-8.



11

AGROFORESTERÍA: CUMPLIENDO LA PROMESA DE UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO

Ravi Prabhu¹, Edmundo Barrios, Jules Bayala, Lucien Diby, Jason Donovan, Amos Gyau, Lars Graudal, Ramni Jamnadass, Jane Kahia, Katja Kehlenbeck, Roeland Kindt, Christophe Kouame, Stepha McMullin, Meine van Noordwijk, Keith Shepherd, Fergus Sinclair, Philippe Vaast, Tor Gunnar Vågen, Jianchu Xu

¹ Autor para correspondencia
Correo electrónico: R.Prabhu@cgiar.org



© Ravi Prabhu



Resumen

La agroforestería es un sistema dinámico y ecológico de gestión de los recursos naturales que diversifica y sustenta la producción y contribuye a aumentar la resiliencia de los medios de vida rurales a través de la integración de los árboles en las granjas y el paisaje agrícola. El presente capítulo, basándose en los más recientes estudios científicos y de caso, en especial en los trabajos realizados por el Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF) y sus asociados, examina las contribuciones de la agroforestería a la gestión de los paisajes agrícolas y el fortalecimiento de los medios de vida rurales, teniendo en cuenta la variación y heterogeneidad a escala muy pequeña que son características de estos paisajes. Existen cada vez más pruebas provenientes del mundo en desarrollo de que la adopción de la agroforestería está contribuyendo a restablecer la productividad y resiliencia de los paisajes, así como al logro de los objetivos en materia de seguridad alimentaria, nutricional y de los ingresos de los pequeños agricultores y otros grupos vulnerables de la sociedad. Debido a que los desafíos del desarrollo

son propiedades emergentes de un sistema complejo, no pueden abordarse más que mediante enfoques sistémicos, como la agroforestería, basados en un conocimiento sólido de la ecología y en una mejor comprensión de los sistemas sociales y económicos de las personas que viven en estos paisajes. Los estudios de caso se centran especialmente en la contribución de la agroforestería a la mejora de la agroecología de las plantaciones en gran escala como un medio de probar la posibilidad de aplicar esta labor en una escala mayor. Las inversiones, entre ellas las del sector privado, están ayudando a difundir en mayor escala la agricultura basada en la agroforestería, y en el presente capítulo se trata de la evolución de estas inversiones como un elemento importante para contribuir a la adopción generalizada de la agroforestería. El capítulo termina con la identificación de las oportunidades y los desafíos de la agroforestería en el contexto del crecimiento de las poblaciones, el cambio climático, los cambios demográficos y la modificación de los hábitos de consumo.

INTRODUCCIÓN

En las próximas cuatro décadas, de no producirse un cambio en la dieta con respecto a las tendencias actuales, todas las personas empeñadas en mejorar la forma en que la agricultura se practica en este planeta harán frente a la exigencia de producir 60 por ciento más de alimentos sobre casi la misma extensión de tierras agrícolas para atender las necesidades de una población



en rápido crecimiento (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Tendremos que afrontar este desafío de una manera equitativa y sostenible, en las escalas requeridas y en sincronización con la demanda, pero con menos efectos negativos en el medio ambiente y con mayores beneficios para los que cultivan la tierra, en especial para los pequeños agricultores de los países en desarrollo. Para decirlo de nuevo, el reto consiste en apoyar o favorecer la resiliencia productiva en los paisajes agrícolas y, al mismo tiempo, contrarrestar los rápidos y generalizados cambios que amenazan con minar la base agroecológica de los sistemas agrícolas implicados. En el presente capítulo se examina si y de qué manera la agroforestería – *un sistema dinámico y ecológico de gestión de los recursos naturales que integra los árboles en las granjas y en el paisaje agrícola* – puede hacer frente a este desafío mediante la diversificación y mantenimiento de la producción, al tiempo que contribuye a la mejora de la resiliencia de los medios de vida rural.

La agroforestería ofrece herramientas potenciales, tecnologías, información empírica y experiencia práctica sin tener que adoptar un enfoque único. Examinamos si puede ofrecer todo esto en las escalas anidadas pertinentes (parche, parcela, granja, paisaje, ecorregión) que conservan similitudes básicas en las interacciones (Minang *et al.*, 2015). Por ejemplo, ¿puede la agroforestería ofrecer soluciones a los agricultores individuales o a los agricultores insertados dentro de las comunidades, y hacerlo a tiempo para inclinar la balanza en contra de enfoques que, además de degradar el potencial productivo de los paisajes agrícolas, a menudo exacerban la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y la desigualdad? Nuestra intención es demostrar que:

1. La optimización de la contribución de los árboles a los sistemas agrícolas en escalas anidadas producirá múltiples beneficios para las personas y el planeta;
2. La variación y diversidad en escala muy pequeña de especies, sistemas, formas de vida, contextos y opciones son activos más que obstáculos;
3. Es posible aplicar a tiempo la agroforestería a escala mayores porque disponemos de las herramientas, pruebas y conocimientos de los tipos de asociaciones que obtendrán buenos resultados. Sin embargo, los desafíos persisten.

Al mismo tiempo, debemos recordar que estamos delante de sistemas adaptables complejos, que están anidados y conectados de muchas maneras diferentes. Estos sistemas dependen de las escalas, lo que puede inducir a confusión dado que la elección de cada escala influye en lo que se revela y en lo que permanece oculto. Los límites no son innatos ni naturales, y puede existir más de un límite útil; la incertidumbre es una marca distintiva de estos sistemas.

Las funciones ecosistémicas agrícolas proporcionan beneficios humanos, o servicios, en múltiples escalas anidadas, que a menudo suponen flujos laterales (por ejemplo, agua, sedimentos, biota, fuego, aire modificado) como base física para el anidamiento (van Noordwijk *et al.*, 2004; 2014). La gestión de estos flujos laterales, con el agua como el recurso más inmediato, directo y visible, ha dado lugar a acciones colectivas y ha hecho que las instituciones locales aclaren los derechos y responsabilidades en los contextos locales. A menudo, la legislación nacional no está bien alineada con estas instituciones locales y puede basarse en un conocimiento incompleto, de parte de los responsables de la formulación de políticas y la mayoría de los científicos, de los paisajes como sistemas dinámicos socioecológicos, con varias interacciones indirectas y de doble vía de los aspectos sociales y ecológicos (van Noordwijk *et al.*, 2012; 2015).



La gestión basada en los resultados de los paisajes a través de las escalas sigue siendo una excepción más que la norma, y exige que se concilien, contrasten y reconozcan los múltiples sistemas de conocimientos implicados. Ahora se dispone de una sofisticada caja de herramientas para hacerlo (van Noordwijk *et al.*, 2013); los métodos se centran en el reconocimiento y el respeto de las diferencias entre tres sistemas de conocimientos: los conocimientos ecológicos locales, los conocimientos y percepciones en que se basan la opinión pública y las políticas, y los conocimientos que ofrece la ciencia. Estos métodos incluyen la evaluación participativa del paisaje y suponen prestar atención a las cuestiones de género en relación con el uso y comercialización de la tierra, los flujos de agua y la diversidad de los árboles.

En la siguiente sección se presentan algunos de los resultados y recursos clave (incluidas las herramientas/enfoques) de la agroforestería. Estos resultados y recursos son una fuente de optimismo que hacen pensar que la agroforestería, en cuanto enfoque agroecológico, puede tener éxito y que se revelarán las condiciones en que esto ocurrirá. Luego, examinamos algunos estudios de caso que ponen de manifiesto el desafío que representa la transformación de grandes paisajes a prácticas más idóneas agroecológicamente. Terminamos con algunas reflexiones sobre los posibles caminos por recorrer.

BASES PARA EL OPTIMISMO

La diversidad como un recurso y como un resultado esencial

A pesar de la creciente evidencia de que una mayor diversidad biológica promueve la estabilidad y productividad (agro) ecosistémica (véase, por ejemplo, Loreau *et al.*, 2001; Cardinale *et al.*, 2011), la simplificación de los sistemas agrícolas es una causa importante de la pérdida de biodiversidad, que amenaza la prestación de servicios ecosistémicos (Hulvey *et al.*, 2013; Zuppinger-Dingley *et al.*, 2014).

La agroforestería da forma a un ecosistema agrícola que puede producir beneficios ambientales, económicos y sociales, como por ejemplo la combinación de elevados objetivos agrícolas y de biodiversidad en la granja. Además de los efectos positivos de la diversidad en el funcionamiento de los ecosistemas y las contribuciones a la conservación de la biodiversidad (incluida la conservación basada en el agricultor), existen indicios de que la diversificación de las especies de árboles puede reducir la variación estacional en la provisión de bienes y servicios y, por consiguiente, proteger los ingresos de los agricultores (Kindt *et al.*, 2006a; Dawson *et al.*, 2013). La salud y productividad de estos agroecosistemas y comunidades agroforestales dependen de la diversidad intraespecífica y interespecífica de los árboles (Graudal *et al.*, 2014; Ruotsalainen, 2014; McKinney *et al.*, 2014).

Para estimar el valor de los árboles en la agroforestería para las comunidades rurales tropicales, Dawson *et al.* (2014b) examinaron la diversidad de especies que los pequeños agricultores consideran importantes para la siembra, y los usos documentados de estas especies (véase el Cuadro 1) basándose en la recopilación de información de la base de datos de libre acceso del ICRAF, 'Agroforestry Database' (AFTD) (Orwa *et al.*, 2009). La mayoría de las especies de árboles enumeradas en la AFTD son indicadas para tener una variedad de usos posibles en los



Cuadro 1. **Número de especies arbóreas que cumplen funciones específicas de importancia para los medios de vida de los pequeños agricultores y distribución geográfica conocida de estas especies**

FUNCIÓN	NÚMERO DE ESPECIE EN LA BASE DE DATOS AFDT POR REGIÓN						
	Africa	Oceanía	América del Sur	Asia Central y Meridional	Asia Sudoriental	Asia Occidental Y Oriente Medio	Total (regiones)
Apicultura	177 (50)	84 (31)	83 (39)	108 (31)	121 (38)	34 (47)	607 (40)
Control de la erosión	175 (54)	70 (29)	57 (40)	120 (48)	117 (48)	32 (53)	571 (47)
Fibras	141 (40)	93 (38)	60 (33)	133 (45)	149 (45)	32 (56)	608 (42)
Forrajes	295 (55)	101 (30)	96 (45)	217 (52)	191 (47)	61 (57)	961 (49)
Alimentos	295 (54)	124 (35)	119 (43)	220 (49)	225 (49)	62 (55)	1 045 (48)
Combustibles	357 (53)	147 (35)	126 (42)	243 (45)	249 (47)	62 (56)	1 184 (47)
Medicamentos	390 (57)	159 (36)	144 (40)	298 (50)	314 (50)	67 (55)	1 372 (50)
Sombra/abrigo	281 (51)	131 (40)	104 (42)	193 (44)	202 (48)	46 (57)	957 (47)
Mejora del suelo	194 (51)	83 (33)	73 (45)	143 (42)	154 (45)	26 (46)	673 (45)
Madera	419 (53)	192 (38)	158 (42)	313 (49)	347 (50)	70 (51)	1 499 (48)
Total (funciones)	2 724 (53)	1 184 (35)	1 020 (42)	1 988 (47)	2 069 (47)	492 (54)	9 477 (47)

Las regiones están clasificadas de acuerdo con la Lista de Estados soberanos y territorios dependientes por continente (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_sovereign_states_and_dependent_territories_by_continent) para África, Oceanía y Sudamérica, y la www.nationsonline.org/oneworld/asia.htm para Asia Central, Asia Sudoriental y Asia Occidental y el Oriente Medio. El mayor número de referencias totales al continente africano se debe en parte al interés de AFDT en documentar las especies que ahí se encuentran. El porcentaje de referencias a especies autóctonas figura entre paréntesis.

Fuente: Dawson et al., 2014b

sistemas agroforestales. Los usos múltiples muestran la flexibilidad en los productos y servicios que los árboles pueden proporcionar, lo que puede ayudar a sustentar diversos medios de vida y promover la resiliencia de los sistemas de producción (Garrity, 2004). Un análisis de las 650 especies incluidas en la base de datos pone de manifiesto que muchas especies de árboles cumplen varias funciones, y que los pequeños agricultores son capaces de utilizar una amplia variedad de árboles en sus granjas y en las zonas aledañas. Al mismo tiempo, estos árboles también proporcionan servicios ambientales como el control de la erosión y de la sombra/abrigo, así como servicios globales como el secuestro del carbono. Dada la inmensa diversidad disponible a nivel de especies de árboles (se estima que hoy existen un total de 80 000-100 000 especies de árboles, FAO, 2014), las poblaciones locales tienen amplias posibilidades de elegir un



determinado árbol o servicio (véase la Figura 1). Estos extensos recursos genéticos de especies, si bien brindan oportunidades, también pueden crear problemas para determinar las especies a las que hay que dar prioridad a nivel regional para la investigación o para proyectos de siembra.

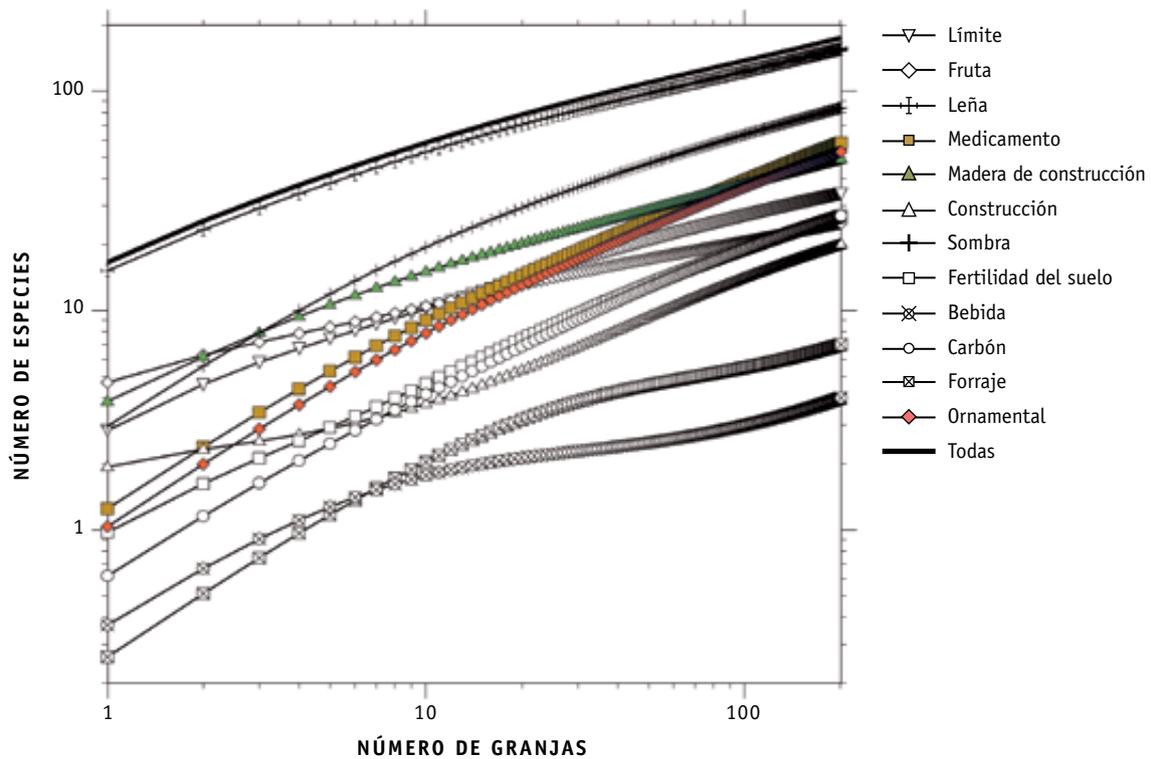
La diversidad interespecífica e intraespecífica en los paisajes agroforestales puede contribuir al rendimiento de los cultivos y promover la resiliencia agrícola. La diversidad, en especial la diversidad genética y funcional, es una de las fuentes principales de resiliencia, lo que constituye una sólida justificación para salvaguardarla (Bos *et al.*, 2007; Hulvey *et al.*, 2013) Clough *et al.*, 2009) también han subrayado que los regímenes de producción agrícola mixtos, que combinan productos forestales con frutales, cultivos básicos y/o hortalizas, pueden mantener los rendimientos de los productos básicos y promover la resiliencia. En las circunstancias adecuadas, la integración de cultivos básicos como el café, cacao y caucho con árboles, o en mosaicos forestales, puede aumentar la producción (Ricketts *et al.*, 2004; Priess *et al.*, 2007). Además, se ha documentado que a menudo los árboles que se utilizan para dar sombra mejoran la producción de cacao, el suministro de madera, frutas y otros productos, y la prestación de servicios ecosistémicos a niveles de paisaje (Somarriba *et al.*, 2013).

Además, Zuppinger-Dingley *et al.* (2014) han demostrado que las comunidades de plantas diversas permiten obtener rendimientos de los cultivos mayores que con el monocultivo, debido a la selección para la diferenciación de nichos; las especies de plantas de las comunidades ocupan todos los nichos disponibles en los ecosistemas, lo que permite utilizar de manera más eficaz los nutrientes del suelo, la luz y el agua. Es fundamental comprender en mayor medida el modo en que los mecanismos agroforestales pueden diversificar los agroecosistemas a nivel de especies y proporcionar beneficios directos y resiliencia a aspectos específicos de la producción agrícola (por ejemplo, el papel de los árboles como hospedantes para los polinizadores que deben polinizar cultivos comerciales como el café) (Carsan *et al.*, 2014). Estos aspectos tienen aplicaciones para los sistemas agroforestales, dado que su funcionamiento depende de las interacciones y la gestión de la diversidad de las especies presentes en el paisaje y de la variación genética dentro de estas especies. La diversidad intraespecífica es un factor que contribuye al funcionamiento del ecosistema al aumentar la productividad y la estabilidad de las poblaciones de plantas (Carroll *et al.*, 2014). Se han llevado a cabo exploraciones intraspecíficas y mejoramientos para varios árboles forestales (FAO, 2014; Ruotsalainen, 2014), pero de manera mucho menos sistemática para los árboles agroforestales (FAO, 2014; Dawson *et al.*, 2014a), a pesar de su enorme potencial (Foster *et al.*, 1995; Graudal *et al.*, 2014).

Para optimizar los sistemas agroforestales y capturar el enfoque de nichos para la mejora de la producción descrito por Zuppinger-Dingley *et al.* (2014), en el ICRAF se ha elaborado mapas de idoneidad de las especies para visualizar y analizar la distribución de diferentes tipos de vegetación y especies arbóreas, entre ellas las opciones de árboles disponibles localmente y/o adecuados para diferentes condiciones ecológicas (Kindt *et al.*, 2006b). Sin embargo, se necesita investigar más para diseñar sistemáticamente sistemas agroforestales que incorporen especies y genotipos de árboles funcionalmente importantes con cultivos básicos y anuales en diferentes regímenes de siembra para crear mezclas que generen mayores niveles de funciones y los servicios múltiples deseados. Hasta la fecha, la mayor parte de la selección de especies de árboles agroforestales se ha realizado aisladamente de sus interacciones con los cultivos clave



Figura 1. Riqueza media de especies de diferentes grupos funcionales de árboles a diferentes escalas de paisaje (de 1 a 201 granjas) en Kenia occidental



Fuente: Kindt et al., 2006a

con los que están asociados en los campos de los agricultores (y viceversa). Esto debe cambiar, para los árboles y los cultivos asociados, si se quiere que la productividad de todo el sistema aumente de manera sostenible.

Las incertidumbres con respecto a la orientación del cambio climático, y la probabilidad de un aumento de la variabilidad del clima en el futuro, son otros motivos para fomentar en la granja la colección de especies arbóreas adaptadas de manera diferente a la diversidad climática (Dawson et al., 2014a; 2014b; Koskela et al., 2014; Alfaro et al., 2014). Un enfoque de huertos de mejoramiento de semillas en agroforestería (Barnes, 1995; Isik, 2006) conservaría la diversidad productiva intaespecífica, y permitiría que los fitomejoradores siguieran seleccionando y desarrollando germoplasma mejorado y adaptado para hacer frente a las nuevas demandas y condiciones de crecimiento asociadas con el cambio climático. Esto es importante para apoyar la producción de numerosos productos agroforestales, como madera, combustible, forraje, frutas, nueces, productos farmacéuticos y nutricoséuticos como fuentes de antioxidantes, antiinflamatorios, y otros compuestos naturales quimioprotectores que son importantes directamente para la seguridad alimentaria y nutricional.



Variación en escala pequeña y necesidad de enfoques de coaprendizaje

Desde un punto de vista ecológico, diferentes especies arbóreas crecen espontáneamente en diferentes lugares, y la segregación en torno a estas ecologías para promover sistemas basados en los árboles puede parecer interesante. Por ejemplo, las caracterizaciones de los sistemas de “zonas verdes” del Sahel (en cierta medida los sistemas agroforestales) han adoptado un enfoque de gradientes latitudinales climáticos. Sin embargo, este simple enfoque a nivel mundial y continental es insuficiente para representar de manera adecuada la diversidad de las trayectorias de los sistemas observada en las escalas menores, en las que ocurren los procesos socioeconómicos. En efecto, los derivados del muestreo como las zonas agroecológicas pueden perder el contexto socioeconómico que configura estos sistemas de producción. Por consiguiente, los enfoques de muestreo también deben tener en cuenta el carácter predominantemente socioeconómico de los pastores impulsores del cambio. Los factores biofísicos y socioeconómicos (a través de opciones de gestión) pueden explicar la amplia variación en los rendimientos de las prácticas basadas en los árboles (Sileshi *et al.*, 2010; Bayala *et al.*, 2012). Al aplicar diseños de muestreo que toman explícitamente en consideración el escalamiento, se pueden establecer relaciones entre los sistemas sociales y ecológicos que permiten el desarrollo de marcos analíticos para hacer frente a la complejidad de la gestión de agroecosistemas para fortalecer la resiliencia.

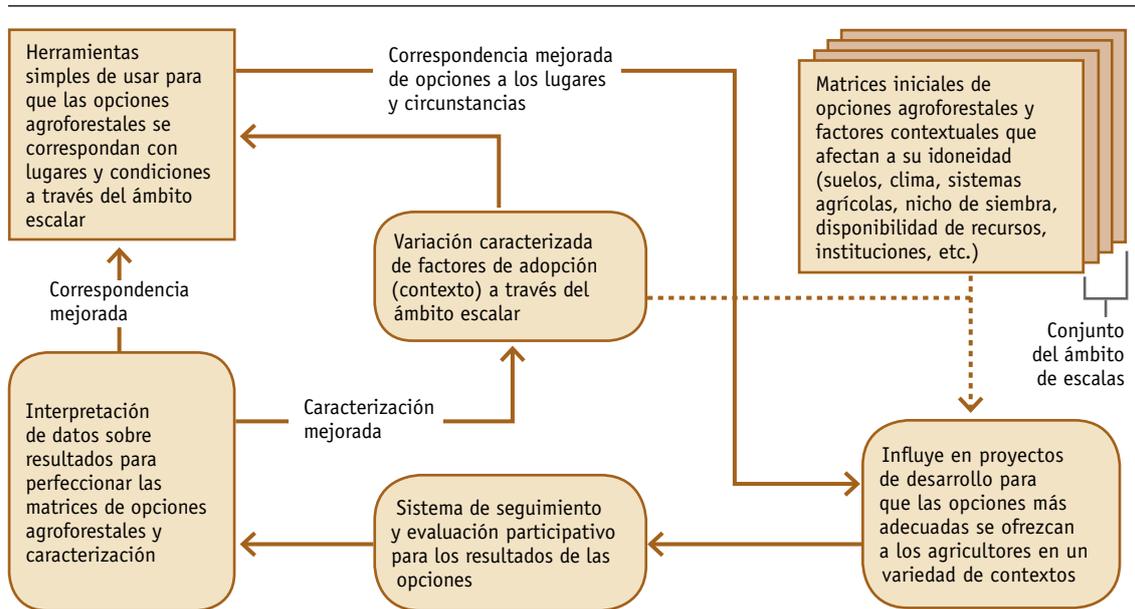
Si se tiene en cuenta la variación a múltiples niveles, también aumentan las posibilidades de aceptación por parte de los diferentes actores de este sector. Por últimos, esto dará lugar a oportunidades de coaprendizaje que generarán tecnologías e innovaciones transformadoras para mejorar los medios de vida y la seguridad alimentaria y nutricional. Este paradigma de coaprendizaje debe considerarse un proceso interactivo que ahora ofrece a las comunidades tecnologías mejor adecuadas (con una gran incertidumbre con respecto a su impacto), y que, al mismo tiempo, capta la experiencia a través de “investigaciones de desarrollo”, para perfeccionar la correspondencia de las opciones con los lugares y las circunstancias de las personas, reduciendo progresivamente la incertidumbre y los tiempos relacionados con la adopción de decisiones (Figura 2). Esto es particularmente cierto en el caso de los sistemas basados en árboles, donde es posible que, durante el período de intervención de un proyecto de desarrollo característico, se produzca una seudoadopción, pero que no dure después del período de intervención. La adopción sostenida exige amplios cambios en la prestación de servicios, función del mercado y políticas e instituciones. Las evaluaciones a largo plazo y en gran escala han puesto de manifiesto que las cuestiones normativas eran importantes para la adopción en gran escala (Coe *et al.*, 2014).

Una vez liberados de estas limitaciones, las opciones de conservación de recursos como la agroforestería pueden sostener la intensificación agrícola mediante la regulación de las funciones ecosistémicas, como (Barrios *et al.*, 2012; Bayala *et al.*, 2014; Vaast and Somarriba, 2014):

- » **Reciclaje de nutrientes:** mediante una gestión no térmica de la biomasa (cobertura del suelo con materia orgánica o compostable) para aumentar la materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, como la porosidad y la capacidad de infiltración debido a un aumento y diversificación de la fauna edáfica y de su actividad. Esto lleva a una mayor capacidad de retención de agua de los suelos.



Figura 2. El paradigma de coaprendizaje se propone reducir las incertidumbres y los riesgos en la adopción de tecnologías agrícolas



Fuente: adaptado de Coe et al., 2014

- » **Modificación microclimática:** mediante la reducción de la temperatura y el aumento de la humedad que modera los efectos del estrés hídrico provocado por la sequía y la elevada variabilidad de las precipitaciones.
- » **Eficiencia en el uso del agua:** mediante el aumento de la capacidad de retención del agua en el suelo debido a su mayor contenido de carbono, lo que ayuda a mantener este recurso en la capa profunda del suelo de distribución radicular y ponerlo a disposición de los cultivos, reduciendo así el estrés hídrico y contrarrestando los efectos de la sequía.
- » **Diversidad de especies:** que da lugar a la diversificación de productos, como alimentos, piensos y medicamentos.
- » **Reducción de la contaminación agroquímica:** debido al menor uso de productos químicos, dado que la existencia de diversos nichos creados por los árboles se asocian con menores brotes o ataques de plagas y enfermedades.

Beneficios económicos de la agroforestería

Los beneficios económicos de la agroforestería se acumulan para los pequeños agricultores a través del aumento de la rentabilidad en la granja, y de los flujos de ingresos mayores y más diversificados como consecuencia de la venta de productos y servicios agroforestales. Varios autores han resaltado los beneficios para la rentabilidad agrícola aportados por la agroforestería. Por ejemplo, en Malawi y Zambia, plantar arbustos específicos en barbecho por dos años,



podarlos y después cultivar maíz por dos a tres años aumenta los rendimientos del maíz en comparación con la siembra continua o no fertilizada del maíz (Franzel *et al.*, 2002). En las sierras áridas de Kenia central, los pequeños agricultores sembraron arbustos forrajeros para utilizarlos como piensos para sus vacas lecheras estabuladas (Franzel *et al.*, 2003). El forraje producido en la granja aumenta la productividad lechera y sustituye a las harinas relativamente caras para la alimentación del ganado lechero, aumentando de esta manera los ingresos de los pequeños agricultores. Place *et al.* (2007) señalaron un importante aumento de los rendimientos del maíz derivado de las prácticas de restablecimiento de la fertilidad del suelo en Kenia occidental, aunque el impacto general en los hogares fue limitado debido al pequeño porcentaje de tierra sometido a estas prácticas. En el caso de sistemas de cultivos perennes de múltiples estratos, la riqueza de la biodiversidad (nivel de sombra y abundancia de especies) no produce necesariamente mayores ganancias, como en los ejemplos del cacao (Bisseleua *et al.*, 2009) y el café (Gordon *et al.*, 2009). En estos casos, los beneficios de la sombra diversa pueden relacionarse más con la resiliencia ecológica y la seguridad de los medios de vida que con una mayor rentabilidad económica.

La otra vía por medio de la cual la agroforestería contribuye a fortalecer los medios de vida es a través de fuentes de ingresos mayores y más diversificados. La agroforestería proporciona materias primas y materias semielaboradas a algunos de los mercados de productos básicos agrícolas más comercializados a nivel mundial, como el cacao, el café y el aceite de palma. Por ejemplo, en Indonesia el cacao contribuye con alrededor de 1 200 millones de dólares EE.UU. anuales en términos de valor de exportación y ofrece un medio de vida a 1,4 millones de pequeños agricultores (VECO, 2015). Se estima que el comercio mundial de los veinte principales cultivos arbóreos supera los 80 000 millones de dólares EE.UU. por año (FAO, 2010); en muchos casos, los mercados para los productos de cultivos arbóreos comercializados a nivel mundial se están diversificando rápidamente, y los sistemas de certificación por terceros están cumpliendo un papel fundamental al indicar las características esenciales y ambientales a los consumidores. Por ejemplo, el aceite de palma que respeta las normas voluntarias de sostenibilidad representó el 15 por ciento de la producción mundial en 2012, en su mayor parte certificado por la organización Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible (IIED, 2014). Además, el mercado del cacao certificado (Fair Trade, Rainforest Alliance y UTZ) se estimó en torno a 275 000 toneladas en 2010, lo que representa el doble de la cuota de mercado conseguida dos años antes (del 3 por ciento en 2009 a ligeramente más del 6 por ciento en 2010).

En los últimos años, se han registrado casos extraordinarios en que productos agrícolas que antes eran poco conocidos han salido de la oscuridad convirtiéndose en productos de alto valor muy conocidos a nivel mundial y con una amplia demanda interna y externa. Entre esos figuran los casos del acai en el Brasil nororiental, la quinua en las alturas de los Andes, el nomi en África sudoriental y la nuez de karité en África occidental. Otras veces, existen productos arbóreos menos conocidos a gran parte del mundo, pero que tienen una demanda constante a nivel local y regional y, por tanto, constituyen fuentes de ingresos importantes para los hogares rurales y los comerciantes y elaboradores locales. Por ejemplo, los productos menos conocidos contribuyen con el 15-37 por ciento de los ingresos de los hogares en Nigeria (De Grande *et al.*, 2006) y tienen un volumen comercial anual de 20 millones de dólares EE.UU. en Camerún (Ingram *et al.*, 2012).



Sin embargo, en muchos otros casos, los pequeños agricultores han luchado por encontrar salidas de mercado lucrativas para sus frutas, maderas y otros productos menos conocidos derivados de la agroforestería. Esta situación refleja una oferta general pequeña e inconstante de los pequeños agricultores, un escaso conocimiento del producto o un interés limitado por parte de los consumidores, un entorno político/jurídico debilitador y organizaciones empresariales rurales débiles (como asociaciones de pequeños elaboradores y agricultores). Cuando los organismos de desarrollo y los gobiernos han intervenido para promover los mercados de frutas menos conocidas, los datos indican que es probable que se circunscriban a la domesticación y a otros esfuerzos necesarios para ampliar la demanda (Clement *et al.*, 2004), en lugar de colaborar con el sector privado para aportar innovaciones en la elaboración, el embalaje y la comercialización.

Independientemente del contexto del mercado, lograr los beneficios económicos de la agroforestería por lo general implica que los pequeños agricultores tengan la capacidad para invertir sus escasos activos productivos en sistemas de producción más intensivos. Sin embargo, muchos pequeños agricultores de los países en desarrollo se ven a menudo limitados por factores como la falta de infraestructura, el limitado acceso a los servicios técnicos y financieros y la debilidad de los entornos institucionales y normativos. Además, se esfuerzan por participar efectivamente en los mercados de alto valor para productos agroforestales debido a la falta de activos de subsistencia críticos (financieros, humanos, naturales, sociales y físicos) y estrategias de medios de vida diversificadas, que pueden suponer costos de oportunidad entre la agricultura de subsistencia y la agricultura orientada al mercado (Stoian *et al.*, 2012; Fan *et al.*, 2013). Por ejemplo, una falta de activos de subsistencia limitó la capacidad de los pequeños productores de café certificados en Nicaragua para intensificar sus sistemas de producción de café y aumentar sus ventas a compradores certificados, con aproximadamente la mitad de la producción que se vende fuera de la cadena de valor de café certificado a precios considerablemente menores (Donovan y Poole, 2014). Los hogares con una dotación de activos relativamente reducida antes de participar en los mercados certificados del café eran los que tenían menos probabilidad de realizar avances considerables en la creación de activos. Estos hogares se beneficiaron de los mercados certificados de café principalmente a través del acceso a redes de seguridad que ayudaron a reducir la vulnerabilidad a crisis externas (por ejemplo, mediante la afiliación a una cooperativa).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, surgen algunas preguntas fundamentales con respecto al modo en que los pequeños agricultores pueden participar en los crecientes mercados de productos y servicios agroforestales y beneficiarse efectivamente. Abordar mejor la complejidad del mercado y el desarrollo de la cadena de valor será fundamental para conocer las oportunidades y limitaciones e identificar estrategias de intervención eficaces. Para hacer frente a los desafíos relacionados con las tecnologías de producción, la innovación en los modelos operativos y el desarrollo de asociaciones de agricultores y cooperativas, entre otros aspectos, se han promovido enfoques 'coinnovadores' entre los actores de la cadena de valor, los proveedores de servicios y los investigadores (Lundy y Gottret, 2007; Thiele *et al.*, 2011; Gyau *et al.*, 2014a). Con esto se reconoce que, si bien las innovaciones técnicas en materia de producción y elaboración de productos agroforestales (por ejemplo, tecnologías posteriores a la cosecha y mejoras de los materiales de siembra) son fundamentales para aumentar la eficacia y competitividad, es muy



importante comprender los procesos institucionales pertinentes (por ejemplo, comercialización colectiva, acceso a varios servicios e insumos, gobernanza en el interior de la cadena). Esto explicaría el modo en que las transacciones económicas en la cadena de valor se coordinan y regulan comprender mejor la distribución de los beneficios y los excedentes a lo largo de la cadena de valor (van der Ven y Hargrave, 2004; Facheux *et al.*, 2012).

La salud de la tierra es un resultado fundamental

El renovado interés por el aumento de la productividad agrícola para atender las necesidades en materia de seguridad alimentaria, y por el fomento de la resiliencia de los sistemas agrícolas en los países en desarrollo, en especial en el África subsahariana, hace que el entendimiento de las limitaciones y tendencias en materia de fertilidad del suelo sea aun más importante (Sánchez *et al.*, 2009). La evaluación y el seguimiento de la calidad del suelo y la salud de la tierra (incluido el seguimiento de los componentes de vegetación y agua) son fundamentales para adquirir un conocimiento sólido de los problemas y las soluciones para la gestión sostenible de la tierra y la producción agrícola, incluida la agroforestería. Gran parte de los análisis actuales sobre la productividad agrícola resultan obstaculizados por la falta de datos de buena calidad y coherentes sobre la salud del suelo y el modo en que esta cambia bajo la gestión anterior y la actual. Esto es especialmente crítico dada la mayor variabilidad de las condiciones meteorológicas provocadas por el cambio climático.

El ICRAF y sus asociados han propuesto un marco de vigilancia y respuesta a la salud de la tierra, basado en los principios científicos de la vigilancia de la salud pública, para mejorar el rigor en la gestión y evaluación de la salud de la tierra. Los objetivos principales son: i) señalar problemas de salud de la tierra; ii) establecer objetivos cuantitativos para la promoción de la salud de la tierra; iii) facilitar información para el diseño y la planificación de programas de intervención en materia de gestión de la tierra y prioridades en la asignación de recursos; iv) determinar el impacto de intervenciones específicas, y v) señalar las necesidades en materia de investigación, servicios y capacitación para los diferentes grupos interesados (PNUMA, 2012; Shepherd *et al.*, 2015).

La vigilancia de la salud de la tierra se ha está implementando mediante la combinación de observaciones precisas sobre el terreno e imágenes desde satélites para medir y seguir de cerca los cambios y las mejoras en la salud del paisaje, integradas estrechamente con métodos estadísticos para establecer una base científica para la formulación de políticas, el establecimiento de prioridades y la gestión (PNUMA, 2012). La espectroscopia del suelo es una tecnología clave que permite el muestreo y análisis de amplias zonas de la salud del suelo (Vågen *et al.*, 2006; Shepherd y Walsh, 2007; Vågen *et al.*, 2010; AfsIS, 2014) y ofrece posibilidades de superar los obstáculos actuales de la elevada variabilidad espacial de los procesos de formación de los suelos y los elevados costos analíticos, que constituyen problemas claves en el seguimiento de la salud del suelo a escala de paisaje (Conant *et al.*, 2011).

El enfoque se está aplicando a escala continental en el África subsahariana a través del Servicio de Información sobre Suelos Africanos (AfsIS, 2014), a escala regional (Vågen *et al.*, 2013) y nacional por el Sistema Etíope de información sobre Suelos (EthioSIS, 2014), y a escala de paisaje (Waswa *et al.*, 2013), y el Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas



Internacionales (CGIAR) lo está utilizando en proyectos de gestión sostenibles de la tierra y en paisajes centinelas. El seguimiento de los suelos utilizando la espectroscopia de infrarrojo también se está experimentando en las actividades del Estudio sobre la Medición de Niveles de Vida-Encuesta Integrada sobre Agricultura (LSMS-ISA) del Banco Mundial en Etiopía. Disponer de muestras de los suelos de las parcelas vinculadas directamente a la encuesta sobre los hogares del LSMS-ISA ofrece una importante oportunidad para mejorar el conocimiento de las tendencias en la salud del suelo y su impacto en la productividad agrícola entre los agricultores, así como de los mecanismos de supervivencia adoptados por los agricultores que hacen frente a un deterioro de las condiciones del suelo, por ejemplo, véase el estudio de caso descrito a continuación en relación con el uso del enfoque de vigilancia de la salud de la tierra en un sistema de producción de cacao en Costa de Marfil.

Existen otras oportunidades para integrar la vigilancia de la salud de la tierra en la evaluación del impacto de las iniciativas de desarrollo a bajo costo. Por ejemplo, el muestreo y análisis de infrarrojo se pueden integrar en diseños de estudio (Shepherd *et al.*, 2015) para acumular pruebas sobre el impacto de las intervenciones en la salud del suelo. Esto es particularmente importante para acelerar el aprendizaje fiable sobre las repercusiones en la agroforestería debido a los largos ciclos de producción.

ESTUDIOS DE CASOS

Árboles productores de alimentos para mejorar la nutrición en los pequeños sistemas agrícolas

En 2010, alrededor de 104 millones de niños menores de 5 años padecían insuficiencia ponderal y 171 millones padecían retraso del crecimiento (es decir, tenían menor peso para su edad debido a la desnutrición crónica), en particular en el África subsahariana y Asia meridional (OMS, 2015). Una de las razones que explican las elevadas tasas de retraso del crecimiento es el bajo consumo de frutas y hortalizas, que provoca carencias de minerales y vitaminas. Sin embargo, muchos consumidores pobres no pueden permitirse comprar cantidades suficientes de frutas y hortalizas dado que estos productos no se producen en cantidades suficientemente elevadas o se disponen solo estacionalmente, lo que aumenta los precios de venta al por menor. Se deben encontrar formas innovadoras de aumentar la producción y el consumo de frutas y hortalizas para satisfacer las necesidades sanitarias de las poblaciones presentes y futuras, en particular en los países de bajos ingresos (Siegel *et al.*, 2014).

Los bosques y los sistemas agroforestales basados en los árboles ofrecen una amplia variedad de alimentos tradicionales ricos en nutrientes y contribuyen considerablemente a la seguridad alimentaria y nutricional de las comunidades locales (Vinceti *et al.*, 2013). Los cultivos arbóreos alimenticios, como las frutas, las hortalizas de hoja, las nueces y las semillas, así como las partes amiláceas de los árboles complementan y diversifican las dietas basadas en productos básicos dado que los alimentos de los árboles a menudo tienen un elevado contenido de micronutrientes (minerales y vitaminas), macronutrientes (proteínas, ácidos grasos, hidratos de carbono) y fotoquímicos beneficiosos (por ejemplo, antioxidantes) (Jamnadass *et al.*, 2013; Stadlmayr *et al.*, 2013; Vinceti *et al.*, 2013). Además, los árboles tienen una mayor resiliencia



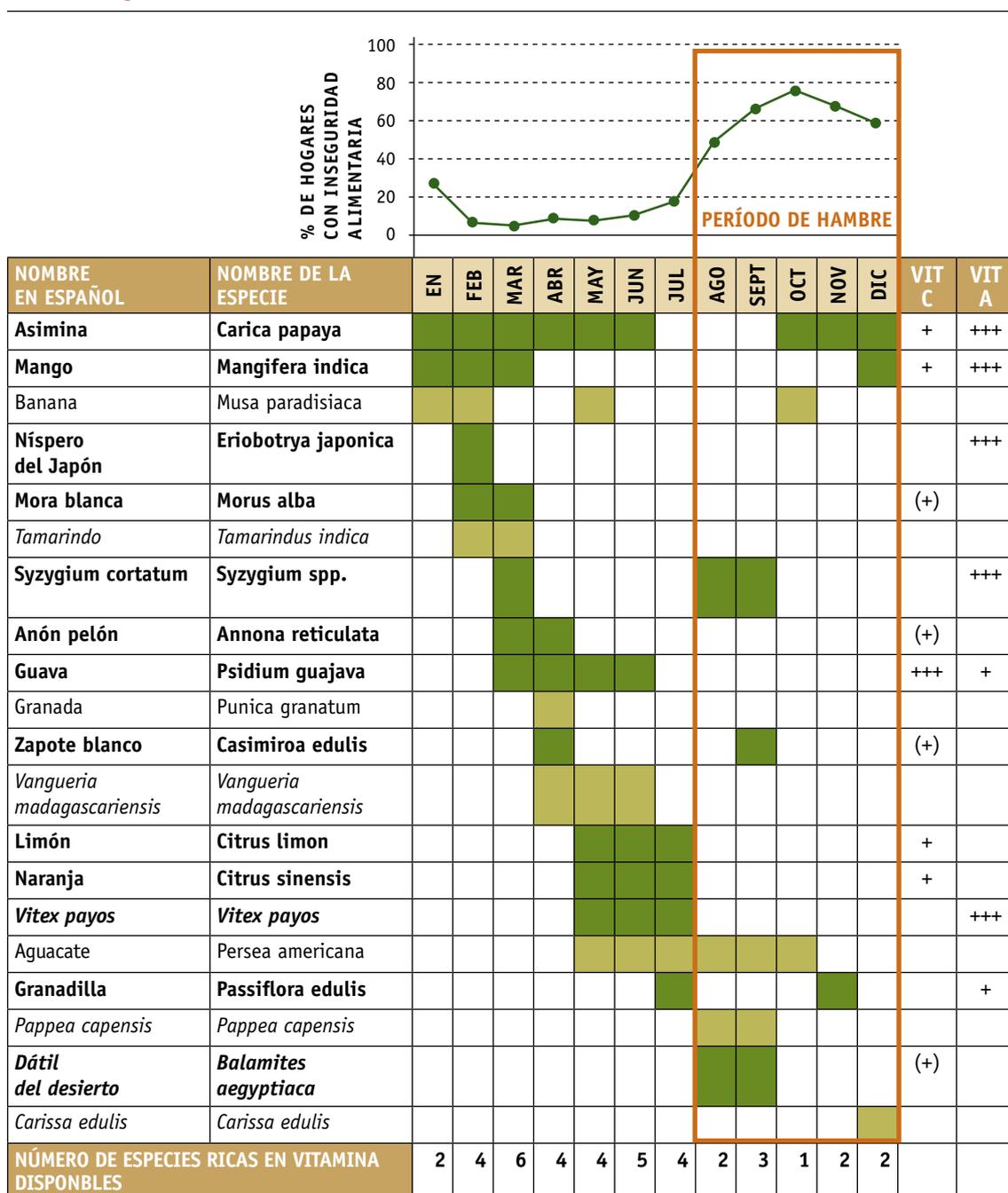
durante las sequías y tienen períodos de recolección diferente que las cosechas anuales. Por consiguiente, los alimentos de los árboles desempeñan un papel importante para superar los períodos/temporadas de hambruna, en especial cuando los cultivos básicos son insuficientes o todavía no están listos para cosecharse. Otro beneficio de los alimentos de los árboles es que pueden proporcionar alimentos todo el año para el consumo familiar o la generación de ingresos, siempre que en las granjas o los hábitat naturales existan conjuntos de especies con diferentes períodos de recolección (Kehlenbeck *et al.*, 2013). Las mujeres a menudo participan activamente en la producción, elaboración y venta de los productos alimenticios arbóreos y se benefician en particular de los efectos en la nutrición, la salud y los medios de vida. El ICRAF está preparando y promoviendo “carteras de árboles alimenticios” para lugares específicos, consistentes en combinaciones de árboles alimenticios exóticos y nativos que podrían proporcionar cosechas todo el año, y que pueden integrarse en los sistemas agrícolas existentes para superar “los períodos de hambruna” y subsanar los “déficits de nutrientes” específicos. En este artículo se presenta un estudio sobre la diversidad de los árboles frutales en las granjas y su posible contribución a la seguridad nutricional realizado por el ICRAF y sus asociados (Kehlenbeck *et al.*, datos no publicados).

En 2014, se estudió la diversidad, producción y consumo de árboles frutales en 300 fincas seleccionadas al azar en el distrito de Machakos, Kenia, a lo largo de un gradiente de altitud de 840 a 1830 metros sobre el nivel del mar. La zona de investigación tenía un clima de semihúmedo a de transición con alrededor de 700-1000 milímetros de precipitación por año en dos temporadas de lluvia. Los hogares seleccionados fueron entrevistados para obtener información socioeconómica básica sobre los períodos de inseguridad alimentaria, las existencia de árboles frutales, los rendimientos, el uso de frutas y los hábitos de consumo. Además, se realizaron debates en grupos de discusión con cuatro grupos constituidos por 10 a 11 agricultores cada uno para recabar información sobre los períodos de cosecha de las diferentes especies frutales.

El tamaño medio de las 300 granjas encuestadas era de 1,4 hectáreas y el tamaño medio de los hogares era de 5 miembros. Los encuestados mencionaron un total de 52 especies de árboles frutales existentes en las granjas, entre ellas 22 especies indígenas y 26 exóticas. Las especies frutales más frecuentes fueron el mango (*Mangifera indica*, existente en el 92 por ciento de las fincas), la asimina (*Carica papaya*, 65 por ciento) y el aguacate (*Persea americana*, 54 por ciento), todas de origen exótica. Las especies nativas se encontraron con menos frecuencia en unas cuantas granjas, principalmente en las partes más secas de la zona de investigación. La riqueza media de árboles frutales por granja fue de 6 especies (rango 1-15), incluyendo una especie nativa (rango 0-8). Aunque los hogares no tenían mayores problemas de seguridad alimentaria durante los meses de enero a julio, muchos informaron que de agosto a diciembre tropezaban con problemas para alimentar a sus familias, siendo el punto más álgido el mes de octubre cuando casi el 80 por ciento de las familias encuestadas padecía inseguridad alimentaria (Figura 3). Según los participantes en los grupos de discusión, las especies más importantes ofrecían la posibilidad de recoger frutas frescas todo el año, incluso durante el período “de hambruna” (Figura 3). Las especies frutales mencionadas en los debates se evaluaron posteriormente para determinar sus contenidos en vitamina C y betacaroteno (un precursor de la vitamina A, carente a menudo en la zona de investigación) y se clasificaron de nuevo en función de sus períodos de recolección.



Figura 3. Niveles de seguridad alimentaria en 300 hogares encuestados en el distrito de Machakos, Kenia, y períodos de recolección de las más importantes especies frutales exóticas y nativas según los encuestados



Los especies de furas nativas figuran en cursivas. La indicación del contenido de vitamina C y betacaroteno (vitamina A) es la siguiente: +++ = muy alto; + = medio; y (+) = moderado. Los recuadros de color verde oscuro indican los períodos de recolección de las frutas ricas en vitamina C y A , y los nombres de las especies figuran en negritas.



Siete frutas tenían un contenido de betacaroteno de medio a muy alto, de las cuales tres especies (acimina, *Syzygium cortatum* y semilla de cacao) podían cubrir el suministro todo el año (Figura 3). El contenido de vitamina C fue de moderado a muy alto en nueve especies, de las cuales tres (asimima, naranja/limón y dátíl del desierto) podían cubrir el suministro todo el año en la zona. El cultivo de 8 a 13 especies frutales (incluidas las 6 especies antes mencionadas, pero también la guayaba, el mango, la granadilla, el zapote blanco, la mora blanca, el anón pelón y el níspero de Japón, según las condiciones climáticas) bastaría para garantizar el suministro a las familias de los agricultores en la zona de frutas frescas ricas en nutrientes durante todo el año. Especies nativas raras pero importantes como los dátiles del desierto y el *Vitex payos* deben promoverse para ser cultivadas, distribuyendo material de siembra a las comunidades. Se han de promover las frutas nativas, en especial debido a su elevada resiliencia contra el estrés biótico y abiótico. Sin embargo, la elaboración y comercialización de estas frutas se debe mejorar aún y los agricultores deben integrarse mejor en las cadenas de valor de las frutas exóticas y nativas para promover resultados sensibles a las cuestiones de género en materia de seguridad de los ingresos y empoderamiento.

Revitalización de los sistemas de cacao en Costa de Marfil

Costa de Marfil es el principal productor mundial de cacao y representa más de un tercio de la oferta mundial. El cacao cumple una función fundamental en la economía del país pues contribuye con el 15 por ciento del PIB y el 40 por ciento de las exportaciones nacionales, y sustenta a más de 6 millones de personas (Conseil Café Cacao, 2014). En Costa de Marfil, el cacao se cultivó tradicionalmente en sistemas agroforestales con una gestión permanente de la sombra resultante del raleo del dosel forestal ecuatorial húmedo original. Sin embargo, se ha registrado una tendencia creciente a la eliminación de la sombra y a la promoción de las prácticas de monocultivo a pleno sol para maximizar los rendimientos a corto plazo del cacao (Freud *et al.*, 2000). Esta práctica ha producido una pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos, brotes de plagas y enfermedades y una disminución de la productividad y los ingresos a largo plazo (Assiri, 2006; Koko *et al.*, 2006; Tschardtke *et al.*, 2011). Esto ha hecho que el sector del cacao necesite con urgencia sistemas alternativos de producción sostenible (Ruf, 1991; Vaast y Somarriba, 2014).

Las investigaciones de los sistemas agroforestales de producción de cacao han demostrado que la integración de los árboles puede aumentar y sustentar la productividad del cacao mediante interacciones ecofisiológicas y ambientales con repercusiones económicas en cadena (Clough *et al.*, 2009). Los árboles, en especial los árboles umbrosos, aumentan la eficacia de las granjas productoras de cacao a través de varios factores, entre ellos, la mejora de la fertilidad del suelo (Isaac *et al.*, 2007), la mejora microclimática (Tschardtke *et al.*, 2011), la reducción de las plagas y enfermedades (Bos *et al.*, 2007) y el aumento de la resiliencia ante el cambio climático (Duguma *et al.*, 2001; Franzen y Mulder, 2007). Por otro lado, los consumidores de todo el mundo demandan cada más cacao ecocertificado, por el cual los agricultores reciben una prima por cultivarlo al pie de árboles umbrosos (Franzen y Mulder, 2007). En Costa de Marfil, el virus de la rama turgente del cacao sigue siendo una limitación importante para la



producción y, ante la falta de cultivares resistentes, el uso de árboles como barreras es uno de las soluciones más eficaces para reducir la propagación de la enfermedad. Además, las opciones de diversificación del cacao, entre ellas el recurso a los principios y prácticas de diseño de sistemas agroforestales, probablemente generen sinergias positivas con la intensificación del cacao utilizando varias combinaciones de otras especies vegetales, entre ellas árboles frutales, medicinales y maderables. Esto puede ayudar a las comunidades rurales y contribuir a resolver sus problemas nutricionales y de seguridad alimentaria mediante la diversificación de los ingresos (Gyau *et al.*, 2014b; 2015), proporcionando beneficios de los servicios ecosistémicos y, por consiguiente, reduciendo los riesgos relacionados con la dependencia exclusiva de los ingresos provenientes del cacao (Cerdeira *et al.*, 2014).

Para promover opciones de gestión sostenibles del cacao, el ICRAF ha colaborado con MARS Inc. en el proyecto “Vision for Change” (Vision para el Cambio), para aplicar tecnologías innovadoras para la rehabilitación del cacao con las partes interesadas nacionales y a través de diferentes estrategias en Costa de Marfil sudoccidental. En el marco de esta iniciativa de colaboración público-privada, se introdujo como una técnica nueva la inserción in-situ en árboles viejos menos productivos, lo que posibilitó una rehabilitación más rápida y económicamente viable de los huertos poco productivos de cacao. Se han promovido y optimizado jardines de plantones de clones mejorados de cacao seleccionados por el Instituto nacional de investigaciones agrícolas con miras a su difusión. Además, se estableció un laboratorio de producción de embriones somáticos para diversificar las fuentes de clones de cacao seleccionados y proporgar materiales de siembra libres de enfermedades en mayor escala. Se ha establecido un mecanismo de distribución con la participación de centros de recursos rurales privados para suministrar insumos, material de siembra de calidad y otros servicios a los productores de cacao. El proyecto realizó estudios de referencia, que pusieron de manifiesto que el 95 por ciento de los productores de cacao de la región deseaban tener árboles acompañantes en sus granjas (Smith *et al.*, 2014). Actualmente, la vigilancia de la salud de las tierras dedicadas al cultivo de cacao (véase el examen anterior sobre la salud de las tierras como resultado clave) aplicada por el proyecto, notificó que la densidad de árboles en las granjas productoras de cacao varía de 1 a 75 árboles por hectárea. Por consiguiente, existe una razón convincente para reintroducir los árboles en las granjas de cacao en la zona del proyecto y en otras zonas para apoyar un sistema de producción resiliente en Costa de Marfil.

La agroforestería y los árboles umbrosos como mecanismos de adaptación en sistemas cafeteros

A nivel mundial, cada vez hay más pruebas que indican que los sistemas de producción de café se están volviendo más vulnerables al cambio climático, lo que amenaza los medios de vida de las comunidades rurales productoras de café. Es probable que como consecuencia del cambio climático, las zonas idóneas para la producción de café arábica pasen a situarse a altitudes mayores y, en última instancia, provoquen conflictos por el uso de la tierra al ejercer una presión mayor para el cambio de uso de los suelos en los bosques de tierras áridas existentes (Läderach *et al.*, 2011). Es por esta razón que la última investigación mas colaborativa del ICRAF con



socios nacionales e internacionales (CIAT; CIRAD; IIRA; ICIPE) se realiza en granjas situadas en altitudes elevadas y transectos cafeteros pluviales para estudiar las causas del cambio y las estrategias de adaptación de los agricultores.

La producción de café Arábica (que representa el 65 por ciento de la producción cafetera mundial) y su calidad son particularmente sensibles a variables ambientales, específicamente los regímenes de lluvias, los períodos de sequía prolongados y los fenómenos meteorológicos extremos, como las temperaturas anormalmente elevadas que se registran cada vez con mayor frecuencia en muchas zonas productoras de café de todo el mundo (Cannavo *et al.*, 2011). En general, se sabe que los árboles umbrosos reducen considerablemente la irradiación solar excesiva y moderan las amplias variaciones diurnas de la temperatura y la humedad del aire, que son perjudiciales para la fisiología y los rendimientos de los cafetos (Siles *et al.*, 2010; Lin, 2011). Los árboles umbrosos imitan los efectos de la elevada altitud pues su presencia puede disminuir la temperatura experimentada por los cafetos cultivados debajo de ellos hasta en 2-4 °C, retrasando la maduración de la pulpa de las semillas del café y, en consecuencia, permitiendo un llenado de los granos mejor y más prolongado, una mejora de composición bioquímica y, por último, una mejor calidad del café en la taza (Vaast *et al.*, 2006). Además, los árboles umbrosos reducen la intensidad de la floración y, por tanto, la carga de frutos de las plantas de café, reduciendo así el patrón de carga alterno observado en el monocultivo y aumentando la vida productiva de los arbustos de café en los sistemas agroforestales.

Las plagas y enfermedades tienen un impacto importante en la productividad del café Arábica: la roya foliar, la antracnosis del cafeto y la broca del cafeto pueden reducir la producción hasta en un 70 por ciento. Los efectos de los árboles umbrosos con respecto a las plagas y enfermedades del café son más bien complejos e incluso contradictorios (Mouen Bedimo *et al.*, 2012). Mientras que algunas plagas y enfermedades, en particular enfermedades micóticas como la roya foliar, pueden aumentar como consecuencia del microclima más frío y húmedo creado por la sombra (en especial niveles elevados de sombra), esta última ha reducido las repercusiones de otras plagas y enfermedades. Las especies arbóreas integradas en los sistemas de producción de café pueden albergar las plagas y favorecer sus repercusiones negativas, o disminuir su incidencia favoreciendo a los enemigos naturales. Como consecuencia, a menudo resulta difícil determinar el nivel de sombra adecuado y la composición de las especies de árboles umbrosos para reducir al mínimo los daños ocasionados por las plagas y las enfermedades, y al mismo tiempo mejorar de manera sostenible la productividad del café. Además, las plagas y enfermedades que amenazan la producción de café en las condiciones climáticas actuales probablemente se agraven debido al cambio climático, en particular como consecuencia del aumento de las temperaturas y la mayor variabilidad de los regímenes de precipitaciones (Jaramillo *et al.*, 2011).

La integración de árboles y otras especies en los sistemas cafetaleros representa una opción poco costosa para moderar la variabilidad climática extrema que afecta a los pequeños agricultores que predominan (80 por ciento) en las regiones productoras de café en todo el mundo. Se supone que el cultivo intercalado de varios árboles en sistemas de producción de café – como árboles maderables, ‘árboles de servicio’ (por ejemplo, árboles fertilizadores), árboles frutales, bananos y otros cultivos alimentarios – atenúa la vulnerabilidad a las crisis económicas y climáticas, así como a los brotes de plagas y enfermedades (van Asten *et al.*, 2011). Los



árboles en las granjas y paisajes cafetaleros también proporcionan una amplia variedad de servicios ambientales, como el secuestro del carbono, la reducción de las emisiones de GEI, la mejora de los rendimientos del agua y la conservación de la biodiversidad (Rahn *et al.*, 2014).

La agroforestería para paisajes 'más ecológicos' dominados por el cultivo del caucho en el Mekong

El *Hevea brasiliensis*, el árbol de caucho, es la principal fuente de goma natural para la producción mundial anual de más de mil millones de neumáticos para automóviles, camiones y aviones. Esta industria en rápida expansión está impulsando la conversión de los bosques en plantaciones de caucho en Asia sudoriental, donde se produce el 97 por ciento del caucho natural del mundo. Históricamente, el caucho se cultivaba en la zona ecuatorial entre 10 grados de latitud al norte y sur del ecuador. Sin embargo, el éxito de la China en desarrollar clones de caucho más resistentes dio lugar a una expansión de este cultivo en zonas de plantación no tradicionales en muchas partes de Asia sudoriental continental. La producción de caucho en Asia sudoriental continental ha aumentado en alrededor de 1 500 por ciento, pasando de poco más de 300 000 toneladas en 1961 a más de 5 millones de toneladas en 2011. Mientras los organismos estatales impulsaron la expansión inicial, ahora el sector está dominado por los pequeños agricultores de China, Viet Nam y Tailandia, y por concesiones económicas en gran escala en Camboya, la República Popular Democrática de Laos y Myanmar. No obstante el aumento de los ingresos y la riqueza a partir del cultivo del caucho en zonas pobres, persisten varios problemas, entre ellos las fluctuaciones de los precios, la reducción de las fuentes de ingresos, las repercusiones en la seguridad alimentaria, la mayor dependencia de los pequeños agricultores con respecto a los mercados mundiales de los que a menudo tienen poco conocimiento y las prácticas de acaparamiento de tierras. La conversión a plantaciones de caucho también tiene consecuencias ambientales, como la reducción de las reservas de agua, las existencias de carbono, la productividad del suelo y la biodiversidad. Los beneficios del cultivo del caucho y los costos de la degradación de los servicios ecosistémicos no están distribuidos de manera uniforme, y la expansión del caucho ha dado lugar al aumento de la pobreza y la vulnerabilidad y ha provocado problemas culturales en algunas zonas. Teniendo en cuenta las repercusiones en el medio ambiente, el aumento de los costos de producción y el impacto en los pobres, el monocultivo del caucho practicado actualmente en la región del Mekong parece ser insostenible.

El ICRAF y sus asociados están explorando enfoques de 'ahorro de tierras' mediante el establecimiento de corredores biológicos y la restauración del paisaje, y enfoques de 'uso compartido de las tierras' mediante prácticas agroforestales, y están fomentando la vegetación del sotobosque en las plantaciones de caucho bajo monocultivo. El ICRAF también está investigando las posibles consecuencias de diferentes trayectorias de la demanda de caucho y los cambios en los regímenes de gestión de la producción de caucho, los ingresos, el empleo, la biodiversidad, los GEI y el cambio en el uso de la tierra en Xishuangbanna, en la provincia de Yunnan, en China sudoccidental. La intención es aplicar los resultados de las investigaciones de base empírica para contribuir al debate entre los principales interesados sobre los incentivos y las tecnologías más adecuadas para un 'caucho verde' y para la restauración y conservación



a nivel de paisaje. En China, el consenso político y las rutas para la aplicación de políticas ecológicas de producción de caucho ya existen, y son principalmente los mercados chinos que impulsan la expansión del caucho en toda la región. Presionados por los gobiernos nacionales y regionales para solucionar los problemas ocasionados por el cultivo intensivo de caucho en régimen de monocultivo, el gobierno de la prefectura de Xishuangbanna y la industria del caucho establecieron el Grupo directivo para una producción de caucho respetuosa del medio ambiente en 2009. Este Grupo conecta a las partes interesadas gubernamentales, de la investigación y la industria ofreciéndoles un foro para debatir y aplicar instrumentos de política con miras a restablecer los servicios ecosistémicos, garantizar un crecimiento ecológico y aliviar la pobreza.

Sin embargo, existen importantes lagunas en el conocimiento científico sobre la forma en que los cambios en el uso de la tierra se traducen en cambios en las funciones ecosistémicas y, a su vez, sobre la forma en que estos cambios afectan a la prestación de servicios ecosistémicos y al bienestar económico. Este conocimiento es esencial para encontrar un equilibrio entre producción de servicios y producción de caucho a fin de garantizar que los beneficios lleguen a los grupos más pobres y más vulnerables, y para concebir mecanismos de gobernanza e incentivos eficaces. Conocer los entornos en que se ha difundido el caucho y si su cultivo es sostenible es esencial para una planificación del uso de la tierra e intervenciones normativas eficaces. El ICRAF ha realizado evaluaciones cuantitativas, locales y a nivel de toda la región, del espacio ambiental ocupado por las plantaciones de caucho (Xu *et al.*, 2014; Ahrends *et al.*, 2014) que han: i) cuantificado el espacio ambiental en que el caucho se presenta de manera natural; ii) determinado la extensión y las tendencias de la difusión de las plantaciones en ambientes marginales; iii) evaluado los tipos de tierra que se están convirtiendo; iv) utilizado esta información para prever las pautas futuras en el uso de la tierra, y v) evaluar los riesgos para la biodiversidad y socioeconómicos de la conversión de la tierra a plantaciones de caucho. Los resultados demostraron una subestimación de la superficie de plantaciones de caucho en los datos del censo gubernamental, con la mayor parte de las nuevas plantaciones que se expanden hacia zonas marginales de baja productividad.

El proyecto elaboró un modelo espacialmente explícito que simulaba servicios ecosistémicos y rendimientos económicos entre los sistemas agroforestales y de monocultivo de producción de caucho a nivel de paisaje en Xishuangbanna. Los resultados demostraron que, en comparación con los sistemas de monocultivo, la producción agroforestal puede ser competitiva desde un punto de vista económico cuando se intercala con cultivos de mayor valor de mercado, incluso cuando el caucho natural alcanzó sus precios históricos más bajos desde 2007. La producción agroforestal de caucho también aumenta la biodiversidad, mejora los servicios ecosistémicos y garantiza ingresos más seguros a los pequeños agricultores locales a partir de diversos mercados agrícolas. Sin embargo, para mantener el mismo nivel de productividad de caucho se necesita aproximadamente un 25 por ciento más de tierras para practicar este tipo de agroforestería. Teniendo en cuenta el exceso de oferta de caucho natural de los últimos años, recomendamos que los monocultivos de caucho se sustituyan por sistemas de producción de caucho agroforestales sin ampliar la superficie bajo cultivo, lo que además producirá beneficios para la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad en el uso de la tierra en la región, siempre que los enfoques respalden el desarrollo de ‘bosques análogos’ complejos de caucho ‘de aspecto natural’.



CONCLUSIONES

La agroforestería ofrece una amplia variedad de posibles beneficios. Teniendo en cuenta la sólida y creciente base de datos obtenidos de actividades de investigación, resulta claro que la agroforestería en sus muchas manifestaciones es una opción susceptible de ampliación para mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria y nutricional con beneficios secundarios para la prestación sostenible de servicios ecosistémicos. Las inversiones en agroforestería por parte del sector público y (crecientemente) del privado se consideran que tienen rendimientos a largo plazo viables para la sostenibilidad económica y ecológica de los sistemas agrícolas. Esto es especialmente cierto cuando se basa en la colaboración y participación de los interesados en un paradigma de coaprendizaje. Los árboles desempeñan funciones importantes en la estabilización de los medios de vida locales, en particular para los agricultores pobres, al apoyar sistemas agrícolas resilientes con baja utilización de insumos. Por otro lado, los árboles y los sistemas agroforestales sustentan algunos de los productos básicos más valiosos comercializados a nivel mundial. Los paisajes dominados por la agroforestería ofrecen una prestación de servicios ecosistémicos mejorada, entre ellos la estabilización de los ciclos hidrológicos y la contribución a la salud de la tierra. La contribución de los árboles, la agroforestería y los enfoques agroecológicos ofrecen oportunidades y beneficios que trascienden los mencionados en el presente capítulo. La integración de conocimientos locales o tradicionales (ecológicos) refuerza en mayor medida estos sistemas. Tales sistemas están demostrando ser más productivos y resilientes a la variabilidad climática y a otras contingencias, reduciendo de este modo los riesgos asociados a la producción para los pequeños agricultores, incluidos aquellos relacionados con el cambio climático. Se necesitarán el apoyo normativo y nuevas inversiones para promover lo que es una tendencia prometedora.

Falta mucho por hacer: tenemos ante nosotros el reto de elaborar criterios de medición para el seguimiento de las mejoras de la resiliencia, la capacidad de adaptación, la equidad de género, la seguridad alimentaria y nutricional, y la solidez institucional/de gobernanza, así como elaborar estrategias que respalden las reformas de gobernanza y de los mercados, el desarrollo de cadenas de valor y la capacidad técnica para proporcionar una visión que trascienda la agricultura de subsistencia con árboles. Sigue habiendo una escasez de materiales de siembra de calidad y canales de distribución, y la difusión de tecnologías y conocimientos agroforestales es actualmente inadecuada para estos sistemas relativamente intensivos en conocimientos. Claramente, hace falta una mejor capacidad para fortalecer los enfoques y servicios, en especial los servicios de asesoramiento rural. No obstante, existen claros indicios de que a nivel de granja y paisaje la agroforestería representa un enfoque que está realizando el potencial de la agroecología en gran escala.



REFERENCIAS

- AfSIS.** 2014. *Africa Soil Information Service* (disponible en: www.africasoils.net).
- Ahrends, A., Hollingsworth, P., Ziegler, A., Fox, J., Chen, H., Su, Y. & Xu, J.** 2014. Do current trends of rubber plantation expansion threaten biodiversity and livelihoods? *Global Environmental Change*, in review.
- Alexandratos, N. & Bruinsma, J.** 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Rome, FAO.
- Alfaro, R.I., Fady, B., Vendramin, G.G., Dawson, I.K., Fleming, R.A., Sáenz-Romero, A., Lindig-Cisneros, R.A., Murdock, T., Vinceti, B., Navarro, C.M., Skroppa, T., Baldinelli, G., El-Kassaby, Y.A. & Loo, J.** 2014. The role of forest genetic resources in responding to biotic and abiotic factors in the context of anthropogenic climate change. *For. Ecol. Manage.*, 333: 76-87.
- Assiri, A.A.** 2006. *Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, option agro-pédologie. Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 56 pp.
- Barnes, R.D.** 1995. The Breeding Seedling Orchard in the Multiple Population Breeding Strategy. *Silvae Genetica*, 44(2-3): 81-87.
- Barrios, E., Sileshi, G.W., Shepherd, K. & Sinclair, F.** 2012. Agroforestry and soil health: linking trees, soil biota and ecosystem services. In D.H. Wall, ed. *The Oxford Handbook of Soil Ecology and Ecosystem Services*, pp. 315-330. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Bayala, J., Sanou, J., Teklehaimanot, Z., Kalinganire, A. & Ouédraogo, S.J.** 2014. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 28-34.
- Bayala, J., Sileshi, G.W., Coe, R., Kalinganire, A., Tchoundjeu, Z., Sinclair, F. & Garrity, D.** 2012. Cereal yield response to conservation agriculture practices in drylands of West Africa: a quantitative synthesis. *Journal of Arid Environments*, 78: 13-25.
- Bisseleua, D., Missou, A. & Vidal, S.** 2009. Biodiversity conservation, Ecosystem functioning and economic incentives under cocoa agroforestry intensification. *Conservation Biology*, 23(5): 1176-1184.
- Bos, M.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T.** 2007. The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia. *Biodivers. Conserv.*, 16(8): 2429-2444.
- Cannavo, P., Sansoulet, J., Harmanda, J.M., Silesc, P., Dreyerd, E. & Vaast, P.** 2011. Agroforestry associating coffee and *Inga densiflora* results in complementarity for water uptake and decreases deep drainage in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(1-2): 1-13.
- Cardinale, B.J., Matulich, K.L., Hooper, D.U., Byrnes, J.E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M.I. & Gonzalez, A.** 2011. The functional role of producer diversity in ecosystems. *American journal of botany*, 98(3): 572-592.
- Carroll, S.P., Jorgensen, P.S., Kinnison, M.T., Bergstrom, C.T., Denison, R.F., Gluckman, P., Smith, T.B., Strauss, S.Y. & Tabashnik, B.E.** 2014. Applying evolutionary biology to address global challenges. *Science*, 346 (6207): 1245993 (disponible en: www.sciencemag.org/content/346/6207/1245993. short).
- Carsan, S., Stroebel, A., Dawson, I., Kindt, R., Mbow, C., Mowo, J. & Jamnadass, R.** 2014. Can agroforestry option values improve the functioning of drivers of agricultural intensification in Africa? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 35-40.
- Cerda, R., Deheuvels, O., Calvache, D., Niehaus, L., Saenz, Y., Kent, J., Vilchez, S., Villota, A., Martinez, C. & Somarriba, E.** 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforest. Syst.*, 88: 957-981.



- Clement, C., Weber, J., van Leeuwen, J., Asterga, C., Cole, D., Arevalo, L. & Arguello, H.** 2004. Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, 61: 195-206.
- Clough, Y., Faust, H. & Tschardt, T.** 2009. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conserv. Lett.*, 2(5): 197-205.
- Coe, R., Sinclair, F. & Barrios, E.** 2014. Scaling up agroforestry requires research 'in' development rather than 'for' development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 73-77.
- Conant, R.T., Ogle, S.M., Paul, E.A. & Paustian, K.** 2011. Measuring and monitoring soil organic carbon stocks in agricultural lands for climate mitigation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9:169-173.
- Conseil Café Cacao.** 2014. *Programme Quantite-Qualite-Croissance « 2QC » 2014-2023*. Le Conseil de Régulation, de stabilisation et de Développement de la filière Café-Cacao (disponible en: www.conseilcafecacao.ci/docs/PROGRAMME_2QC_2014-2023.pdf).
- Dawson, I.K., Carsan, S., Franzel, S., Kindt, R., van Breugel, P., Gaudal, L., Lilleso, J.-P.B., Orwa, C. & Jamnadass, R.** 2014a. *Agroforestry, Livestock, fodder production and climate change adaptation and mitigation in East Africa: issues and options*. ICRAF Working Paper No. 178. Nairobi, World Agroforestry Centre (disponible en: <http://dx.doi.org/10.5716/WP14050.PDF>).
- Dawson, I.K., Leakey, R., Clement, C.R., Weber, J.C., Cornelius, J.P., Roshetko, J.M., Vinceti, B., Kalinganire, A., Masters, E. & Jamnadass, R.** 2014b. The management of tree genetic resources and the livelihoods of rural communities in the tropics: non-timber forest products, smallholder agroforestry practices and tree commodity crops. *For. Ecol. Manage.*, 333: 9-12.
- Dawson, I.K., Guariguata, M.R., Loo, J., Weber, J.C., Lengkeek, A., Bush, D., Cornelius, J.P., Guarino, L., Kindt, R., Orwa, C., Russell, J. & Jamnadass, R.H.** 2013. What is the relevance of smallholders' agroforestry systems for conserving tropical tree species and genetic diversity in *in situ*, *in situ* and *ex situ* settings? A review. *Biodiversity and conservation*, 22(2): 301-324.
- De Grande, A., Schreckenber, K., Mbosso, C., Anebeh, P., Okafor, V. & Kanmegneh, J.** 2006. Farmers' fruit tree growing strategies in the forest Zones of Cameroon and Nigeria. *Agroforestry Systems*, 67:159-175.
- Donovan, J. & Poole, N.** 2014. Changing asset endowments and smallholder participation in higher-value markets: Evidence from certified coffee producers in Nicaragua. *Food Policy*, 44: 1-13.
- Duguma, B., Gockowski, J. & Bakala, J.** 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. *Agroforest. Syst.*, 51(3): 177-188.
- EthioSIS.** 2014. *Ethiopia Soil Information System*. Ethiopian Agricultural Transformation Agency (disponible en: www.ata.gov.et/projects/ethiopian-soil-information-system-ethiosis/).
- Facheux, C., Gyau, A., Foundjem-Tita, R., Russell, D., Mbosso, C., Franzel, S. & Tchoundjeu, Z.** 2012. Comparison of three modes of improving benefits to farmers within agroforestry product market chains in Cameroon. *African Journal of Agricultural Research*, 7(15): 2336-2343.
- Fan, S., Brzeska, J., Keyzer, M. & Halsema, A.** 2013. *From Subsistence to Profit: Transforming smallholder farms*. Washington, DC, International Food Policy Research Institute (disponible en: www.ifpri.org/sites/default/files/publications/pr26.pdf).
- FAO.** 2010. *Forest resource assessment*. Roma.
- FAO.** 2014. *The State of the World's Forest Genetic Resources*. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma.
- Foster, G.S., Jones, N. & Kjaer, E.D.** 1995. Economics of tree improvement in development projects in the tropics. In S. Shen & A. Contreras-Hermosilla, eds. *Environmental & Economic Issues in Forestry: Selected Case Studies in Asia*, pp. 95-128. World Bank Technical Paper No. 281. Washington, DC, The World Bank.
- Franzel, S., Phiri, D. & Kwesiga, F.** 2002. Assessing the adoption potential of improved fallows in eastern Zambia. In S. Franzel & S.J. Scherr, eds. *Trees on the farm: assessing the adoption potential of agroforestry practices in Africa*, pp. 37-64. Wallingford, UK, CABI.



- Franzel, S., Wambugu, C. & Tuwei, P.** 2003. *The adoption and dissemination of fodder shrubs in central Kenya*. Agricultural Research and Network Series Paper No. 131. London, Overseas Development Institute.
- Franzen, M. & Mulder, M.B.** 2007. Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodivers. Conserv.*, 16(13): 3835-3849.
- Freud, E.H., Petithuguenin, P. & Richard, J.** 2000. *Les champs de cacao. Un défi de compétitivité Afrique-Asie*. Paris, KARTHALA. 207 pp.
- Garrity, D.P.** 2004. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61: 5-17.
- Gordon, C, Manson, R., Sundberg, J. & Cruz-Angon, A.** 2009. Biodiversity, profitability, and vegetation structure in a Mexican coffee agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118 (1-4): 256-266.
- Graudal, L, Aravanopoulos, F., Bennadji, Z., Changtragoon, S., Fady, B., Kjaer, E.D., Loo, J., Ramamonjisoa, L. & Vendramin, G.G.** 2014. Global to local genetic diversity indicators of evolutionary potential in tree species within and outside forests. *Forest Ecology and Management*, 333: 35-51.
- Gyau, A., Franzel, S., Chiatoh, M., Nimino, G. & Owusu, K.** 2014a. Collective Action to improve market access for smallholder producers of agroforestry products: Key Lessons Learned with insights from Cameroon experience. *Current opinions on Environmental Sustainability*, 6: 68-72.
- Gyau, A., Smoot, K., Diby, L. & Kouame, C.** 2015. Drivers of tree presence and densities: the case of cocoa agroforestry systems in the Soubre region of Republic of Côte d'Ivoire. *Agroforest. Syst.*, 89(1): 149-161.
- Gyau, C., Smoot, K., Kouame, C, Diby, L, Kahia, J. & Ofori, D.** 2014b. Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire. *Agroforest. Syst.*, 88: 1035-1045.
- Hulvey, K.B., Hobbs, R.J., Standish, R.J., Lindenmayer, D.B., Lach, L. & Perring, M.P.** 2013. Benefits of tree mixes in carbon plantings. *Nature Climate Change*, 3: 869-874.
- IIED.** 2014. *The state of sustainability initiative review*. London, International Institute for Environment and Development (IIED).
- Ingram, V., Ndoye, O., Midoko Iponga, D., Tieguhong Chupezi, J. & Nasi, R.** 2012. Les produits forestiers non ligneux: contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. In C. de Wasseige, P. de Marcken, N. Bayol, F. Hiol Hiol, Ph. Mayaux., B. Desclée, R. Nasi, A. Billand, P. Defoumy & R. Eba'a Atyi, eds. *Les Forêts du Bassin du Congo - état des Forêts 2010*, pp: 137-154. Luxembourg, Office des publications de L'Union Européenne. 276 pp.
- Isaac, M.E., Timmer, V.R. & Quashie-Sam, S.J.** 2007. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 78(2): 155-165.
- Isik, F. (ed.).** 2006. *Low Input Breeding and Conservation of Forest Genetic Resources*. Proceedings of the IUFRO Division 2 Joint Conference, Antalya, Turkey, 9-13 October 2006.
- Jamnadass, R., Place, F., Torquebiau, E., Malézieux, E., Iiyama, M., Sileshi, G.W., Kehlenbeck, K., Masters, E., McMullin, S. & Dawson, I.K.** 2013. Agroforestry for food and nutritional security. *Unasylva*, 241: 23-29.
- Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F.E., Davis, A., Borgemeister, C. & Chabi-Olaye, A.** 2011. Some Like it Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and Coffee Production in East Africa. *PLoS ONE*, 6(9): e24528. doi: 10.1371/journal.pone.0024528.
- Kehlenbeck, K., Asaah, E. & Jamnadass, R.** 2013 Diversity of indigenous fruit trees and their contribution to nutrition and livelihoods in sub-Saharan Africa: Examples from Kenya and Cameroon. In J. Fanzo, D. Hunter, T. Borelli & F. Mattei, eds. *Diversifying Food and Diets: Using Agricultural Biodiversity to Improve Nutrition and Health*, pp. 257-269. New York, USA, Earthscan Routledge.
- Kindt, R., Van Damme, P. & Simons, A.J.** 2006a. Patterns of species richness at varying scales in western Kenya: planning for agroecosystem diversification. *Biodiversity and Conservation*, 15: 3235-3249.



- Kindt, R., Van Damme, P., Simons, A.J. & Beekman, H.** 2006b. Planning tree species diversification in Kenya based on differences in tree species composition between farms. I. Analysis of tree uses. *Agroforestry Systems*, 67: 215-228.
- Koko, L.K., Yoro, G., Goran, K.N., Assiri, A.A. & Assa, A.** 2006. *Identification des caractères morphopédologiques liés à la dégradation précoce des cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire*. 15^e Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, San José, Costa-Rica. 10 pp.
- Koskela, J., Vinceti, B., Dvorak, W., Bush, D., Dawson, I.K., Loo, J., Kjaer, E.D., Navarro, C, Padolina, C, Bordács, S., Jamnadass, R., Graudal, L. & Ramamonjisoa, L.** 2014. Utilization and transfer of forest genetic resources: a global review. *For. Ecol. Manage.*, 333: 22-34.
- Läderach, P., Lundy, M., Jarvis, A., Ramirez, J., Perrez Portilla, E., Schepp, K. & Eitzinger, A.** 2011. Predicted impact of climate change on coffee supply chains. In W.L. Filho, ed. *The Economic, Social and Political Elements of Climate Change Management*, pp. 703-723. Berlin, Springer-Verlag.
- Lin, B.** 2011. Residence in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61(3): 183-193.
- Loreau, M.S., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D. & Wardle, D.A.** 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294: 804-808.
- Lundy, M. & Gottret, M.V.** 2007. Learning Alliances: An approach for building multi-stakeholder innovation systems. In S.J. Smits, P.B. Moriarty & C. Sijbesma, eds. *Learning alliances: Scaling up innovations in water, sanitation and hygiene sector*. Technical Paper Series No. 47. Deft, the Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Collinge, D.B., Thomsen, I.M., Hansen, J.K. & Kjaer, E.D.** 2014. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology*, 63(3): s.485-499.
- Minang, P.A., Duguma, L.A., Alemagi, D. & van Noordwijk, M.** 2015. Scale considerations in landscape approaches. In P.A. Minang, M. van Noordwijk, O.E. Freeman, C. Mbow, J. de Leeuw & D. Catacutan, eds. *Climate-Smart Landscapes: Multifunctionality In Practice*, pp 121-133. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Mouen Bedimo, J.A., Dufour, B.P., Cilas, C. & Avelino, J.** 2012. Effects of shade trees on Coffee Arabica pests and diseases. *Cahiers Agricultures*, 21: 89-97.
- OMS.** 2015. *Nutrition* (disponible en: www.who.int/nutrition/challenges/en/; consultado en mayo de 2015).
- Orwa, C, Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. & Simons, A.** 2012. *Agroforestry database: a tree reference and selection guide*. Version 4.0 (disponible en: www.worldagroforestry.org/af/treedb/).
- Place, F., Adato, M., Hebinck, P. & Omosa, M.** 2007. Impacts of agroforestry-based soil fertility replenishment practices on the poor in Western Kenya. In M. Adato & R. Meinzen-Dick, eds. *Agricultural research, livelihoods, and poverty: Studies of economic and social impacts in six countries*. Baltimore, MD, USA, The Johns Hopkins University Press.
- PNUMA.** 2012. *Land Health Surveillance: An evidence-based approach to land ecosystem management, illustrated with a Case Study in the West Africa Sahel*. Nairobi.
- Priess, J.A., Mimler, M., Klein, A.M., Schwarze, S., Tschardtke, T. & Steffan-Dewenter, I.** 2007. Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. *Ecological Applications*, 17: 407-417.
- Rahn, E., Läderach, P., Baca, M., Cressy, C, Schroth, G., Malin, D., van Rikxoort, H. & Shriver, J.** 2014. Climate change adaptation, mitigation and livelihood benefits in coffee production: where are the synergies? *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 19(8): 1119-1137.
- Ricketts, K.D., Turvey, C.G. & Gómez, M.I.** 2014. Value chain approaches to development: Smallholder farmer perceptions of risk and benefits across three cocoa chains in Ghana. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economics*, 4: 2-22.



- Ruf, F. 1991. Les crises cacaoyères. La malédiction des âges d'or? *Cahiers d'études africaines*, 31(121-122): 83-134.
- Ruotsalainen, S. 2014. Increased forest production through forest tree breeding. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4): 333-344.
- Sanchez, P.A., Denning, G.L. & Nziguheba, G. 2009. The African Green Revolution moves forward. *Food Security*, 1(1): 37-44.
- Shepherd, K.D., Shepherd, G. & Walsh, M.G. 2015. Land health surveillance and response: A framework for evidence-informed land management. *Agricultural Systems*, 132: 93-106.
- Shepherd, K.D. & Walsh, M.G. 2007. Infrared spectroscopy-enabling an evidence-based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 15:1-19.
- Siegel, K.R., Ali, M.K., Srinivasiah, A., Nugent, R.A. & Narayan, K.M.V. 2014. Do we produce enough fruits and vegetables to meet global health need? *PLoS One*, 9: e104059.
- Siles, P., Harmand, J.M. & Vaast, P. 2010. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 78: 269-286.
- Sileshi, G., Akinnifesi, F.K., Debusho, L.K., Beedy, T., Ajayi, O.C. & Mong'omba, S. 2010. Variation in maize yield gaps with plant nutrient inputs, soil type and climate across sub-Saharan Africa. *Field Crops Research*, 11:1-13.
- Smith Dumont, E., Gnahoua, G.M., Ohouo, L., Sinclair, F. & Vaast, P. 2014. Farmers in Côte d'Ivoire value integrating tree diversity in cocoa for the provision of environmental service. *Agroforest. Syst.*, 88: 1047-1066.
- Somarriba, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espina, T., Mavisoya, H., Ávila, G., Alvarado, E., Poveda, V., Astorga, C., Saya, E. & Deheuvels, O. 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agric. Ecosyst Environ.*, 173: 46-57.
- Stadlmayr, B., Charrondiere, R., Eisenwagen, S., Jamnadass, R. & Kehlenbeck, K. 2013. Nutrient composition of selected indigenous fruits from sub-Saharan Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 2627-2636.
- Stoian, D., Donovan, J., Fisk, J. & Muldoon, M. 2012. Value Chain Development for Rural Poverty Reduction: A Reality Check and a Warning. *Enterprise Development and Microfinance*, 23(1): 54-69.
- Thiele, G., Devaux, A., Reinoso, I., Pico, H., Montesdeoca, F., Pumisacho, M., Andrade-Piedra, J., Velasco, C., Flores, P.I., Esprella, R., Thomann, A., Manrique, K. & Horton, D. 2011. Multi-stakeholder platforms for linking small farmers to value chains: Evidence from the Andes. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(3): 423-433.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S.A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D. & Wanger, T.C. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - a review. *J. Appl. Ecol.*, 48(3): 619-629.
- Vaast, P. & Somarriba, E. 2014. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agroforest. Syst.*, 88: 947-956.
- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J., Guyot, B. & Genard, M. 2006. Fruit thinning and shade influence bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L). *J. Sci. Food Agr.*, 86: 197-204.
- Vågen, T.G., Shepherd, K.D. & Walsh, M.G. 2006. Sensing landscape level change in soil fertility following deforestation and conversion in the highlands of Madagascar using Vis-NIR spectroscopy. *Geoderma*, 133(3): 281-294.
- Vågen, T.G., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Winowiecki, L., Desta, L.T. & Tondoh, J.E. 2010. *AfSIS technical specifications: soil health surveillance*. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Vågen, T., Winowiecki, L., Abegaz, A. & Hadgu, K.M. 2013. Landsat-based approaches for mapping of land degradation prevalence and soil functional properties in Ethiopia. *Remote Sensing of Environment*, 134: 266-275.



12

AGROECOLOGÍA: LA INTEGRACIÓN CON LA GANADERÍA

Jean-François Soussana^{1,5}, Muriel Tichit², Philippe Lecomte³, Bertrand Dumont⁴

¹ INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica), París, Francia e INRA, Clermont-Ferrand, Francia

² INRA, París, Francia

³ CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo) INRA SupAgro, Montpellier, Francia

⁴ INRA, Saint-Genès-Champanelle, Francia

⁵ Autor para correspondencia

Correo electrónico: Jean-Francois.Soussana@paris.inra.fr



© IFPRI/ Milo Mitchell



Resumen

Aunque los sistemas ganaderos son un importante activo mundial que contribuye a la seguridad alimentaria y la mitigación de la pobreza, las cadenas de suministro ganadero tienen importantes repercusiones ambientales a escala global. La literatura científica sobre la agroecología todavía no ha integrado a los sistemas ganaderos; sólo el 5 por ciento de los estudios indizados relativos a la agroecología trata de la ganadería. Siguiendo a Dumont *et al.* (2013), examinamos cinco principios para la integración de los sistemas ganaderos en el debate agroecológico: i) adopción de prácticas de manejo que se propongan mejorar la salud animal; ii) reducción de los insumos necesarios para la producción; iii) reducción de las emisiones; iv) aumento de la diversidad en los sistemas de producción animal para fortalecer su

resiliencia, y v) conservación de la biodiversidad mediante la adaptación de las prácticas de manejo. A través de varios estudios de casos en diferentes regiones del mundo, mostramos que los aspectos fundamentales que sustentan los sistemas ganaderos agroecológicos son el mayor uso de la biodiversidad, la integración de cultivos y ganadería dentro de un paisaje diversificado y la recombinación de los ciclos de los principales elementos. Para los sistemas intensivos sin tierra, examinamos la forma en que los principios de reciclaje derivados de la ecología industrial pueden complementar a los de la agroecología. Concluimos que, al evaluar los sistemas ganaderos agroecológicos, se necesitan criterios de rendimiento que vayan mucho más allá de la productividad anual.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos ocupan aproximadamente el 35 por ciento de la superficie terrestre mundial libre de hielo: 3 400 millones de hectáreas de pastizales y 350 millones de hectáreas de cultivos forrajeros (Foley *et al.*, 2011). Estos sistemas son un importante activo mundial, cuyo valor asciende al menos a 1,4 billones de dólares EE.UU.; además, son fundamentales para los medios de vida. Más de 800 millones de personas pobres dependen de la ganadería para su supervivencia y el sector contribuye al empleo de al menos el 20 por ciento de la población mundial (Herrero *et al.*, 2013). Los rumiantes pueden producir alimentos en tierras no cultivables (a causa de la pendiente, la elevación y el clima), y transformar en productos comestibles recursos no utilizados para el consumo humano, como las hierbas y el forraje. Sin embargo, utilizar tierras de cultivo altamente productivas para producir piensos, inclusive de manera eficiente, reduce la oferta potencial mundial de calorías alimentarias (Foley *et al.*, 2011). La cría de ganado sirve de seguro y constituye una estrategia esencial de reducción de riesgos



para las comunidades vulnerables, al tiempo que proporciona nutrientes y tracción animal para la actividad agrícola en los sistemas de pequeñas granjas. La carne, la leche y los huevos aportan el 18 por ciento de las calorías para el consumo humano y cerca del 35 por ciento de las proteínas y micronutrientes esenciales (por ejemplo, vitaminas, minerales, ácidos grasos no saturados) (Herrero *et al.*, 2013). Sin embargo, existen grandes diferencias en el consumo de carne y leche entre los países ricos y pobres.

Los sistemas extensivos de pastoreo ocupan el mayor porcentaje de la tierra utilizada para la ganadería. Estos sistemas ayudan a mantener los servicios ecosistémicos, la biodiversidad y las existencias de carbón, pero pueden contribuir también a la degradación de la tierra, en especial en zonas áridas. La producción de los sistemas de pastoreo en el mundo en desarrollo es modesta, debido principalmente a la baja productividad, la reducida disponibilidad de piensos y la mala calidad de los recursos de piensos en regiones predominantemente áridas (Herrero *et al.*, 2013).

La ganadería desempeña un papel importante en los sistemas agrícolas en pequeña escala del África subsahariana (Vall *et al.*, 2006). Los sistemas basados en pastizales abarcan una amplia superficie del continente, pero los sistemas integrados de producción agropecuaria sostienen la mayoría de los medios de vida rurales y urbanos, y contribuyen considerablemente a la seguridad alimentaria. Los agricultores a menudo venden ganado para comprar alimentos en caso de malas cosechas. Muchas veces, el ganado se cría principalmente para apoyar la producción agrícola, pues la carne y la leche se consideran subproductos útiles de la actividad ganadera. Los residuos de los cultivos constituyen una parte importante de la dieta del ganado en los sistemas integrados, mientras la parte restante la aportan los pastizales, cuya gestión a menudo es comunitaria. En los países industrializados, y de manera creciente en los países en desarrollo, una parte de la demanda de productos cárnicos y lácteos es cubierta por los sistemas industriales, que recurren más a los mercados de piensos que a las tierras locales para los insumos forrajeros (Herrero *et al.*, 2013).

Factores como el crecimiento de la población, los cambios en las dietas, la urbanización, la evolución de las políticas y los contextos institucionales, y la expansión de los mercados influyen considerablemente en los sistemas ganaderos. Aunque el consumo de carne ha comenzado a reducirse en algunos países de Europa occidental, se prevé que la demanda de productos animales aumente aun más en los países en desarrollo. La FAO prevé un gran aumento de la demanda de productos lácteos y productos cárnicos (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Aun cuando se supongan mejoras constantes en la eficiencia de la alimentación en cada sistema de producción, el desplazamiento de la producción de los países desarrollados a los países en desarrollo implica que probablemente la eficiencia de la alimentación animal progresará en general a un ritmo menor en el futuro que en el pasado (Gerber *et al.*, 2013).

Las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) causadas por el conjunto de las cadenas de suministro ganadero representan actualmente casi el 15 por ciento del total de las emisiones antropógenas de GEI (Gerber *et al.*, 2013). Los sistemas de producción ganadera emiten el 37 por ciento del metano antropógeno (CH_4), procedente en su mayor parte de la fermentación entérica de los rumiantes. Además, los sistemas ganaderos generan el 65 por ciento de las emisiones antropógenas de óxido nitroso, procedente en su gran mayoría del estiércol, y el 9 por ciento de las emisiones antropógenas mundiales del dióxido de carbono (CO_2). El porcentaje



mayor (7 por ciento) de estas emisiones de CO₂ se deriva de cambios en el uso de la tierra, en especial la deforestación ocasionada por la expansión de los pastizales y de la tierra arable utilizada para cultivos forrajeros (Gerber *et al.*, 2013). Sin embargo, el potencial de secuestro global de carbono orgánico de los suelos se estima en 0,01-0,3 gigatoneladas de C por año en 3 700 millones de hectáreas de pastos permanentes (Lal, 2004). Por consiguiente, el secuestro de carbono del suelo por los pastos permanentes mundiales puede potencialmente compensar hasta el 4 por ciento de las emisiones mundiales de GEI. Esto se puede lograr mediante la mejora del manejo de las tierras de pastoreo y la restauración de las tierras degradadas. Reducir la excesiva fertilización por nitrógeno y sustituir los fertilizantes minerales nitrogenados por la fijación biológica del nitrógeno, así como evitar fuegos en la sabana, mejorar la nutrición animal para reducir el CH₄ de la fermentación entérica y mejorar el manejo del estiércol son otros factores que también pueden cumplir una función importante (Lal, 2004; Gerber *et al.*, 2013).

Para 2050, el consumo mundial de productos animales podría aumentar hasta en un 70 por ciento, con el consiguiente aumento de las emisiones ganaderas de GEI (Herrero *et al.*, 2013). Los sistemas de producción agrícola basados en la ganadería resultan afectados por el cambio climático mediante las repercusiones en la cantidad y la calidad de los piensos, y a través de los efectos directos del calor y la disponibilidad de agua en la producción, la fertilidad y la sobrevivencia de animales. Aunque, en general, los animales son menos vulnerables a la sequía, las sequías extremas pueden exterminar los hatos regionales (Morton, 2007).

Dado que se cuestiona cada vez más las externalidades negativas asociadas a los actuales sistemas de producción animal, es oportuno preguntarse qué puede proponer la agroecología para rediseñar los sistemas de producción ganaderos. Existe un número creciente (aunque todavía relativamente pequeño) de estudios científicos que combinan 'ganadería' y 'agroecología' como palabras claves (650 estudios indizados desde el decenio de 1970 en todas las bases de datos). La mayoría de estos estudios están indizados en tres esferas de investigación: agricultura, medio ambiente/ecología y ciencias veterinarias. En comparación, existen cinco veces más estudios indizados sobre ganadería y sostenibilidad ambiental y este número se multiplica por nueve cuando se tienen en cuenta todos los estudios que tratan de cuestiones ambientales en relación con el ganado, con un subconjunto importante (10 000 aproximadamente) de estos estudios que se ocupan de ecología y biodiversidad. Por consiguiente, a pesar de la abundancia de estudios de ecología y medio ambiente que tratan de la ganadería, pocos han adoptado la perspectiva agroecológica. Del mismo modo, sólo el 5 por ciento de los estudios indizados relativos a la agroecología incluyen la palabra clave 'ganadería'. Por tanto, la literatura científica no ha logrado integrar la ganadería en la agroecología, y la agroecología tampoco ha sido un paradigma dominante en los estudios ambientales relacionados con la ganadería.

Otros enfoques en la literatura consideran que la optimización de los sistemas ganaderos podría basarse en la ecoeficiencia (véase, por ejemplo, Wilkins, 2008), es decir, la maximización de la producción animal por unidad de insumos o de recursos naturales. Este enfoque surgió en el marco de estudios que se proponían reducir el consumo de energía y materias primas en la industria. Sin embargo, la producción animal está enmarcada en procesos ecológicos y sociales, con los bienes y servicios ecosistémicos que respaldan las actividades tecnológicas de la zootecnia.



Figura 1. **Cinco principios ecológicos para un nuevo diseño de los sistemas de producción animal**



Fuente: Dumont et al., 2013

Además, debido a su carácter orgánico, los productos animales y sus subproductos asociados se reciclan en última instancia en múltiples círculos dentro de los ciclos biogeoquímicos, como los ciclos del carbono y el nitrógeno. Por consiguiente, el simple paradigma de la ecoeficiencia (es decir, 'producir más con menos') puede ser un concepto demasiado lineal e insuficiente para optimizar los sistemas de producción ganadera basados en la ecología.

En su influyente obra sobre la agroecología y los sistemas alimentarios, Gliessman (2007) afirmó que:

"los problemas tienen su origen no tanto en los animales mismos o en su uso como alimento, sino en la forma en que los animales están incorporados a los agroecosistemas y sistemas alimentarios actuales. Los animales pueden cumplir muchas funciones beneficiosas en los agroecosistemas y, por tanto, contribuir de manera considerable a la sostenibilidad."

Numerosos estudios sobre ecología del pastoreo, comportamiento animal y sistemas agrícolas han tratado de la integración de los animales de granja en ecosistemas manejados desde un punto de vista agrícola, pero no a través de los lentes de la agroecología.

Sólo recientemente un examen ha tratado por primera vez de las perspectivas de la agroecología en el sector de la producción animal (Dumont et al., 2013). Este examen abarca una amplia diversidad de sistemas ganaderos (esto es, sistemas de pastoreo, mixtos e industriales)



y demuestra la manera en que los principios agroecológicos se pueden aplicar a la mayoría de los sistemas, aunque no posiblemente a todos. En el caso de los sistemas intensivos donde los animales se crían en las instalaciones de la granja, los principios de reciclaje derivados de la ecología industrial podrían complementar los de la agroecología.

Dumont *et al.* (2013) han propuesto cinco principios para que se optimicen en los sistemas de producción animal: i) adoptar prácticas de manejo que tengan por finalidad mejorar la salud animal; ii) reducir los insumos necesarios para la producción; iii) disminuir la contaminación mediante la optimización del funcionamiento biogeoquímico de los sistemas agrícolas; iv) aumentar la diversidad dentro de los sistemas de producción animal para reforzar su resiliencia, y v) conservar la biodiversidad en los agroecosistemas mediante la adaptación de las prácticas de manejo (Figura 1). Cada uno de estos principios (u objetivos) se basa en procesos ecológicos. Por consiguiente, la cría de animales se ve a través de un paradigma derivado de la ecología. En las siguientes secciones examinaremos cada uno de estos cinco principios y la manera en que se pueden aplicar a los sistemas de producción animal a lo largo de un amplio gradiente de intensificación.

GESTIÓN INTEGRADA DE LA SANIDAD ANIMAL

Aplicar la agroecología a la cuestión de la sanidad animal supone centrarse en las causas de las enfermedades animales con miras a reducir su incidencia. Por consiguiente, se prestará una gran atención a la elección de los animales adaptados a su ambiente y a la utilización de una serie de prácticas de gestión que favorezcan las adaptaciones de los animales y fortalezcan sus sistemas inmunitarios. Los animales manifiestan señales morfológicas (tamaño corporal pequeño, poco pelo o pocas plumas, etc.), fisiológicas (reciclaje de la urea, crecimiento compensatorio, etc.) o comportamental (alimentación nocturna, selección de dietas menos fibrosas, etc.) de adaptación al calor o a otros entornos difíciles. Las especies o razas locales que han sido seleccionadas en entornos tropicales son menos resistentes a los tripanosomas, los parásitos gastrointestinales y las garrapatas.

La adaptación de las prácticas de gestión también puede fortalecer los sistemas inmunitarios de los animales y reducir la sensibilidad a los patógenos. Esto es muy importante para los cerdos, las aves de corral y los conejos. Por ejemplo, se ha demostrado que la mezcla de animales suprime la respuesta inmunitaria a la vacuna viral en los cerdos, como consecuencia del aumento del estrés, (de Groot *et al.*, 2001), por lo que se debe evitar en la medida de lo posible. En las aves de corral, la susceptibilidad al estrés alimentario depende de las cepas genéticas, lo que pone de manifiesto en mayor medida la importancia de escoger los genotipos adaptados a determinados entornos y objetivos de producción. En los cerdos, unas condiciones higiénicas estrictas alteraron el desarrollo de la microflora digestiva y estimularon los genes de respuesta inflamatoria (Mulder *et al.*, 2009). Separar muy temprano a los animales recién nacidos de sus madres puede debilitar el desarrollo de la inmunidad. Por el contrario, algunos experimentos han demostrado que la adopción de conejos de un día de nacidos por parte de hembras reproductoras posibilita la implantación temprana de una microbiota diversa y funcional que aumenta su



resistencia a los patógenos (Gidenne *et al.*, 2010). Para todas estas especies, la gestión del tamaño y la estructura genética de los grupos de animales, y el modo en que comparten las instalaciones (por ejemplo, sistemas que permiten aislar a los animales enfermos del resto del grupo), combinados con herramientas para la detección temprana de enfermedades, limitarán la necesidad de utilizar medicamentos químicos (Dumont *et al.*, 2014).

En los sistemas basados en pastizales con pastoreo de rotación, la explotación mixta de varias especies en la misma finca limita el contacto que cada especie tiene con sus patógenos específicos, al limpiar los pastos de parásitos utilizando especies no susceptibles. Una práctica integrada de gestión sanitaria en sistemas orgánicos de granjas de ovejas, utiliza un tratamiento preventivo antiparasitario con plantas ricas en taninos antes que las ovejas hembras regresen al pastizal. Este sistema se beneficia del pastoreo de rotación, dado que el número de larvas de nematodos disminuye en las parcelas en las que los animales no han apacentado por un determinado período de tiempo. A los corderos se les lleva a apacentar a pastos recién sembrados o a zonas de recrecimiento muy nutritivas en praderas de pasto cortado para reducir el riesgo de infestación por nematodos. Cuando no se disponen de otras medidas, se recurre al tratamiento selectivo de ovejas muy infectadas mediante el uso de medicamentos químicos, basándose en indicadores individuales como la anemia y la diarrea (Cabaret, 2007).

Algunas especies de leguminosas ofrecen oportunidades para mejorar la salud animal utilizando menos medicamentos a través de la presencia de metabolitos secundarios bioactivos (Lüscher *et al.*, 2014). Además de un efecto antiparasitario directo, las plantas ricas en taninos también pueden tener algunos efectos indirectos al aumentar la resistencia de los hospedantes. La observación de que los rumiantes enfermos pueden consumir sustancias que contienen ingredientes activos capaces de mejorar su salud y que no forman parte de su dieta normal, respalda la hipótesis de que los animales pueden automedicarse. Los corderos infectados con parásitos también aumentan ligeramente su consumo de alimentos que contienen taninos mientras experimentan una carga parasitaria (Villalba *et al.*, 2010). Por consiguiente, la autoselección de metabolitos secundarios vegetales constituye una posible fuente de alternativas a los medicamentos químicos en los sistemas pastorales.

En Kenia, se ha demostrado que los recursos forrajeros adicionales de los sistemas 'rechazo-atracción', utilizando gramíneas y leguminosas nativas, contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas ganaderos al mejorar la sanidad animal (Hassanali *et al.*, 2008). En Madagascar, como alternativa a los antibióticos, se utilizan aceites esenciales, que además pueden repeler los insectos mordedores que atacan al ganado (por ejemplo, el aceite de geranio contra *Stomoxys calcitrans* y extractos de *Jatropha* spp. como antiparasitario). Esto puede ayudar a prevenir los efectos perjudiciales en la macrofauna del suelo derivados del uso de productos veterinarios (Ratnadass *et al.*, 2013).

La acuicultura está creciendo rápidamente como un sector de la producción animal. Aunque el sector sigue estando dominada por los mariscos y los peces de estanque herbívoros y omnívoros, que utilizan completa o parcialmente la productividad natural, la globalización del comercio y los incentivos económicos favorables para la producción intensiva en gran escala han impulsado el rápido crecimiento de la producción de especies carnívoras, como el salmón, el camarón y el pez gato. La mayoría de los sistemas de acuicultura depende de los bienes y servicios ambientales



proporcionados gratuitamente o a bajo costo (Bostock *et al.*, 2010). En la acuicultura, el control de la calidad del agua es fundamental para la gestión sanitaria. En los sistemas intensivos, una alternativa a los antibióticos es el uso de probióticos y prebióticos para modular la microflora intestinal, proporcionados a través de los alimentos o directamente en el agua. (Balcázar *et al.*, 2006). Los probióticos y prebióticos pueden mejorar la salud, la resistencia a las enfermedades, los resultados del crecimiento y la composición corporal de los peces. Por ejemplo, alimentar a las larvas del rodaballo (*Scophthalmus maximus*) con rotíferos enriquecidos en bacterias de ácido lácteo brinda protección contra una *Vibrio* sp. patogénica, y aumenta el peso medio y el índice de supervivencia en comparación con las larvas de rodaballo de control (Gatesoupe, 1994).

USO REDUCIDO DE INSUMOS AGRÍCOLAS EXTERNOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PIENSOS

Un gran porcentaje de la tierra cultivable del mundo está destinada a la producción de piensos (como granos, semillas oleaginosas, leguminosas y forraje), que en 2005 alcanzaron 208 millones de toneladas de proteínas por año, esto es el 38 por ciento de la producción mundial de proteínas procedente de las tierras cultivables¹. En comparación, se estima que los pastizales contribuyeron con 300 millones de toneladas de proteínas por año a la nutrición de los rumiantes en 2005 (Soussana *et al.*, 2013). La producción de alimentos para el ganado requiere una variedad de insumos, como sustancias químicas, fertilizantes, plaguicidas y, en algunas regiones, grandes cantidades de agua para el riego. Además, el ganado tiene amplias repercusiones directas e indirectas en el uso de la tierra, principalmente a través de la expansión de los pastizales y cultivos herbáceos hacia las zonas forestales tropicales.

Por tanto, un reto importante es reducir los insumos necesarios para la producción y aumentar la eficiencia de los sistemas de producción animal para minimizar las repercusiones directas e indirectas en el medio ambiente. Esto se puede realizar aumentando la eficiencia de la conversión de piensos del ganado y utilizando fuentes de piensos (por ejemplo, residuos de cultivos, subproductos agrícolas, desechos domésticos, pastizales, ramoneo) que no compiten con los suministros alimentarios humanos, aumentando de este modo la seguridad alimentaria y reduciendo los daños ambientales.

La mejora de la eficiencia de la utilización de nutrientes por parte de los animales puede ayudar a reducir tanto la importación de nutrientes en la granja como las emisiones. La investigación se ha centrado inicialmente en los cerdos y las aves de corral, dado que estas especies compiten directamente con el suministro de alimentos para el consumo humano. La baja digestibilidad del fósforo en los piensos para cerdos se mitigó parcialmente complementando la alimentación con fitasa microbiana natural, una enzima que solubiliza el fósforo en forma inmóvil (Dourmad *et al.*, 2009). La excreción de nitrógeno y fósforo y las emisiones de GEI por animal se pueden manipular a través de la dieta (por ejemplo, para la mitigación de las emisiones de CH₄ en los

¹ Calculado a partir de FAOSTAT en 2012 (véase: <http://faostat3.fao.org/home/E>).



rumiantes) o mediante prácticas de alimentación adecuadas (por ejemplo, alimentación por partes para reducir la excreción de nitrógeno y fósforo en los cerdos) (Dourmad *et al.*, 2009; Martín *et al.*, 2010).

Los beneficios de la mejora de la eficiencia de la utilización de piensos se pueden ampliar mediante la aplicación de prácticas de alimentación adecuadas. Por ejemplo, en gallinas ponedoras, la alimentación secuencial con granos de trigo y concentrados de proteínas y minerales puede mejorar la conversión de piensos, y facilitar el uso de alimentos para animales locales introducidos como granos enteros, reduciendo de este modo los costos de la alimentación (Faruk *et al.*, 2010). En los sistemas de producción orgánica de huevos, alentar a las gallinas a tener un comportamiento de alimentación natural redujo la importación de nutrientes en el sistema. Las gallinas ponedoras altamente productoras pudieron alimentarse con cultivos compuestos de hierba/trébol, arveja/algarroba/avena, altramuz y quinua sin efectos negativos para la salud o el rendimiento (peso de los huevos y peso corporal) (Horsted y Hermansen, 2007). En otro ejemplo, los gansos que se alimentaron de hierbas no fertilizadas cultivadas entre hileras de árboles en una plantación de nueces aumentaron la producción de nueces en un 26 por ciento y el crecimiento de los árboles en un 6 por ciento (Dubois *et al.*, 2008). No se produjo contaminación microbiana (por ejemplo, *Escherichia coli*) de los frutos cuando los gansos fueron retirados al menos dos meses antes de la cosecha.

Los sistemas de alimentación basados en recursos naturales y subproductos agrícolas permiten liberar recursos para el suministro de alimentos para el consumo humano. Los pastizales permanentes y las praderas son un recurso natural barato. Por otro lado, las principales limitaciones de los sistemas de alimentación basados en pastizales son las amplias superficies necesarias para compensar la baja productividad y calidad del forraje, lo que aumenta los trabajos en la granja (por ejemplo, construcción de cercos, guarda de ovejas), y la variabilidad estacional y anual de la cantidad y calidad de los recursos forrajeros (Jouven *et al.*, 2010). Esto reduce la eficiencia de la alimentación en los sistemas de pastoreo, lo que da lugar a elevadas emisiones entéricas de CH₄ por unidad de carne o de leche producida (Gerber *et al.*, 2013). Sin embargo, los sistemas extensivos de pastoreo tienen bajas emisiones de GEI por unidad de superficie y las emisiones procedentes del ganado se compensan parcialmente por el secuestro de carbono del suelo (Lal, 2004).

Existen muchos ejemplos de recursos de piensos alternativos y baratos (por ejemplo, paja de mijo, trigo, avena, cebada) que se utilizan como suplemento alimenticio para los rumiantes, caballos y burros en muchos agroecosistemas en todo el mundo. Los subproductos de cultivos alimentarios, como las hortalizas de desecho y los residuos de frutas después de la extracción del zumo, se pueden utilizar como suplementos (Gliessman, 2007). Varios forrajes tropicales son una alternativa viable a la harina de soja en las dietas de los corderos (Archimède *et al.*, 2010) o la cría de cerdos (Kambashi *et al.*, 2014). Cerca de 1 400 fuentes de alimentación del ganado de todo el mundo están indizadas en el sistema de información libre *Feedipedia* establecido conjuntamente por el INRA, el CIRAD, la Asociación Francesa de Zootecnia (AFZ) y la FAO². Este

² Disponible en: www.feedipedia.org



sistema de información muestra que muchas fuentes no convencionales pueden integrarse en los sistemas de alimentación, entre ellas, los múltiples subproductos de la producción vegetal y la elaboración de alimentos de origen vegetal. La agroecología, debido a que en general aumenta la diversidad de las especies de cultivos producidas y elaboradas en la granja, abre muchas opciones para el diseño de sistemas de alimentación del ganado utilizando menos energía, fertilizantes y agua de riego. La tracción animal para la preparación de la tierra y el transporte reduce aun más el uso de energía en los sistemas extensivos de granjas tropicales.

Debido a las necesidades concurrentes de agua potable, higiene y energía, es imperioso mejorar la gestión del agua en la acuicultura. Se han desarrollado varias tecnologías para ofrecer soluciones a la limitación de los recursos hídricos y la degradación de la calidad del agua. Entre estas figuran los sistemas de recirculación acuícolas (Martins *et al.*, 2010), y las instalaciones de acuicultura integrada intensiva que se pueden establecer en aguas costeras, en entornos de alta mar o en estanques, y adaptar a varias combinaciones de peces, camarones, mariscos, erizos, plancton y algas marinas (Neori *et al.*, 2004; Gilles *et al.*, 2014). Estos sistemas sirven para reducir algunos de los insumos necesarios para la producción (por ejemplo, agua, nutrientes, tierra), pero tienen un consumo elevado de energía. Como lo indicó Martins *et al.* (2010), una pequeña tasa de intercambio de agua en los sistemas de recirculación acuícolas también puede crear problemas debidos a la acumulación de factores inhibidores del crecimiento procedentes de los peces (por ejemplo, cortisol), las bacterias (metabolitos) y los piensos (metales).

OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO BIOGEOQUÍMICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

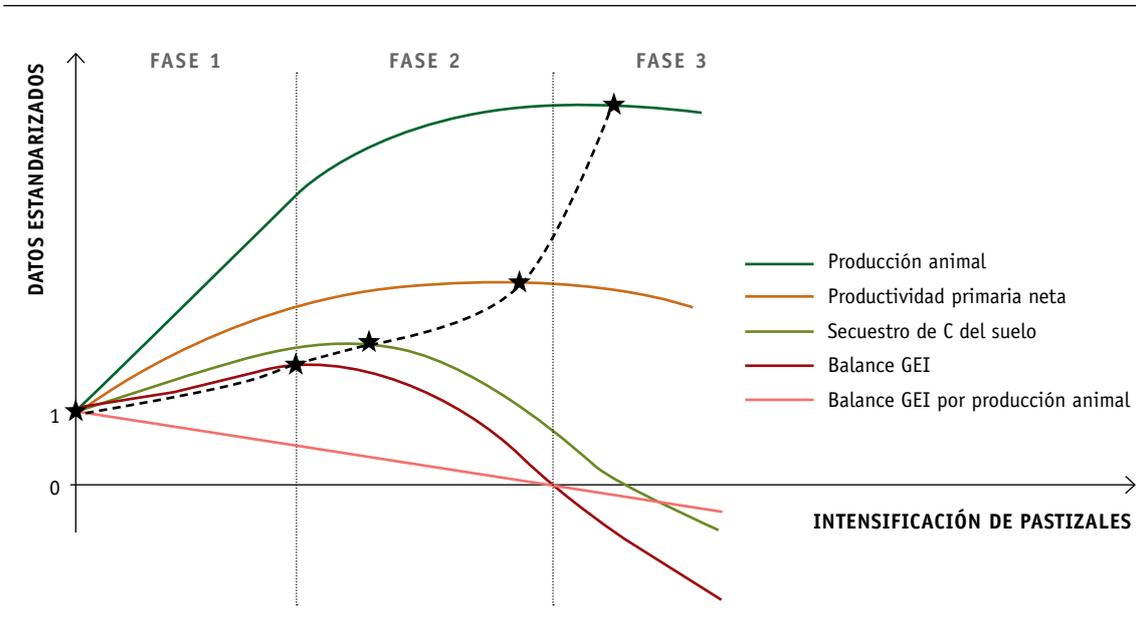
Reacoplamiento de los ciclos C-N-P en pastizales

En los pastizales extensivos, los ciclos del carbono, el nitrógeno y el fósforo se acoplan naturalmente mediante la autotropía de las plantas y la estabilización de la materia orgánica del suelo. Este acoplamiento está estrictamente regulado a través de un receptor de procesos biológicos y ecológicos, incluida la plasticidad de las plantas, la diversidad funcional de la comunidad de plantas y suelos, y las simbiosis radiculares que impulsan la fijación biológica del nitrógeno y la movilización del fósforo. Por consiguiente, la estequiometría³ de estos ciclos principales está controlada, lo que da lugar a relaciones de elementos convergentes en la materia orgánica del suelo. Sin embargo, los rumiantes suelen desacoplar los ciclos del carbono y el nitrógeno liberando carbono digestible en forma de CO₂ y CH₄, así como nitrógeno en altas concentraciones como nitrógeno reactivo en ruidos de orina. El fósforo de los excrementos animales se liga a las partículas del suelo, lo que reduce su movilidad siempre que la erosión del suelo sea reducida. A partir del decenio de 1950, la intensificación de los pastizales se ha basado principalmente en la fertilización con nitrógeno y fósforo mineral y orgánico, en el

³ La estequiometría mide las relaciones de masa de los elementos que están implicados en una reacción química. El análisis de las relaciones de masa también se utiliza para los ciclos biogeoquímicos.



Figura 2. Efectos de la intensificación de los pastizales por el pastoreo y el corte, y aplicación de fertilizante nitrogenado en la producción animal, productividad primaria neta, secuestro de carbono del suelo y balance de GEI por unidad de tierra y por unidad de producción animal



Las respuestas se han estandarizado en uno para un sistema pastoral de control no intensificado antes de la modernización de la agricultura animal. Las estrellas conectadas por un línea entrecortada muestran el valor máximo de cada variable. La intensificación de los pastizales combina la fertilización nitrogenada inorgánica y un aumento de la densidad de carga animal tras un cambio sustancial de gestión.

Fuente: Soussana y Lemaire, 2014

pastoreo (y el corte) controlado, y en la mejora de la vegetación mediante la introducción de gramíneas productivas y de alta calidad. La intensificación de los pastizales ha dado lugar a un aumento de la productividad de los pastos y a un incremento de la densidad de pastoreo. Aunque esto puede haber sido inicialmente beneficioso para el secuestro del carbono del suelo, ha favorecido el aumento de las emisiones entéricas de CH_4 y nitrógeno reactivo.

Las repercusiones ambientales de la intensificación de los pastizales están controladas por una compensación del aumento del acoplamiento C-N por la vegetación y el aumento del desacoplamiento C-N por los animales. La estimulación de la productividad de la vegetación mediante la aplicación adecuada de fertilizantes de nitrógeno y de fósforo aumenta la absorción y el almacenamiento del carbono, mientras que el aumento de la densidad de pastoreo reduce el tiempo medio de residencia del carbono en el ecosistema (Soussana y Lemaire, 2014). Por lo tanto, se puede determinar un umbral de intensificación de los pastizales por encima del cual toda producción animal adicional comportaría grandes riesgos ambientales (Figura 2).

La agroecología ofrece varios caminos específicos para garantizar una mayor sostenibilidad ambiental para la intensificación de los pastos. Los programas de mejoramiento centrados en la agroecología, las iniciativas de nutrición animal y la mejora de la sanidad animal a través de los medios antes mencionados pueden mejorar la productividad de los pastos y la calidad de



los herbazales, y de este modo mejorar la eficiencia de conversión de proteínas animales. La sustitución de los insumos de fertilizantes nitrogenados inorgánicos por la fijación biológica del nitrógeno y el reciclaje eficiente del nitrógeno orgánico procedente de los excrementos animales en sistemas integrados agropecuarios, puede aumentar los flujos de carbono en los productos animales y los suelos y, al mismo tiempo, reacoplar los ciclos C-N-P y reducir las pérdidas para el medio ambiente.

El manejo de pastizales con menos fertilizantes minerales nitrogenados y un mayor uso de la fijación biológica del nitrógeno es un objetivo adecuado para reducir los costos de los insumos, evitar las emisiones de GEI ocasionadas por el proceso de síntesis industrial y por el transporte de fertilizantes minerales nitrogenados, así como para aumentar la digestibilidad y el contenido de proteínas de los pastizales (Frame, 1986). A diferencia de los fertilizantes inorgánicos, la fijación biológica del nitrógeno permite introducir en el ecosistema cantidades de nitrógeno ya acopladas con el carbono correspondiente, lo que reduce las emisiones generales de N_2O (IPCC, 2006). La interacción simbiótica entre las plantas leguminosas y las bacterias *Rhizobium* ofrece la posibilidad única a la planta hospedante de acceder a la fuente ilimitada de nitrógeno atmosférico. Las leguminosas tienen una clara ventaja competitiva en los sistemas en que el nitrógeno es limitado. Sin embargo, cuando el nitrógeno abunda, la fijación de N_2 es costosa desde el punto de vista energético y los fijadores de N_2 suelen quedar excluidos por la competencia con las especies no fijadoras de nitrógeno (Soussana y Tallec, 2010).

Los sistemas de pastizales basados en leguminosas a menudo han resultado difíciles de gestionar, debido a que la proporción de leguminosas en las mezclas sembradas y en los pastizales permanentes fluctúa considerablemente de un año a otro, así como dentro de un solo período de crecimiento. Los beneficios de las leguminosas para los sistemas de producción de rumiantes son más efectivos en mezclas forrajeras de especies diversas, con una proporción de la leguminosa del 30-50 por ciento, que reducen los costos de producción, aumentan la productividad y la autosuficiencia de proteínas (Lüscher *et al.*, 2014). Las leguminosas sembradas también pueden contribuir a la restauración de pastos degradados, ofreciendo una solución beneficiosa para todos, que combina los aumentos en la productividad de las plantas, las reservas de carbono del suelo y la producción animal. Este plan se ha aplicado con éxito en Portugal mediante el uso de fertilización con fósforo y mezcla de especies ricas en gramíneas-leguminosas⁴. Los árboles forrajeros fijadores de nitrógeno también ofrecen una alternativa interesante (por ejemplo, *Acacia* spp., *Faidherbia* spp., *Gliricidia* spp.) debido a que se pueden utilizar para restaurar pastizales degradados y proporcionar forraje durante la sequía estacional, al tiempo que ofrecen sombra a los rebaños.

El mantenimiento de una amplia variedad de intensidades de pastoreo a nivel de paisaje puede utilizarse para conservar una diversidad de especies de pastos a esta escala (McIntyre *et al.*, 2003). El manejo de comunidades de pastizales para obtener una mezcla conveniente de rasgos de plantas y tipos funcionales de plantas contribuye al reacoplamiento de los ciclos del carbono y el nitrógeno, y a ajustar las fluctuaciones estacionales en la alimentación de los herbívoros domésticos (Pontes *et al.*, 2007). Además, la diversidad funcional aumenta la resistencia de

⁴ Para más información, véase: www.terraprima.pt



los pastizales templados a la invasión de malas hierbas en tapices herbáceos gestionados extensiva e intensivamente (Frankow-Lindberg *et al.*, 2009). En los pastos permanentes, la diversidad de pastizales puede reducir los riesgos de lixiviación de nitratos a través de la mayor complementariedad entre especies en la absorción del nitrógeno y la absorción de agua (De Deyn *et al.*, 2009).

Sistemas integrados de producción ganadera

Una granja integrada es aquella en que el ganado se incorpora en las operaciones de la granja, no solo como producto comerciable, sino para lograr sinergias entre las unidades de la granja (Gliessman, 2007). Estos sistemas demuestran complementariedad en el uso de los recursos cuando el ganado se alimenta con cultivos o forrajes (incluidos los árboles) que se producen en la granja, mientras el estiércol de la granja mejora la producción de cultivos y los ingresos del sistema de cultivos. A través de las interacciones espaciales y temporales entre las unidades de la granja, la integración del ganado contribuye a la regulación de los ciclos biogeoquímicos y los flujos ambientales de la atmósfera e hidrosfera. La incorporación de herbívoros emula aun más las funciones ecosistémicas, que pueden ayudar a mejorar la estabilidad del ecosistema agrícola. Los excrementos de unas especies se pueden incluso utilizar directamente como componente de las dietas confeccionadas para otras especies. Por ejemplo, las cabras enanas de África occidental se pueden mantener con una alimentación en la que se incluyan los excrementos de aves de corral, con el consiguiente aumento del peso vivo, mejores índices de conversión de piensos, mejores rendimientos de carcaza y, por último, mayores rendimientos económicos para los agricultores (Alikwe *et al.*, 2011). La mayor sinergia que se obtiene mezclando cultivos y animales se deriva del estiércol animal que se convierte en un recurso rico en nutrientes y constituye una fuente fundamental de energía para los microorganismos del suelo. Las granjas lecheras autosuficientes con reducido empleo de insumos en Bretaña, ilustran el modo en que las prácticas de gestión que reducen los costos (parte de los cultivos se utilizan como piensos producidos en el lugar y las mezclas de gramíneas-leguminosas se integran en las rotaciones de cultivos) pueden conducir a una estrategia beneficiosa para todos, que combina buenos rendimientos económicos y ambientales (Bonaudo *et al.*, 2014).

En el África subsahariana, en las granjas se pueden producir pilas de basura que contienen desechos domésticos, basura diaria y heces de pequeños rumiantes, junto con un poco de suelo. Confinar a los animales para facilitar la recolección de estiércol ayuda a producir fertilizantes orgánicos en cantidades considerables. Algunos agricultores añaden material diverso como aserrín, paja y restos de piensos para el corral o el establo, lo que aumenta en mayor medida la cantidad y el contenido de nutrientes del estiércol, dado que la basura retiene los nutrientes de la orina. Se puede producir compost doméstico en pozos cerca de la granja mezclando los excrementos animales, los residuos de piensos y cultivos y los desechos domésticos. Los agricultores pueden regar el pozo, girar el compost y cubrirlo para limitar las pérdidas de nitrógeno y favorecer la descomposición.

Se han estimado los ciclos y las pérdidas de nutrientes asociadas con el manejo del estiércol en granjas con 10-75 unidades ganaderas tropicales (UGT) en Malí meridional (Blanchard *et al.*,



2013). Durante el pastoreo en los pastizales comunes se depositan entre 38 por ciento y 50 por ciento de excrementos de los animales (6-40 toneladas por granja por año). La deposición de excrementos durante la trashumancia representa hasta 25 toneladas por granja por año. Esto indica que en África occidental, el 46 por ciento del nitrógeno de los residuos de cultivos y el estiércol regresa al suelo de los pastizales comunes o a las zonas de trashumancia, mientras que el 13 por ciento se pierde en forma gaseosa durante la excreción (Figura 3). El estiércol orgánico producido en la granja representa el 24 por ciento del nitrógeno en los desechos animales, mientras que el 17 por ciento se pierde a través de la lixiviación o en forma gaseosa durante la manipulación y el almacenamiento del estiércol y el compost. En el presente estudio, las eficiencias de los ciclos del nitrógeno de los desechos animales variaron entre el 13 por ciento y el 28 por ciento, lo que indica que existen amplios márgenes para mejorar la compleja gestión agroecológica de estos sistemas (Blanchard *et al.*, 2013).

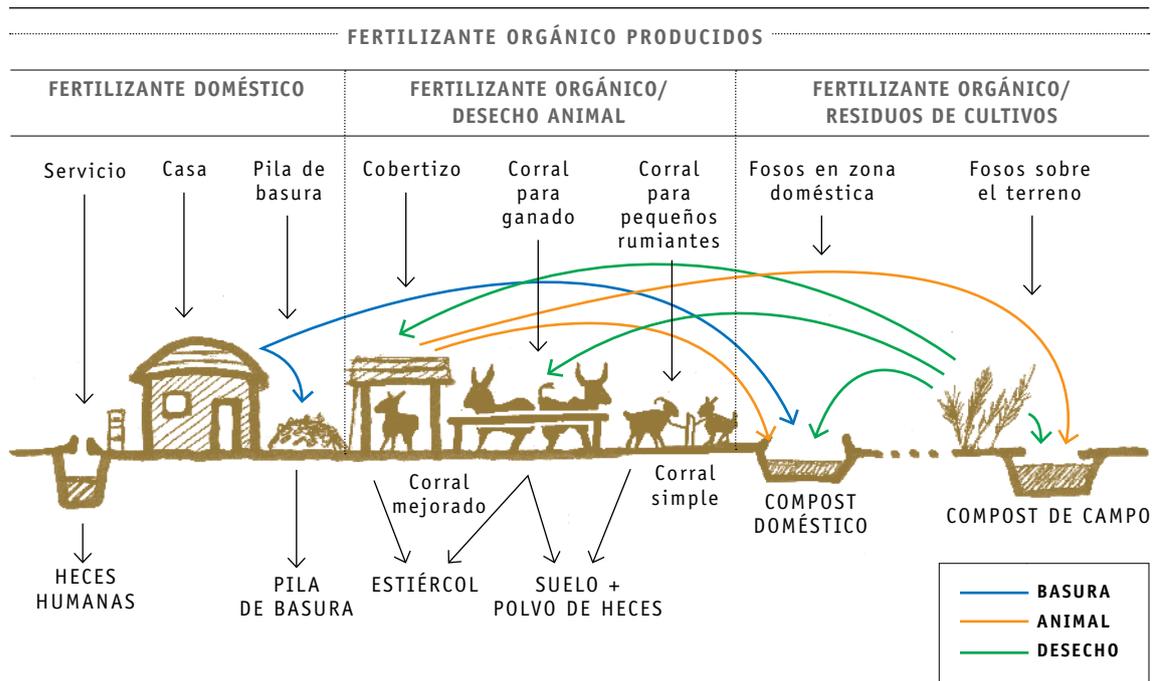
Debido al aumento de los precios de los fertilizantes minerales y la reducción de las subvenciones a los fertilizantes, y a los programas que promueven la calidad del estiércol orgánico, crece la atención por el uso eficiente de los nutrientes en el estiércol animal. Para aumentar la conservación de los nutrientes, se recomienda realizar el compostaje bajo techo y sobre pisos y limitar el tiempo de almacenamiento. Cuando disponen de forraje mejorado, los agricultores a menudo tienden a mantener a los animales más tiempo en confinamiento. Los biodigestores dentro de la granja que proporcionan energía para la iluminación y la cocina son otra innovación en Malí que se ha utilizado para elaborar un nuevo tipo de estiércol. En la agricultura de conservación africana, el uso de la vegetación mediante el corte temprano de la *Brachiaria* spp., *Stylosanthes* spp. y *Vicia* spp. produce forraje con un contenido muy elevado de proteínas. En Burkina Faso y Madagascar, el pastoreo gestionado de la cubierta de cultivos y/o el ensilaje o la elaboración del heno a partir de la cubierta de biomasa, añade nuevo valor a la innovación 'del cultivo de cobertura sin labranza' (Naudin *et al.*, 2012).

Las ordenaciones agroforestales que combinan plantas forrajeras, como las gramíneas y leguminosas, con arbustos y árboles se utilizan a menudo para la nutrición animal. Estas incluyen árboles dispersos en las tierras de pastoreo, cercos vivos, bancos de forrajes basados en árboles y sistemas de cortar y llevar. La restauración de sistemas silvopastorales extensivos en zonas áridas y semiáridas del África es una opción que se puede utilizar para regenerar la productividad de las praderas tras gestionar bien los índices de densidad de pastoreo. En estos sistemas, se ha observado que los árboles y arbustos aumentan el secuestro del carbono de los suelos a través de sus sistemas radiculares, al tiempo que brindan hábitat y sombra para las aves (Akpo *et al.*, 1995). Además, en la temporada seca, los árboles y arbustos aumentan la calidad de las dietas de los rumiantes, contribuyendo hasta con un 50 por ciento de la ingestión de materia seca del ganado vacuno y un 80 por ciento de los pequeños rumiantes, con contenidos de proteína al menos cuatro veces superiores a las gramíneas.

Los sistemas silvopastorales intensivos en América Latina pueden ser apacentados directamente por el ganado y también incluyen arbustos forrajeros (por ejemplo, *Leucaena* spp.) y especies de pastos productivos. Estos sistemas producen rendimientos elevados de leche y pueden combinarse, a nivel de paisaje, con corredores de conectividad y zonas protegidas (Murgueitio *et al.*, 2011). Los sistemas silvopastorales que integran árboles, cultivos y pastos



Figura 3. Integración agropecuaria y diversidad del manejo de fertilizantes orgánicos en Mali



Fuente: adaptado de Blanchard *et al.*, 2013

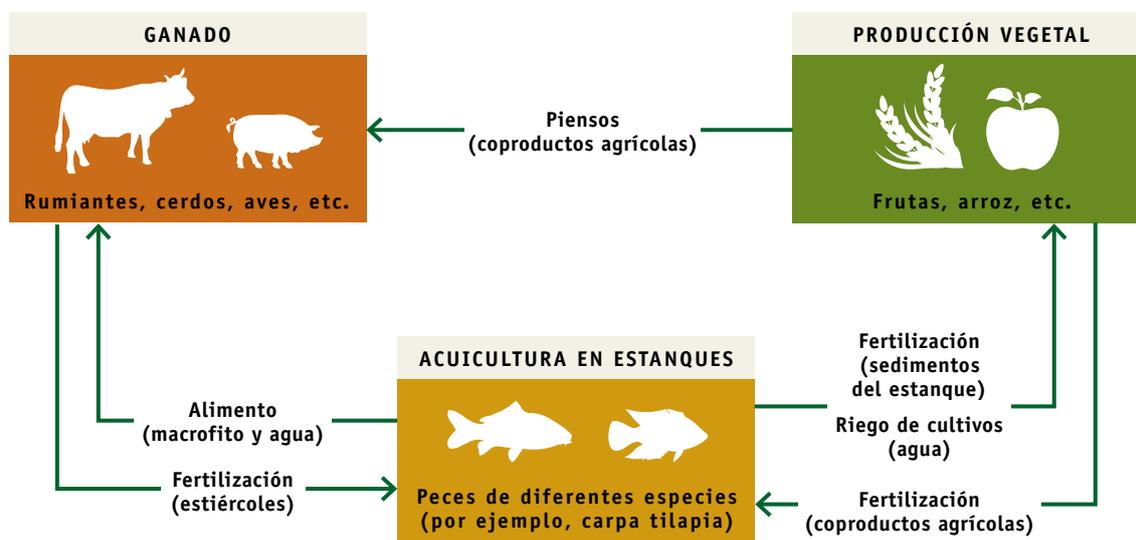
son cada vez más frecuentes en la sabana brasileña y se les asocia también con una mayor fertilidad del suelo a través del suministro continuo de materia orgánica y mejores prácticas de gestión de la tierra (por ejemplo, que evitan la erosión) (Tonucci *et al.*, 2011). También ofrecen un amplio potencial para el secuestro de carbono y sombra para el ganado, y es probable que sean más resilientes a las olas de calor y las sequías. Sin embargo, todavía existen muchas barreras que se oponen a la adopción de prácticas silvopastorales. Los costos iniciales elevados, la lenta rentabilidad de las inversiones y un desconocimiento general de los beneficios indican que se necesitan esfuerzos por parte de la comunidad científica y las partes interesadas para fomentar las capacidades y la financiación.

Acuicultura integrada

En las tierras húmedas de manejo intensivo de Asia sudoriental, los agricultores están incorporando la acuicultura a los sistemas agropecuarios ya integrados. Estos sistemas agropecuarios-acuícolas integrados se basan en el reciclaje de nutrientes entre los componentes de la granja: el estiércol animal y otros desechos de la granja fertilizan los estanques de peces, los sedimentos de los estanques fertilizan los cultivos, y los coproductos agrícolas se utilizan para alimentar al ganado (Figura 4). En los estanques generalmente se crían diferentes especies y combinaciones de especies de peces (Rahman *et al.*, 2006). En estos sistemas es posible mejorar considerablemente no sólo los rendimientos de los peces, sino también los resultados del crecimiento del ganado,



Figura 4. Diagrama simplificado de las interacciones en los sistemas integrados agropecuarios-acuícolas en Asia sudoriental



Fuente: Dumont *et al.*, 2013

la producción de biomasa en relación con los insumos, y los beneficios económicos. Por ejemplo, la introducción de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en los sistemas de producción integrados existentes aumentó los márgenes brutos, que pasaron de 50-150 dólares EE.UU. a 300 dólares EE.UU. por hogar en las zonas periurbanas de Bangladesh (Karim *et al.*, 2011). Sin embargo, los peces criados alimentándose con desechos pueden resultar contaminados por patógenos procedentes de excrementos humanos o animales, antibióticos o bacterias resistentes a los antibióticos. Por consiguiente, la reducción de los riesgos sanitarios es una prioridad, como se señala en las directrices de la OMS (2006) relativas a la cría de peces.

En estos sistemas de acuicultura, la productividad de los estanques también puede aumentar mediante la introducción de sustratos sumergidos en el agua para estimular de manera natural la productividad de los peces. Este principio se basa en métodos de pesca tradicional, conocidos con el nombre de *acadjas* en África (Bene y Obirih-Opareh, 2009), y *samarahs* y *katha* en Asia (Shankar *et al.*, 1998), en los que el perifitón –un conjunto complejo de todas las biotas sésiles fijadas al sustrato, incluidos los detritos y microorganismos asociados– crece y puede constituir un alimento natural para los peces. Los sustratos sumergidos también ofrecen abrigo, mientras que su microfauna asociada ayuda a mejorar la calidad del agua mediante retención de los sólidos suspendidos, la descomposición de la materia orgánica y la nitrificación mejorada. El control de la relación C:N en el agua del estanque mediante la adición de hidratos de carbono ofrece otra alternativa para mejorar el desarrollo microbiano, el reciclaje de las proteínas y la producción de biomasa. Según Bosma y Verdegem (2011), la manipulación de la relación C:N (por ejemplo, añadiendo fécula de mandioca) duplica la eficiencia de aportación de proteínas en los estanques, mientras la adición de sustratos (por ejemplo, bagazo, melaza) duplica o triplica la producción.



Ecología industrial para sistemas intensivos de producción ganadera

En comparación con los sistemas agroecológicos en sentido estricto, los sistemas basados en la ecología industrial tienen una composición altamente controlada y un vínculo mucho más laxo con la tierra. Estos sistemas permiten tratar y utilizar de manera productiva los desechos de otros sistemas agrícolas o no agrícolas (Takata *et al.*, 2012), y pueden aumentar cuantitativamente la producción, reduciendo la contaminación y la competencia por la tierra, la energía y el agua. Cabe observar que los primeros tres principios ya examinados también se pueden aplicar a estos sistemas. Los sistemas de cría de cerdos constituyen un ejemplo clásico en los que la mayoría de las repercusiones ambientales se asocian con la producción de ingredientes de piensos, la estabulación animal y el almacenamiento del estiércol. Un sistema de cría de cerdos ecológico optimiza el funcionamiento metabólico mediante la utilización del estiércol de las cerdas para producir biogás para la calefacción y, después del tratamiento, para fertilizar los cereales, las semillas oleaginosas y las arvejas cultivadas en la granja para alimentar a los cerdos. Los biodigestores producen biogás a partir del estiércol líquido y sólido de los cerdos (y del ensilaje de los cultivos intercalados), que es el método más eficaz de evitar pérdidas ambientales de CH_4 del estiércol líquido, además de reducir la actividad biológica de los residuos de los medicamentos (Petersen *et al.*, 2007). El biogás se puede utilizar para producir electricidad y calor para la estabulación de los cerdos, reduciendo de esta manera los costos de energía de la granja y la mortalidad de los cochinitos. Las pronunciadas variaciones anuales del precio de la carne porcina se pueden moderar en gran medida mediante la venta de los cultivos producidos en la granja. Este sistema no solo es eficiente económicamente, sino también para la gestión de la recolección, tratamiento y uso del estiércol con miras a aumentar los ciclos de los nutrientes y, al mismo tiempo, reducir la contaminación. Sin embargo, requiere una inversión inicial mayor para la instalación de los biodigestores. Este ejemplo muestra que los sistemas industriales pueden reconectarse fácilmente con la tierra mediante la aplicación de los principios ecológicos industriales que forman un subconjunto de los conceptos más amplios usados en la agroecología.

DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS Y RESILIENCIA

La intensificación de la agricultura ha reducido drásticamente la diversidad, es decir, la variedad de especies vegetales y animales y la variedad de prácticas de gestión y factores de producción. Datos empíricos recientes subrayan el potencial de los sistemas de producción animal para aumentar la resiliencia a través de mecanismos que operan a diferentes niveles. (Tichit *et al.*, 2011).

A nivel del hato, la diversidad de las especies animales y las prácticas de gestión aseguran los sistemas pastorales. La cría de diversas especies de animales constituye una estrategia de distribución de riesgos contra las sequías, los brotes de enfermedades y las fluctuaciones de los precios de mercado (Tichit *et al.*, 2004). La adaptación de las prácticas de gestión a las características biológicas de cada especie también es un factor clave para garantizar la



resiliencia (por ejemplo, modulando las prácticas de mejoramiento de acuerdo con la longevidad de las hembras y la sensibilidad climática). La combinación de varias especies herbívoras en sistemas de apacentamiento libre favorece una mayor utilización de la vegetación en general y el aumento del peso vivo (D'Alexis *et al.*, 2014). El uso de múltiples nichos espaciales y recursos de piensos es el principio rector de estos sistemas, aplicable también a la acuicultura. Por ejemplo, en la popular combinación del labeo roho (*Labeo rohita*) y la carpa (*Cyprinus carpio*) observada en Asia meridional, la carpa, al buscar los sedimentos para alimentarse, oxida el fondo del estanque y hacer flotar los nutrientes acumulados en los sedimentos, lo que da lugar a un aumento de hasta el 40 por ciento de la producción del labeo roho y de casi el doble de la producción total del estanque (Rahman *et al.*, 2006).

Dentro de un hato de rumiantes monoespecíficos, existe una cierta variabilidad en los rasgos de los animales y la diversidad de rendimiento a lo largo de la vida, que, según se indica, sirve de tampón al estabilizar la producción total del hato. La gestión de la diversidad a lo largo del tiempo es un cuestión central en los hatos de gran tamaño, donde se prevé que las estrategias de gestión orientadas a diferentes segmentos del hato aumenten el rendimiento total (Lee *et al.*, 2009). La diversidad de rendimiento a lo largo de la vida es el resultado de complejas interacciones entre las prácticas de gestión del hato y las respuestas biológicas individuales (Puillet *et al.*, 2010). Estas interacciones generan grupos diferentes de hembras con distintos niveles de producción y eficiencia alimenticia. Por consiguiente, el tamaño relativo de estos grupos en el hato es un factor clave que determina el rendimiento general.

La diversidad de recursos forrajeros también contribuye a garantizar el sistema de alimentación frente a la variabilidad estacional y la variabilidad climática a largo plazo. Los animales de pastoreo aprovechan la diversidad de recursos para mantener su ingesta diaria y su rendimiento, con efectos del pastoreo selectivo opuestos de acuerdo con los rasgos morfológicos y fisiológicos de la raza. Por ejemplo, las vacas de carne Salers con un potencial de rendimiento en leche relativamente elevado mantienen el rendimiento en leche diario a expensas del estado corporal al final de la temporada, mientras que las vacas Charolais, con menor potencial de rendimiento en leche, reducen este rendimiento pero pierden menos peso vivo (Farruggia *et al.*, 2008).

En los sistemas agropastorales, el sistema de alimentación se basa en la complementariedad entre los pastos cultivados, que se utilizan para asegurar el rendimiento de los animales en períodos decisivos como la cubrición o la lactación, y las praderas, que se utilizan en períodos en que las necesidades de nutrientes de los animales son reducidas (Jouven *et al.*, 2010). Cuando la disponibilidad de recursos de piensos es escasa o imprevisible, determinar las prioridades entre los animales con elevadas necesidades u objetivos de producción clave (por ejemplo, mejora del estado corporal), a los que habrá que darles prioridad para que accedan a los mejores recursos, y los animales con un nivel reducido de necesidades o con objetivos de producción secundarios, contribuye al diseño de sistemas de alimentación eficientes. Se ha demostrado que la diversidad de tipos de pastizales dentro de una granja mejora la autosuficiencia en forraje de la granja, tanto para las granjas lecheras (Andrieu *et al.*, 2007) como para las nodrizas (Martin, 2009). Algunas investigaciones recientes también han destacado que la diversidad de las prácticas de gestión del pastoreo, en lo que se refiere a la densidad y los períodos de pastoreo, puede mejorar la estabilidad de la producción a pesar de fenómenos de sequía (Sabatier *et al.*, 2012).



Dumont *et al.* (2014) han señalado varios problemas no resueltos relacionados con la comprensión de si la resiliencia es una propiedad manejable de los sistemas de producción animal: i) evaluar los pesos relativos de los procesos biológicos y decisorios implicados en la resiliencia; ii) identificar indicadores de gestión de diagnóstico y adaptación, y examinar el carácter operacional de los indicadores de alerta temprana para prever los umbrales críticos o “puntos de inflexión” (Veraart *et al.*, 2012), y iii) comprender qué estrategias de gestión utilizan los agricultores para superar los fenómenos climáticos y los estrés bióticos o abióticos. La gestión de diferentes especies o razas con capacidades de adaptación diversas en el mismo sistema constituye un mecanismo eficiente para moderar los efectos de los fenómenos climáticos extremos en la productividad del hato y los ingresos de la granja (Tichit *et al.*, 2004). También se han señalado beneficios de la diversidad en los conjuntos de plantas y a nivel de sistema forrajero; el siguiente paso consiste en combinar los componentes del hato y de los recursos para identificar cuál nivel de la diversidad interna a la granja se puede desplegar para beneficiar varios criterios de rendimiento de la granja.

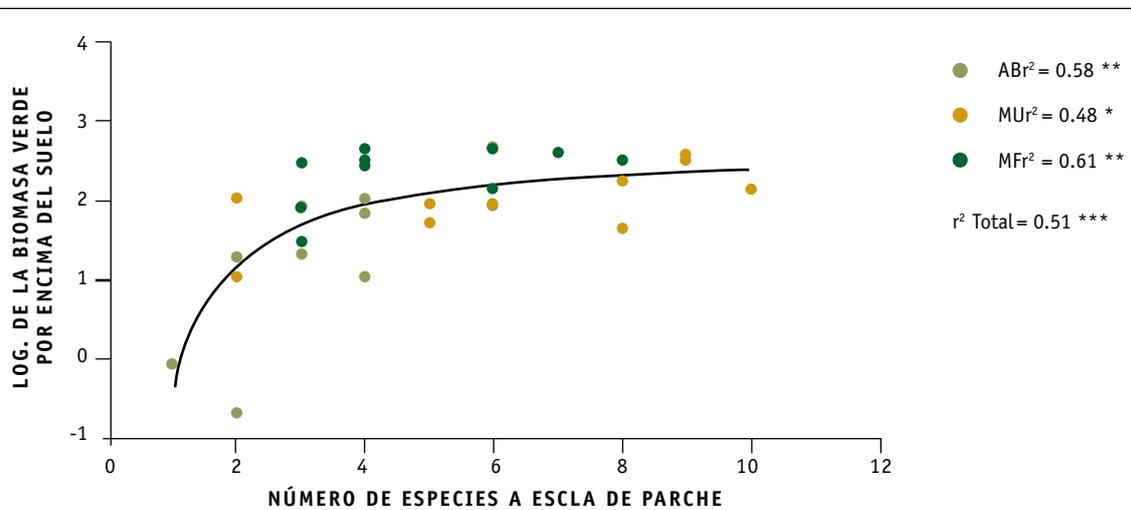
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

En los decenios anteriores, las preocupaciones por la pérdida de biodiversidad se han extendido a la biodiversidad doméstica (esto es, recursos zoogenéticos y razas locales) (Taberlet *et al.*, 2011). Los mayores rendimientos de las razas comerciales hacen que las razas locales tiendan a sustituirse con otras más productivas o, al menos, cruzadas. Además, con el desarrollo de la inseminación artificial, se ha producido una pérdida de diversidad genética en las razas comerciales, pues sólo algunos machos intervienen en los planes de reproducción. Las razas locales tienen grandes capacidades para sobrevivir, producir y mantener los niveles de reproducción en entornos difíciles. Por consiguiente, el uso de razas locales es muy conveniente en condiciones económicamente marginales, debido a la reducidas intervenciones veterinarias, la facilidad de la cría y los bajos costos de su alimentación. Los productos animales de razas tradicionales con una fuerte identidad local se pueden vender a precios altos, debido que los consumidores consideran que tienen propiedades sensoriales (por ejemplo, sabor) o calidades nutricionales superiores, o se sienten atraídos por la imagen de una región o tradición particular. La promoción de nichos de mercado podría ayudar a conservar los rasgos de resistencia o adaptación que, en caso contrario, se perderían rápidamente y sería difícil rescatar.

La intensificación y homogenización agrícolas han sido causas importantes de pérdida de la diversidad de la flora y la fauna en las tierras de pastoreo. En los pastizales templados, las especies vegetales tienden a alcanzar el máximo a niveles medios de perturbación y estrés, lo que implica que la gestión intensiva de los pastizajes ha reducido la diversidad vegetal. Se ha demostrado que el mantenimiento de una diversidad de especies de plantas locales aumenta la productividad de los pastizales (Gross *et al.*, 2009) (Figura 5). Por consiguiente, la gestión de la diversidad funcional de las plantas es una estrategia agroecológica clave que se puede aplicar a los sistemas de pastoreo.



Figura 5. Biomasa por encima del suelo a escala de parche como función del número de especies de plantas en una parcela (14 x 14 cm)



Los códigos de tratamiento son los siguientes: AB (círculos verdes) = 'abandono' (ni corte ni fertilización); MU (círculos naranjas) = cortado y no fertilizado y MF (círculos verdes oscuros) = cortado y fertilizado. Las regresiones son lineales en cada tratamiento de uso de la tierra y no lineales para el conjunto de datos comunes. Los niveles de significación para las regresiones son: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.0001$

Fuente: Gross *et al.*, 2009

Las estrategias de gestión de los pastizales que conservan la biodiversidad al tiempo que garantizan buenos rendimientos económicos para los agricultores pueden dar lugar a resultados beneficiosos para todos. Por ejemplo, la conservación de pastizales ricos en leguminosas y la introducción de franjas marginales sembradas al borde de los campos cultivables favorecen la abundancia de polinizadores y la riqueza de especies como consecuencia de las interacciones tróficas positivas (Marshall *et al.*, 2006). Del mismo modo, la manipulación del tiempo de pastoreo (pastoreo tardío o exclusión del pastoreo durante los períodos picos de floración) puede ser una poderosa herramienta de conservación para los insectos que visitan las flores (Farruggia *et al.*, 2012) y para las aves de los pastizales (Durant *et al.*, 2008), sin repercusiones en la densidad de pastoreo. Sin embargo, la intensidad del pastoreo se debe adaptar al tipo de ganado y a la variación anual de crecimiento de la hierba para que la gestión del pastoreo pueda lograr los objetivos de producción y de conservación. Jouven y Baumont (2008) modelizaron sistemas de producción de carne basados en pastizales y hallaron que era posible mantener la producción de carne hasta en un 40 por ciento de la superficie de la granja mediante la aplicación de prácticas respetuosas de la biodiversidad. Se trata de un resultado similar a las recomendaciones de Franzén y Nilsson (2008) para el pastoreo tardío en las granjas suecas. La elección de prácticas específicas que den lugar a un equilibrio óptimo entre producción y biodiversidad dependerá del contexto particular de la granja (por ejemplo, tipo de pastos, índice general de densidad de pastoreo, gestión del hato).



Para aumentar la biodiversidad del suelo, las prácticas de gestión como la restauración de los pastizales o el esparcido de estiércol contribuyen al enriquecimiento y la diversificación de la macrofauna y la microflora. En comparación con el uso de fertilizantes inorgánicos, la aplicación de abono orgánico a los campos de maíz o algodón tiene importantes efectos positivos en la biomasa microbiana, en el perfil de las especies existentes y, por consiguiente, en las enzimas que circulan en el suelo y en su depósito de materia orgánica (Ratnadass *et al.*, 2013). Estas interacciones promueven la fertilidad general del suelo. Estos cambios en el ecosistema edáfico influyen en la capacidad primaria de producción y la biodiversidad florística de la cubierta vegetal que coloniza el suelo en los pastos y terrenos agrícolas. En el ejemplo de producción de queso, las interacciones también se producen entre los microorganismos del suelo, la microflora filosfera y la microflora utilizada para la elaboración del queso. En los pastos templados de montaña, la diversidad microbiana reduce la patogenicidad de la *Listeria monocytogenes* en los quesos de leche cruda (Retureau *et al.*, 2010). Además, los pastos ricos en especie sometidos a una gestión intensiva producen una variedad de compuestos secundarios, como los terpenos, que son un factor clave para la diversidad organoléptica de los productos lácteos (Cornu *et al.*, 2005).

La gestión de la diversidad y heterogeneidad tiene que trascender los límites de la granja y extenderse a escala de paisaje. Los procesos y servicios ecológicos como la lucha contra las plagas o la polinización se fundamentan a escala de paisaje, lo que destaca la necesidad de una gestión colectiva del paisaje entre los agricultores y otros usuarios de la tierra, responsables de los elementos cultivados y seminaturales. Investigaciones recientes han demostrado que la proporción de prácticas de gestión (pastoreo frente a corta) y su distribución espacial pueden afectar a la dinámica a largo plazo de las poblaciones de aves en los paisajes agrícolas. Mientras que la conversión de algunas prácticas intensivas en extensivas afectó a la producción, la alteración de la distribución espacial de las prácticas para aumentar la heterogeneidad del paisaje contribuyó a conciliar los objetivos en materia de producción y conservación (Sabatier *et al.*, 2014). La selección de parcelas no apacentadas temporalmente debe tener en cuenta no sólo el 'valor del hábitat' de cada parcela, sino también su ubicación de suerte que puedan actuar como fuentes de dispersión o corredores ecológicos.

Las características del paisaje puede cumplir múltiples funciones y, por tanto, desempeñar un papel importante en la conservación de la biodiversidad. En América Latina, se han obtenido elevados rendimientos en leche sin fertilizantes químicos en sistemas silvopastorales intensivos, con árboles y palmeras que proporcionan madera, frutas, forraje verde para el ganado, y raíces y cortezas para usos medicinales (Murgueitio *et al.*, 2011). Los agricultores que participaron en el proyecto afirmaron que observaron un aumento notable del número y la diversidad de aves, inclusive de los avistamientos de especies en peligro de extinción. Además, estos sistemas facilitan la conectividad entre fragmentos de los bosques tropicales, con mayores beneficios para la biodiversidad. Los agricultores recibieron una prima por incorporar especies de árboles, palmeras y cactus nativos en sus corredores de conectividad (estas especies se seleccionaron por su contribución particular a la biodiversidad). Las primas estaban al alcance de todos, pues no dependían del tamaño de las granjas ni de las dotaciones de capital. La piscicultura extensiva en estanques es otro ejemplo típico que contribuye a los ecosistemas que producen alimentos al tiempo que ofrece características atractivas de paisaje y hábitat para especies de aves silvestres.



En los estanques de peces de aguas templadas con una biomasa piscícola controlada (400 kilogramos por hectáreas), la presencia de vegetación acuática en un 10 por ciento a 25 por ciento de la superficie total mejora la calidad del agua, beneficia la reproducción de los peces y brinda refugio y hábitat de anidamiento a las aves zancudas (Bernard, 2008). Sin embargo, estas interacciones entre los componentes bióticos y abióticos de los estanques de peces son complejas y dependen de las prácticas concretas utilizadas y de las condiciones regionales.

PERSPECTIVAS

El presente capítulo demuestra de qué manera los principios agroecológicos se pueden aplicar a sistemas que incorporan la ganadería para promover sinergias (en lugar de compensaciones mutuas) entre los agroecosistemas locales y la producción animal. Todos los cinco principios tienen carácter genérico y se pueden aplicar a una amplia variedad de sistemas ganaderos, mediante opciones que pueden variar considerablemente entre zonas agroecológicas y según las dimensiones sociales, económicas y humanas de la granja ganadera. Estas opciones son: i) la intensificación de los sistemas ganaderos tropicales mediante el aumento de los rendimientos a partir de un aprovechamiento mayor de la biodiversidad; ii) las transiciones a la producción ganadera orgánica, y iii) la transformación de los sistemas intensivos alentando a los agricultores a reducir el uso de fertilizantes y antibióticos. Por consiguiente, según cuáles sean las condiciones de referencia, las transiciones agroecológicas con sistemas ganaderos puede hacer mayor hincapié en un subconjunto de los cinco principios para lograr metas específicas como la maximización de los rendimientos económicos, la conservación de la biodiversidad, la mitigación de las emisiones de GEI, el aumento de la calidad del suelo y del agua, y el fomento de la resiliencia climática.

Un mayor aprovechamiento planificado y no planificado de la biodiversidad (con fines de sanidad animal y conservación de la naturaleza), una mejor integración entre cultivos y ganadería en una matriz de paisaje diversificado y un reacoplamiento de los ciclos de los elementos principales (C, N y P) son características fundamentales que sostienen los cinco principios examinados en este capítulo. Todas estas características pueden ayudar a equilibrar el suministro de productos animales y la prestación de servicios ecosistémicos de apoyo y regulación.

Es interesante señalar que el concepto de ecoeficiencia (la maximización de productos por unidad de insumos/recursos naturales utilizados) no se promueve como un principio rector de la agroecología, aunque la competición con otros usos de los recursos de tierra y agua puede exigir una producción ganadera más eficiente. Además, el debate actual sobre la reducción de las emisiones de CH₄ derivadas de los ganados vacuno y ovino por unidad de producción animal no está al centro del debate sobre la ganadería en el interior de la agroecología.

Esto puede poner en duda en qué medida la agroecología puede ofrecer respuestas a los retos planteados por la ganadería a escala mundial. No obstante, la agroecología puede ofrecer respuestas específicas, como cómo mejorar el secuestro del carbono del suelo en los sistemas de producción de rumiantes basados en los pastos.



Independientemente de la agroecología, las nuevas tecnologías, como el mejoramiento genético avanzado y la ganadería de precisión, pueden desempeñar un papel importante en hacer frente a estos retos. Por ejemplo, la selección genómica, que permite prever el valor genético para la mejora de los animales a partir de los marcadores genómicos, ha sido adoptada por las industrias lecheras de todo el mundo y se prevé que mejore la ganancia genética para la producción de leche y otros rasgos, entre ellos el índice de conversión de piensos (Hayes *et al.*, 2013). Estas técnicas pueden evolucionar (por ejemplo, considerando el vigor de los animales en los índices genéticos) y hacerse más compatibles con los principios de la agroecología. Además, la agroecología no se puede aplicar en sentido estricto a los sistemas industriales sin tierras, que están creciendo rápidamente en los países industrializados y en los países en desarrollo. Por consiguiente, la agroecología no es una solución milagrosa. Se necesita una doble perspectiva, basada en los principios de la agroecología y la ecología industrial como marcos complementarios, para mejorar los efectos netos de la producción animal en el desarrollo sostenible.

En conclusión, los principios agroecológicos se pueden aplicar a una amplia variedad de sistemas ganaderos que abarcan extensos gradientes de suelo, clima, tamaño de las granjas e intensidad de producción. Algunos de los obstáculos para la extensión de los sistemas agroecológicos se relacionan con los costos de la mano de obra, una base de conocimientos relativamente débil en comparación con nuestro entendimiento detallado de los sistemas industriales más simples, y la falta de formación de los agricultores en materia de ecología aplicada y sistemas de agrícolas. Además, la extensión de estos sistemas puede exigir cambios más amplios en los mercados, las industrias y los sistemas alimentarios (Francis *et al.*, 2003). Como lo mostraron los ejemplos descritos en el presente capítulo, hay que hacer hincapié en que los principios de la agroecología apuntan a criterios de rendimiento que trascienden con creces la productividad anual y señalan a la atención las compensaciones mutuas entre las dimensiones económica, ecosistémica y social de la agricultura.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se basa en los cuatro exámenes realizados recientemente (Dumont *et al.*, 2013; Ratnadass *et al.*, 2013; Dumont *et al.*, 2014; Soussana y Lemaire, 2014) citados más adelante. Quisiera agradecer a todos los coautores de estos estudios: E. Blanchard, J.Y. Dourmad, C. Ducrot, L. Fortun-Lamothe, E. González-García, M. Jouven, G. Lemaire, A. Ratnadass y M. Thomas.



REFERENCIAS

- Akpo, L.E., Grouzis, M. & Ba, A.T.** 1995. Tree and grass in Sahel - Tree effects on the chemical composition of natural pastures in North-Senegal (West Africa). *Rev. Med. Vet.*, 146(10): 663-670.
- Alexandratos, N. & Bruinsma, J.** 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Roma, FAO.
- Alikwe, P.C.N., Faremi, A.Y., Fajemisin, A.N. & Akinsoyinu, A.O.** 2011. Performances and nitrogen utilization of West African Dwarf goats fed soybean and dried poultry waste-based concentrates as supplements to *Cynodon niemfuensis* basal diet. *J. Appl. Sci. Environ. Sanit.*, 6:181-189.
- Andrieu, N., Poix, C, Josien, E. & Duru, M.** 2007. Simulation of forage management strategies considering farm-level land diversity: example of dairy farms in the Auvergne. *Comput. Electron. Agric.*, 55(1): 36-48.
- Archimède, H., González-García, E., Despois, P., Etienne, T. & Alexandre, G.** 2010. Substitution of corn and soybean with green banana fruits and *Gliricidia sepium* forage in sheep fed hay-based diets. Effects on intake, digestion and growth. *J. Anim. Physiol Anim. Nutr.*, 94(1): 118-128.
- Balcázar, J.L., de Blas, L, Ruiz-Zarzuela, L, Cunningham, D., Vendrell, D. & Musquiz, J.L.** 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Vet. Microbiol.*, 114(3-4): 173-186.
- Bene, C. & Obirih-Opareh, N.** 2009. Social and economic impacts of agricultural productivity intensification: the case of brush park fisheries in Lake Volta. *Agric. Syst.*, 102(1-3): 1-10.
- Bernard, S.** 2008. *L'étang, l'homme et l'oiseau. Incidences des modes de gestion des étangs piscicoles sur les ceintures de végétation et l'avifaune nicheuse en Soioigne, Brenne, Bresse, Territoire de Beifort et Champagne humide*. ENS Lyon. (Ph.D)
- Blanchard, M., Vayssières, J., Dugué, P. & Vali, E.** 2013. Local technical knowledge and efficiency of organic fertilizer production in South Mali: diversity of practices. *Agroecol. Sustain. Food Syst.*, 37(6): 672-699.
- Bonaudo, T., Burlamaqui Bendahan, A., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon S., Leger, F., Magda, D. & Tichit, M.** 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. *Europ. J. Agronomy*, 57(SI): 43-51.
- Bosma, R.H. & Verdegem, M.C.J.** 2011. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livest. Sci.*, 139(1-2): 58-68.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L, Handisyde, N., Gatward, I. & Corner, R.** 2010. Aquaculture: global status and trends. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365(1554): 2897-2912.
- Cabaret, J.** 2007. Practical recommendations on the control of helminth parasites in organic sheep production systems. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2(019): 1-6.
- Cornu, A., Kondjoyan, N., Martin, B., Verdier-Metz, L, Pradel, P., Berdague, J.L & Coulon, J.B.** 2005. Terpene profiles in Cantal and Saint-Nectaire-type cheese made from raw or pasturised milk. *J. Sci. Food Agric.*, 85(12): 2040-2046.
- D'Aleixis, S., Sauvant, D. & Boval, M.** 2014. Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 152(4): 655-666.
- De Deyn, G.B., Quirk, H., Yi, Z., Oakley, S., Ostie, N.J. & Bardgett, R.D.** 2009. Vegetation composition promotes carbon and nitrogen storage in model grassland communities of contrasting soil fertility. *J. Ecol.*, 97(5): 864-875.
- de Groot, J., Ruis, M.A.W., Scholten, J.W., Koolhaas, J.M. & Boersma, W.J.A.** 2001. Long-term effects of social stress on antiviral immunity in pigs. *Physiol. Behav.*, 73(1-2): 145-158.



- Dourmad, J.Y., Rigolot, C. & Jondreville, C.** 2009. Influence de la nutrition sur l'excrétion d'azote, de phosphore, de cuivre et de zinc des porcs, et sur les émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre et d'odeurs. *INRA Prod. Anim.*, 22(1): 41-48.
- Dubois, J.P., Bijja, M., Auvergne, A., Lavigne, F., Fernandez, X. & Babilé, R.** 2008. Qualité des parcours de palmipèdes: choix des végétales, rendement et résistance au piétinement. *Proc. 8èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, 30-31 October 2008, Arcachon, France*, pp. 107-110.
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M. & Tichit, M.** 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7(6): 1028-1043.
- Dumont, B., González-García, E., Thomas, M., Fortun-Lamothe, L., Ducrot, C., Dourmad, J.Y. & Tichit, M.** 2014. Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. *Animal*, 8(8): 1382-1393.
- Durant, D., Tichit, M., Kerneis, E. & Fritz, H.** 2008. Management of agricultural grasslands for breeding waders: integrating ecological and livestock system perspectives - a review. *Biodivers. Conserv.*, 17(9): 2275-2295.
- Farruggia, A., Dumont, B., D'hour, P. & Egal, D.** 2008. How does protein supplementation affect the selectivity and performance of Charolais cows on extensively grazed pastures in late autumn? *Grass For. Sci.*, 63(3): 314-323.
- Farruggia, A., Dumont, B., Scohier, A., Leroy, T., Pradel, P. & Garel, J.P.** 2012. An alternative rotational grazing management designed to favour butterflies in permanent grasslands. *Grass For. Sci.*, 67(1): 136-149.
- Faruk, M.U., Bouvarel, I., Meme, N., Rideau, N., Roffidal, L., Tukur, H.M., Bastianelli, D., Nys, Y. & Lescoat, P.** 2010. Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poultry Sci.*, 89(4): 785-796.
- Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. & Zaks, D.P.M.** 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Frame, J. & Newbould, P.** 1986. Agronomy of White dover. *Advances in Agronomy*, 40: 1-88.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoeft, M., Simmons, S., Alien, P., Altieri, M., Flora, C. & Poincelot, R.** 2003. Agroecology: the ecology of food systems. 3. *Sustain. Agric*, 22(3): 99-118.
- Frankow-Lindberg, B.E., Brophy, C., Collins, R.P. & Connolly, J.** 2009. Biodiversity effects on yield and unsown species invasion in a temperate forage ecosystem. *Ann. Botany*, 103(6): 913-921.
- Franzén, M. & Nilsson, S.G.** 2008. How can we preserve and restore species richness of pollinating insects on agricultural land? *Ecography*, 31(6): 698-708.
- Gatesoupe, F.J.** 1994. Lactic acid bacteria increase the resistance of turbot larvae, *Scophthalmus maximus*, against pathogenic *Vibrio*. *Aquat. Liv. Res.*, 7(4): 277-282.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G.** 2013. *Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Roma, FAO.
- Gidenne, T., Garda, J., Lebas, F. & Licois, D.** 2010. Nutrition and feeding strategy: interactions with pathology. In C. De Blas & J. Wiseman, eds. *Nutrition of the rabbit*, pp. 179-199. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Gilles, S., Ismino, R., Sánchez, H., David, F., Núñez, J., Dugué, R., Darias, M.J. & Römer, U.** 2014. An integrated closed system for fish-plankton aquaculture in Amazonian fresh water. *Animal*, 8(8): 1319-1328.
- Gliessman, S.R.** 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd Edition. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.



- Gross, N., Bloor, J.M., Louault, F., Maire, V. & Soussana, J.-F.** 2009. Effects of land-use change on productivity depend on small-scale plant species diversity. *Basic Appl. Ecol*, 10(8): 687-696.
- Hassanali, A., Herren, H., Khan, Z.R., Pickett, J.A. & Woodcock, C.M.** 2008. Integrated pest management: the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. *Phil. Trans. Royal Soc. B*, 363: 611-621.
- Hayes, B.J., Lewin, H.A., & Goddard, M.E.** 2013. The future of livestock breeding: genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. *Trends in Genetics*, 29: 206-214.
- Herrero, M., Havlik, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D. & Obersteiner, M.** 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *PNAS*, 110: 20888-20893.
- Horsted, K. & Hermansen, J.E.** 2007. Whole wheat versus mixed layer diet as supplementary feed to layers foraging a sequence of different forage crops. *Animal*, 1(4): 575-585.
- IPCC.** 2006. *Good practice guidance on land use change and forestry in national greenhouse gas inventories*. Tokyo, Intergovernmental Panel on Climate Change, Institute for Global Environmental Strategies.
- Jouven, M. & Baumont, R.** 2008. Simulating grassland utilization in beef suckler systems to investigate their trade-offs between production and floristic diversity. *Agric. Syst.*, 96(1-3): 260-272.
- Jouven, M., Lapeyronie, P., Moulin, C.-H. & Bocquier, F.** 2010. Rangeland utilization in Mediterranean farming systems. *Animal*, 4(10): 1746-1757.
- Kambashi, B., Boudry, C, Picron, P. & Bindelle J.** 2014. Forage plants as an alternative feed resource for sustainable pig production in the tropics: a review. *Animal*, 8(8): 1298-1311.
- Karim, M., Little, D.C., Shamshul Kabir, M.D., Verdegem, M.J.C., Telfer, T. & Wahab, M.D.A.** 2011. Enhancing benefits from polycultures including Tilapia (*Oreochromis niloticus*) within integrated pond-dike systems: a participatory trial with households of varying socio-economic level in rural and peri-urban areas of Bangladesh. *Aquaculture*, 314(1-4): 225-235.
- Lai, R.,** 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623-1627.
- Lee, G.J., Atkins, K.D. & Sladek, M.A.** 2009. Heterogeneity of lifetime reproductive performance, its components and associations with wool production and liveweight of Merino ewes. *Anim. Prod. Sci.*, 49: 624-629.
- Luscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.-F., Rees, R.M. & Peyraud, J.L.** 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass Forage Sci.*, 69: 206-228.
- Marshall, E.J.P., West, T.M. & Kleijn, D.** 2006. Impacts of an agri-environmental field margin prescription on the flora and fauna of arable farmland in different landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 113: 36-44.
- Martin, C, Morgavi, D.P. & Doreau, M.** 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4: 351-365.
- Martin, G.** 2009. *Analyse et conception de systemes fourragers flexibles par modelisation systemique et simulation dynamique*. Toulouse Univ. (Ph.D).
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., Roque d'Orbcastel, E. & Verreth, J.A.J.** 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquac. Engineer.*, 43(3): 83-93.
- McIntyre, S., Heard, K.M. & Martin, T.G.** 2003. The relative importance of cattle grazing in subtropical grasslands: does it reduce or enhance plant biodiversity? *J. Appl. Ecol.*, 40: 445-457.
- Morton, J.F.** 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *PNAS*, 104: 19680-19685.
- Mulder, LE., Schmidt, B., Stokes C.R., Lewis, M., Bailey, M., Aminov, R.I., Prosser, J.I., GUI, B.P, Pluske, J.R, Mayer, CD., Musk, C.C. & Kelly, D.** 2009. Environmentally-acquired bacteria influence microbial diversity and natural innate immune responses at gut surfaces. *BMC Biology*, 7: 79.



- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. & Solorio, B.** 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *For. Ecol. Manage.*, 261(10): 1654-1663.
- Naudin, K., Scopel, E., Andriamandroso, A.L.H., Rakotosolof, M., Andriamarosoa, N.R.S., Rakotozandriny, J.N., Salgado, P. & Giller, K.E.** 2012. Trade-offs between biomass use and soil cover. The case of rice-based cropping systems in the Lake Alaotra region of Madagascar. *Experim. Agric.*, 48: 194-209.
- Neon, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M. & Yarish, C.** 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1-4): 361-391.
- OMS.** 2006. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 3. Wastewater and excreta use in aquaculture.* Geneva, Switzerland.
- Petersen, S.O., Sommer, S.G., Béline, F., Burton, C., Dach, J., Dourmad, J.Y., Leip, A., Misselbrook, T., Nicholson, F., Poulsen, H.D., Provolo, G., Sorensen, P., Vinnerås, B., Weiske, A., Bernal, M.P., Böhm, R., Juhász, C. & Mihelic, R.** 2007. Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livest. Sci.*, 112(3): 180-191.
- Pontes, L.S.P., Carrère, P., Louault, F., Andueza, D. & Soussana, J.-F.** 2007. Seasonal productivity and nutritive value of native temperate grasses. Responses to cutting frequency and N supply. *Grass Forage Sci.*, 62: 485-496.
- Puillet, L., Martin, O., Sauvant, D. & Tichit, M.** 2010. An individual-based model simulating goat response variability and long term herd performance. *Animal*, 4(12): 2084-2098.
- Rahman, M.M., Verdegem, M.C.J., Nagelkerke, L.A.J., Wahab, M.A., Milstein, A. & Verreth, J.A.J.** 2006. Growth, production and food preference of rohu *Labeo rohita* (H.) in monoculture and in polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L) under fed and non-fed ponds. *Aquaculture*, 257(1-4): 359-372.
- Ratnadass, A., Blanchard, E. & Lecomte, P.** 2013. Ecological Interactions with the Biodiversity of Cultivated Systems. In E. Hainzelin, ed. *Cultivating Biodiversity to Transform Agriculture*, pp. 141-179. Heidelberg, Germany, Springer.
- Retureau, E., Callon, C., Didiene, R. & Montel, M.C.** 2010. Is microbial diversity an asset for inhibiting *Listeria monocytogenes* in raw milk cheeses? *Dairy Sci. Technol.*, 90(4): 375-398.
- Sabatier, R., Doyen, L. & Tichit, M.** 2012. Action versus result-oriented schemes in a grassland agroecosystem: a dynamic modelling approach. *PLOS One*, 7(4): e33257.
- Sabatier, R., Doyen, L. & Tichit, M.** 2014. Heterogeneity and the trade-off between ecological and productive functions of agro-landscapes: A model of cattle-bird interactions in a grassland agroecosystem. *Agric. Syst.*, 126: 38-49.
- Shankar, K.M., Mohan, C.V. & Nandeesh, M.C.** 1998. Promotion of substrate based microbial biofilm in ponds - a low cost technology to boost fish production. *Maga*, 1:18-22.
- Soussana, J.-F., Barioni, L.G., Ben Ari, T., Conant, R., Gerber, P., Havlik, P., Ickowicz, A. & Howden, M.** 2013. Managing grassland systems in a changing climate: the search for practical solutions. In D.L Michalk, ed. *Proceedings of the 22nd International Grasslands Congress*, Sydney, pp 10-27. Web ISBN: 978-1-74256-542-2.
- Soussana, J.-F. & Lemaire, G.** 2014. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. *Agriculture Ecosyst. Envir.*, 190: 9-17.
- Soussana, J.-F. & Tallec, T.** 2010. Can we understand and predict the regulation of biological N₂ fixation in grassland ecosystems? *Nutrients Cycling Agroecosystems*, 88: 197-213.
- Taberlet, P., Coissac, E., Pansu, J. & Pompanon, F.** 2011. Conservation genetics of cattle, sheep and goats. *C.R. Biol.*, 334(3): 247-254.
- Takata, M., Fukushima, K., Kino-Kimata, N., Nagao, N., Niwa, C. & Toda, T.** 2012. The effects of recycling loops in food waste management in Japan: Based on the environmental and economic evaluation of food recycling. *Sci. Total Environ.*, 432: 309-317.



- Tichit, M., Hubert, B., Doyen, L. & Genin, D.** 2004. A viability model to assess the sustainability of mixed herds under climatic uncertainty. *Anim. Res.*, 53(5): 405-417.
- Tichit, M., Puillet, L., Sabatier, R. & Teillard, F.** 2011. Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. *Livest. Sci.*, 139(1-2): 161-171.
- Tonucci, R.G., Nair, P.K.R., Nair, V.D., Garda, R. & Bernardino, F.S.** 2011 Soil carbon storage in silvopasture and related land use systems in the Brazilian Cerrado. *J. Environ. Qual.*, 40: 833-841.
- Vall, E., Dugué, P. & Blanchard, M.** 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cah. Agric.*, 15: 72-79.
- Veraart, A.J., Faassen, E.J., Dakos, V., van Nes, E.H., Lurling, M. & Scheffer, M.** 2012. Recovery rates reflect distance to a tipping point in a living system. *Nature*, 481(7381): 357-359.
- Villalba, J.J., Provenza, F.D., Hall, J.O. & Lisonbee, L.D.** 2010. Selection of tannins by sheep in response to gastrointestinal nematode infection. 3. *Anim. Sci.*, 88(6): 2189-2198.
- Wilkins, R.J.** 2008. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363(1491): 517-525.



13

CÓMO LOGRAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CHINA: DESDE LAS SOLUCIONES A ESCALA DE CAMPO HASTA MILLONES DE AGRICULTORES

Fusuo Zhang¹, Jianbo Shen

Centro de Recursos, Medio Ambiente y Seguridad Alimentaria, Departamento de Nutrición de las Plantas, Universidad de Agricultura de China, Beijing, China.

¹ Autor para correspondencia
Correo electrónico: zhangfs@cau.edu.cn



© FAO/Liana John



INTRODUCCIÓN

Aunque en el medio siglo anterior la producción de alimentos ha aumentado de manera extraordinaria, hoy la agricultura afronta retos mayores debido a la necesidad de aumentar la producción mundial de alimentos y, al mismo tiempo, proteger la calidad del medio ambiente y conservar los recursos naturales durante los próximos 30 años. En los últimos 50 años, el incremento del 240 por ciento de la producción china de cereales se puede atribuir en parte al aumento del 3 600 por ciento de la fertilización nitrogenada y al incremento del 9 000 por ciento de la fertilización con fósforo (Zhang *et al.*, 2012). Sin embargo, este aumento en el uso de fertilizantes ha tenido costos ambientales muy elevados, que han planteado graves amenazas a la calidad del agua mediante la eutrofización (Ju *et al.*, 2009), poniendo en peligro la calidad del aire debido a la volatilización del amoníaco y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Ju *et al.*, 2009; W.F. Zhang *et al.*, 2013), aumentado la deposición del nitrógeno (Liu *et al.*, 2013), y amenazado la calidad de los suelos a través de la acumulación de nitrato (Ju *et al.*, 2006) y la acidificación edáfica (Guo *et al.*, 2010).

Se prevé que la creciente población china alcance los 1 467 millones de habitantes en 2030. Los cereales son particularmente importantes para garantizar la seguridad alimentaria, cubrir la creciente demanda de alimentos y asegurar la estabilidad social en China. Sin embargo, en comparación con otros productos básicos, existen algunos problemas para garantizar el suministro de una cantidad suficiente de cereales debido a las limitadas tierras agrícolas y la reducida disponibilidad de recursos. Para alimentar a 1 467 millones de personas, China necesitará 776 millones de toneladas de cereales por año, un aumento neto de 204,4 millones de toneladas con respecto a su nivel de producción anual más elevado de 571 millones de toneladas en 2011 (Li *et al.*, 2014). La elevada demanda de cereales prevista implica que, de no aumentar la superficie, los rendimientos de cereales por unidad de superficie tienen que aumentar en un 30 por ciento (Li *et al.*, 2014). Al mismo tiempo, China tiene que reducir las emisiones de contaminantes asociados con la agricultura para lograr objetivos que respeten el medio ambiente antes de finales de 2013, en especial en lo que se refiere a la producción de cereales con un uso elevado de insumos químicos.

La producción total de cereales china ha aumentado continuamente desde 2003, pero la tasa anual de incremento se ha estancado en alrededor del 1 por ciento; el 54 por ciento del aumento es atribuible al incremento de los rendimientos por unidad de superficie, y al aumento del 11 por ciento en el uso de fertilizantes químicos. De mantenerse esta situación, no se podrán alcanzar los objetivos previstos de aumentar los rendimientos de los cereales y mejorar la calidad del medio ambiente. Desde un punto de vista técnico, el rendimiento de los cereales se puede aumentar en un 30 por ciento mediante la adopción de nuevas tecnologías, como la gestión integrada del sistema planta-suelo, pero ello implicaría seguir utilizando insumos de fertilizantes químicos similares a los utilizados actualmente en las prácticas convencionales (Chen *et al.*, 2011; F.S. Zhang *et al.*, 2013).

Para hacer frente a estos retos relacionados con la producción de cereales, los recursos y el medio ambiente, la agricultura china se debe transformar, dejando atrás el enfoque mantenido durante decenios de concentrarse exclusivamente en los altos rendimientos para adoptar otro



nuevo que combine los altos rendimientos con una elevada eficiencia en el uso de los recursos, es decir una 'agricultura altamente sostenible doblemente eficaz' (ADE). Para obtener resultados beneficiosos para todos en materia de seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental, hemos desarrollado un sistema tecnológico integrado en el que se atribuye importancia simultáneamente al logro de una elevada productividad agrícola y de una alta eficiencia en el usos de los recursos, denominada 'alta tecnología doblemente eficaz ' (ATDE).

Los componentes clave de la ATDE suponen: i) aumentar considerablemente los rendimientos de los cereales mediante la gestión de los cultivos, en especial a través del óptimo diseño de los sistemas de cultivos y de la gestión del dosel para maximizar los rendimientos potenciales en sistemas que están bien adaptados a las condiciones climáticas en una determinada región geográfica; ii) aumentar notablemente la eficiencia en el uso de los nutrientes mediante el perfeccionamiento de la gestión de las raíces/rizósfera para optimizar la intensidad del suministro de nutrientes y su composición en la zona radicular a fin de maximizar la eficiencia de las raíces/rizósfera con insumos de nutrientes reducidos; iii) mejorar la calidad del suelo para garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo mediante el manejo de la materia orgánica y la fertilidad del suelo, y la eliminación de las limitaciones de los suelos, y iv) aumentar la sostenibilidad agrícola mediante la gestión integrada de los recursos y el medio ambiente a través de la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos, la disminución de las pérdidas de nutrientes y las emisiones de GEI, y la reducción al mínimo de la huella ecológica. Desde un punto de vista técnico, la ATDE puede aumentar los rendimientos en un 1-20 por ciento y reducir el uso de fertilizantes nitrogenados en un 30-50 por ciento a escala de campo (Chen *et al.*, 2011; 2014). Sin embargo, la pregunta fundamental es de qué manera los agricultores puede adoptar estos sistemas de gestión avanzados. Resulta claro que la aplicación de la ATDE depende sobremanera de que estas tecnologías lleguen efectivamente a los usuarios finales, es decir, a los agricultores.

ESTRATEGIAS PARA AUMENTAR LOS RENDIMIENTOS Y LA EFICIENCIA DE LOS RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN CHINA

Las estrategias para integrar las innovaciones, la transferencia y la aplicación de tecnologías agrícolas para el enfoque de la ADE incluyen los siguientes elementos fundamentales: i) el establecimiento de una plataforma integrada para la interacción eficaz entre el sector gubernamental (educación e investigación, extensión pública y empresa) y los agricultores; ii) el desarrollo de tecnologías agrícolas innovadoras e integradas que se adapten bien a las condiciones de la agricultura local; iii) el establecimiento de canales de aplicación de tecnologías altamente eficientes para transferir directamente estas tecnologías a los agricultores, y iv) el fortalecimiento de los lazos y comunicaciones entre los sistemas de extensión públicos, los científicos, las empresas y los agricultores, para proporcionar a los agricultores servicios puntuales y eficientes a fin de ayudarlos a adoptar nuevas tecnologías y adquirir nueva información.



Aprovechar las interacciones entre el gobierno y los agricultores, para garantizar que las soluciones y estrategias delineadas poco antes se apliquen en una escala suficientemente amplia para lograr un impacto importante que transforme la agricultura hacia la producción sostenible de cultivos con la ADE, ha pasado a ser un gran reto para la sociedad china, así como lo es para otras naciones. Para hacer frente a estos problemas, hemos concebido nuevas soluciones en materia de comunicación para cerrar la 'última milla' de la brecha que separa al gobierno de los agricultores mediante el establecimiento de una nueva plataforma denominada '*Science and Technology Backyard*' (STB) (Shen *et al.*, 2013). Basadas en las aldeas o hogares de agricultores, las plataformas STB están organizadas por los estudiantes graduados y los profesores de universidades o institutos de investigación, que colaboran con los expertos extensionistas locales y los agricultores con miras a transformar la agricultura mediante el aumento de la productividad, de la eficiencia en el uso de los recursos, de la sostenibilidad ambiental y de los ingresos (Shen *et al.*, 2013).

La ATDE se ha adoptado, demostrado y extendido con muy buenos resultados en las principales regiones de China a través de esta plataforma amplia y abierta, y ha creado con éxito nuevos canales eficientes de comunicación entre el gobierno y los agricultores. En particular, ha estrechado los lazos entre los agricultores y los sistemas de extensión gubernamentales, los científicos de los institutos de investigación o las universidades, las empresas comerciales y otras cooperativas o asociaciones profesionales de agricultores. Los científicos agrícolas desempeñan un papel fundamental en las plataformas STB, en especial los estudiantes graduados y los profesores de los institutos y las universidades que reciben apoyo del gobierno central para promover un nuevo sistema educativo que establezca el grado de maestría profesional en el cual los estudiantes completan sus programas de investigación aplicada en materia de producción de cultivos, en estrecha conexión con las tecnologías prácticas de producción agrícola.

En el ámbito internacional, muchas corporaciones transnacionales, así como los sectores agrícolas públicos de los países desarrollados, han comenzado a formular y aplicar programas similares para intensificar la transferencia de servicios tecnológicos agrícolas directamente a los campos de los agricultores. Este modelo generalmente se centra en las aldeas rurales para ayudar a los agricultores de manera puntual y sobre el terreno. En estos sistemas, los estudiantes y los expertos tienen una fuerte relación con las prácticas agrícolas y un sólido conocimiento de la investigación de adaptación dentro de los agroecosistemas relevantes. Los estudiantes y expertos pasan más tiempo viviendo y trabajando en las aldeas gracias al 'Servicio directo 4 Ceros', esto es, cero distancia, cero retraso, cero cuotas de entrada, cero cuotas de acceso para los agricultores de la plataforma SBT en todo el país. El modelo STB puede optimizarse y adaptarse en mayor medida a otros entornos internacionales, a través de subvenciones gubernamentales y servicios gratuitos basados en la industria para estimular la extensión de productos, u otros servicios voluntarios proporcionados por las asociaciones y cooperativas de agricultores locales.



CONCLUSIÓN

La integración optimizada de varios recursos intelectuales, informativos y materiales en la plataforma STB puede contribuir a mantener el funcionamiento sostenible del sistema con apoyo de múltiples canales provenientes de los sectores de la educación y la investigación, los sistemas de extensión públicos, las empresas y los agricultores. Aun más importante, el sistema ha creado un alto nivel de confianza entre los agricultores y los órganos gubernamentales. Como consecuencia de la interacción directa de doble vía entre los agricultores y el gobierno, se ha mejorado considerablemente la transmisión de la información, la adopción de nuevas tecnologías y la aplicación de estándares elevados en las prácticas agrícolas ‘doblemente eficaces’ para la agricultura sostenible. La plataforma STB funciona como un puente de comunicación y desempeña un papel fundamental en la promoción de la ADE en China. Más de 50 plataformas STB se ha establecido en todo el país, y el nuevo modelo STB con ‘altos rendimientos, mayor eficiencia en el uso de los recursos y elevada resiliencia’ se ha convertido en un camino eficaz de desarrollo agrícola para garantizar la seguridad alimentaria y mejorar la calidad del medio ambiente en China y otras naciones en desarrollo, donde hace falta transformar los sistemas poco eficaces para lograr altos rendimientos con una mayor eficiencia en el uso de los recursos.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio contó con el apoyo del Programa Nacional de Investigación Básica (No. 973-2015CB150405), la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (No. 31210103906, 31330070) y el ‘*Innovative Group Grant*’ de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (No. 31121062).



REFERENCIAS

- Chen, X., Cui, Z., Fan, M., Vitousek, P., Zhao, M., Ma, W., Wang, Z., Zhang, W., Yan, X., Yang, J., Deng, X., Gao, Q., Zhang, Q., Guo, S., Ren, J., Li, S., Ye, Y., Wang, Z., Huang, J., Tang, Q., Sun, Y., Peng, X., Zhang, J., He, M., Zhu, Y., Xue, J., Wang, G., Wu, L., An, N., Wu, L., Ma, L., Zhang, W. & Zhang, F. 2014. Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*, 514: 486-489.
- Chen, X.P., Cui, Z.L., Vitousek, P.M., Cassman, K.G., Matson, P.A., Bai, J.S., Meng, Q.F., Hou, P., Yue, S.C., Romheld, V. & Zhang, F.S. 2011. Integrated soil-crop system management for food security. *PNAS*, 108: 6399-6404.
- Guo, J.H., Liu, X.J., Zhang, Y., Shen, J.L., Han, W.X., Zhang, W.F., Christie, P., Goulding, K.W.T., Vitousek, P.M. & Zhang, F.S. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 327: 1008-1010.
- Ju, X.T., Kou, C.L., Zhang, F.S. & Christie, P. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*, 143: 117-125.
- Ju, X.T., Xing, G.X., Chen, X.P., Zhang, S.L., Zhang, L.J., Liu, X.J., Cui, Z.L., Yin, B., Christie, P., Zhu, Z.L. & Zhang, F.S. 2009. Reducing environmental risk by improving management in intensive Chinese agricultural systems. *PNAS*, 106: 3041-3046.
- Li, Y.X., Zhang, W.F., Ma, L., Wu, L., Shen, J.B., Davies, W.J., Oenema, O., Zhang, F.S. & Dou, Z.X. 2014. An analysis of China's grain production: looking back and looking forward. *Food and Energy Security*, 3: 19-32.
- Liu, X.J., Zhang, Y., Han, W.X., Tang, A.H., Shen, J.L., Cui, Z.L., Vitousek, P., Erismann, J.W., Goulding, K., Christie, P., Fangmeier, A. & Zhang, F.S. 2013. Enhanced nitrogen deposition over China. *Nature*, 494: 459-462.
- Shen, J.B., Cui, Z.L., Miao, Y.X., Mi, G.H., Zhang, H.Y., Fan, M.S., Zhang, C.C., Jiang, R.F., Zhang, W.F., Li, H.G., Chen, X.P., Li, X.L. & Zhang, F.S. 2013. Transforming agriculture in China: From solely high yield to both high yield and high resource use efficiency. *Global Food Security*, 2:1-8.
- Zhang, F.S., Chen, X. & Vitousek, P. 2013. An experiment for the world. *Nature*, 497: 33-35.
- Zhang, F.S., Cui, Z., Chen, X., Ju, X., Shen, J., Chen, Q., Liu, X., Zhang, W., Mi, G., Fan, M. & Jiang, R. 2012. Integrated Nutrient Management for Food Security and Environmental Quality in China. *Advances in Agronomy*, 116: 1-40.
- Zhang, W.F., Dou, Z., He, P., Ju, X., Powlson, D., Chadwick, D., Noresee, D., Lu, Y., Zhang, Y., Wu, L., Chen, X., Cassman, K.G. & Zhang, F.S. 2013. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *PNAS*, 110: 8375-8380.



14

LA INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS EN LA ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS: FACTORES POLÍTICOS Y ECONÓMICOS QUE DIFICULTAN O FACILITAN EL CAMBIO

Lori Ann Thrupp^{1,3}, David Colozza², John Choptiany²

¹ Directora Ejecutiva del Instituto de Alimentación de Berkeley, Universidad de California, Berkeley

² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia

³ Autor para correspondencia

Correo electrónico: athrupp@berkeley.edu



© Neil Palmer/CIAT



Resumen

Las decisiones que los agricultores adoptan con respecto a las prácticas que utilizan resultan afectadas inevitablemente por las condiciones sociales, políticas y económicas que los rodean, y por los contextos biofísico y ambiental. La adopción de prácticas agroecológicas para producir alimentos nutritivos exige de manera creciente esfuerzos para hacer frente a factores políticos, económicos y de mercado muy importantes en los sistemas alimentarios, a los que no se les suele prestar atención, a pesar de que influyen en las decisiones y las medidas adoptadas por los agricultores. En el presente capítulo se indicarán y examinarán varios factores fundamentales que dificultan o limitan el uso de enfoques para atender las necesidades en materia de seguridad alimentaria, así como elementos diferentes que pueden respaldar y ampliar la adopción de la agroecología. Los factores influyentes del sistema alimentario que se examinan en este artículo son las condiciones

de mercado (como las funciones de los minoristas, los compradores y los intermediarios en la formación de la demanda de alimentos), los proveedores de insumos agrícolas y las políticas alimentarias conexas. Además, se examinan brevemente las relaciones entre homólogos y organizaciones en los sistemas alimentarios. La concentración y globalización de los mercados de productos básicos son factores importantes que impiden que los agricultores adopten prácticas agroecológicas sostenibles que satisfagan sus necesidades en materia de seguridad alimentaria. El capítulo terminará con algunas observaciones sobre las políticas y las implicaciones político-económicas, como la importancia de abordar el poder de los mercados en los sistemas alimentarios, apoyar los movimientos sociales que contribuyen a difundir las prácticas agroecológicas, y formular políticas para apoyar sistemas alimentarios más sostenibles, diversos, saludables y justos.

INTRODUCCIÓN: COMPRENSIÓN DE LA ADOPCIÓN DE LA AGROECOLOGÍA EN EL CONTEXTO DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Se está prestando una atención creciente a la agroecología como un enfoque importante para mejorar la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en la agricultura mundial. Existen cada vez más pruebas de las ventajas ecológicas, económicas y sociales que comporta la utilización de enfoques agroecológicos, entre ellas, el logro de la soberanía alimentaria y la mejora de los medios de vida de los pequeños agricultores a escala regional y local (Cohn *et al.*, 2006; Altieri *et al.*,



2011; Thiemann, 2015)¹. En unos cuantos países, en especial en el Brasil y Bolivia, los intentos por promover las prácticas agroecológicas mediante políticas y programas nacionales han ido en aumento. Cuba es otro ejemplo destacado en que se han desplegado esfuerzos nacionales para promover los enfoques agroecológicos en la agricultura (Rosset y Benjamin, 1994; Rosset *et al.*, 2011; FAO, 2014; AUSC, 2015). También algunas organizaciones internacionales, como la FAO, e importantes fundaciones están prestando una atención creciente a la agroecología en algunos de sus programas.² Estos esfuerzos desplegados por algunos países y organizaciones internacionales han dado lugar a aumentos tangibles en la adopción de prácticas agroecológicas (Hernández y Hernández, 2010; McKay y Nehning, 2014; Parmentier, 2014).

Los científicos y los defensores de la agroecología generalmente centran sus esfuerzos en crear oportunidades sostenibles para los pequeños agricultores, que han sido marginados y empobrecidos de manera creciente en el Sur Global (Murphy, 2012). Renombrados analistas y expertos en esta esfera consideran en general que los agricultores son los mayores beneficiarios potenciales de la agroecología, y concuerdan a menudo en que la agroecología es la solución más adecuada para atender las necesidades de los pequeños agricultores de bajos ingresos, ayudarlos a dar mayor sostenibilidad a la agricultura y lograr la justicia alimentaria (Altieri, 1995; Gliessman, 2007).

Sin embargo, la adopción de prácticas agroecológicas, inclusive entre los pequeños agricultores, es todavía muy limitada en el mundo y su aplicación en gran escala está geográficamente aislada. Aunque existe una carencia de datos cuantitativos sobre el grado de adopción de la agroecología, parece que existen importantes barreras y retos que limitan su difusión. Hay una falta de incentivos y de apoyo a las políticas para las prácticas agroecológicas en muchos contextos. A menudo, muchos métodos agrícolas indígenas y tradicionales, a pesar de que se basan en los principios de la agroecología, fueron desplazados y marginados con el aumento del predominio de las prácticas industriales convencionales en el contexto mundial. Es muy importante entender *los motivos* por lo que esto ocurre a través de la identificación y resolución de las causas políticas y económicas de fondo para poder difundir y ampliar en mayor medida la agroecología. Los responsables de la formulación de políticas, las organizaciones y los científicos tienen que entender el papel de los **sistemas alimentarios** y las cadenas de suministro de alimentos que influyen en la adopción de la agroecología u otros métodos de producción agrícola por parte de los agricultores. Los sistemas políticos y económicos en que están integrados influyen directamente en la elección de los agricultores (Boardman *et al.*, 2003; Government Office for Science, 2011).

¹ Como se examinó en Wezel *et al* (2009), el término agroecología se ha utilizado para referirse a una ciencia, un movimiento y una práctica. En general, por agroecología se entiende una disciplina científica que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Además, la agroecología se considera a menudo una base para una auténtica agricultura orgánica, aunque no está asociada con programas de certificación y/o normativos relacionados con el término orgánico.

² Como ejemplos se pueden citar, entre muchos otros, el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición organizado por la FAO (www.fao.org/about/meetings/afns/en/) y el Grupo Parlamentario Multipartidario sobre Agroecología del Reino Unido (<http://agroecology-appg.org/>)



Figura 1. Representación visual de los sistemas alimentarios



El presente capítulo se centra en dos preguntas principales:

- » ¿Cuáles son los factores político-económicos importantes en los sistemas alimentarios que, en general, limitan o restringen la adopción de prácticas agroecológicas?
- » ¿Cuáles son los factores (o estrategias) en los sistemas alimentarios que pueden fomentar la adopción de prácticas agroecológicas?

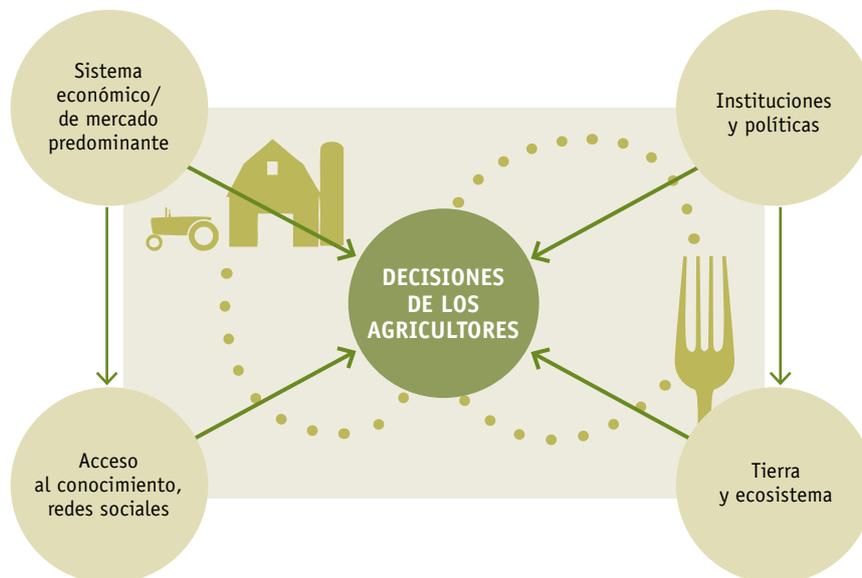
En este artículo, por "sistemas alimentarios" se entiende una serie de actividades, procesos e infraestructuras relacionados con el suministro de alimentos a la sociedad, que van desde la distribución de insumos hasta la elaboración, el consumo y eliminación de los alimentos, pasando por la producción en la granja y la comercialización. Un sistema alimentario funciona dentro de determinados contextos político, económico y ambiental y se ve afectado por ellos (adaptado de Ericksen, 2006). En la Figura 1 se puede observar una simple representación visual de los sistemas alimentarios. Con esto se relaciona estrechamente la importante influencia de las cadenas de valor de suministro de alimentos en los sistemas alimentarios, denominadas a veces 'cadenas alimentarias', que se refieren a los vínculos entre las etapas o los actores del sistema que añaden o restan valor, desde la producción hasta el consumo. A menudo, los intentos por difundir o ampliar la adopción de las prácticas agroecológicas deben abordar las relaciones entre



las funciones de la distribución, venta, comercialización y la cadena de suministros de mercado, aunque no formen parte de las consideraciones del analista relativas a la agroecología y la agricultura sostenible.

El presente análisis se vale de un marco 'político-ecológico' que trata principalmente de entender la perspectiva de los productores a nivel del terreno, y determinar las razones subyacentes a sus decisiones y comportamientos. Este enfoque sigue la cadena de causalidad hasta los factores políticos y económicos más amplios indicados en la Figura 2. El marco reconoce que las decisiones de los productores se ven afectadas por factores institucionales y políticos en los ámbitos regional y nacional, por factores ambientales que afectan a sus condiciones locales específicas y, aun más importante, por fuerzas económicas y presiones del mercado ajenas, en general, a su control. Esta perspectiva se basa en informaciones provenientes de investigaciones y casos de estudio anteriores sobre prácticas de producción agrícola, y en los puntos de vista de los agricultores de América Central y del Sur (principalmente, Guatemala, Costa Rica, Ecuador y Perú) y de África (Kenia y Ghana), y en la experiencia práctica y directa de trabajo sobre el terreno y con los agricultores en investigaciones sobre los cambios en los sistemas agroalimentarios (véase, por ejemplo, Thrupp *et al.*, 1995; Thrupp *et al.*, 1998; Desta *et al.*, 2000; Thrupp, 2002; Boardman *et al.*, 2003; McCullough *et al.*, 2008).

Figura 2. **Cadenas de causalidad de los factores políticos y económicos que afectan a las decisiones de los productores de alimentos**



Las decisiones se ven afectadas por los amplios sistemas alimentarios, incluidas las estructuras desiguales y, a menudo, las fuerzas del mercado mundial influyen sobre ellas



INFLUENCIAS Y LIMITACIONES DEL MERCADO

Para entender las decisiones de los agricultores respecto a la adopción o menos de prácticas agroecológicas se deben tener en cuenta las cadenas de suministro de mercado y las relaciones de los agricultores con los compradores de sus productos. Aunque el resumen de las tendencias presentado en esta sección tiene un carácter muy general y posiblemente se ha simplificado en exceso, dado que las situaciones concretas varían de manera considerable, las tendencias generales forman parte de patrones comunes que han sido documentados y demostrados en todo el mundo.

Si bien existe un carencia de datos globales generalizados sobre el porcentaje de agricultores conectados con los mercados, hay un movimiento creciente para fortalecer las conexiones existentes y crear nuevas oportunidades de mercado (Wiggins y Sharada, 2013). Existe una gran variación en lo que se refiere a los tipos de integración en el mercado, desde los mercados informales locales hasta los mercados formales convencionales mundiales o de exportación. Sin embargo, hasta los pequeños agricultores, descritos a menudo en los análisis agroecológicos, suelen vender una parte de sus cultivos, aunque destinan principalmente las tierras que poseen a producir alimentos para su propia subsistencia. En el Sur Global, la gran mayoría de agricultores vende en los mercados informales, como los mercados de agricultores, los vendedores ambulantes o en intercambios no formalizados (FIDA, 2003; Louw *et al.*, 2008). Por ejemplo, el 70 por ciento de las frutas y hortalizas cultivadas en Chile por pequeños agricultores se vende a los vendedores ambulantes (Arias *et al.*, 2013). En los países del Norte o industriales, casi todos los agricultores están integrados en mercados formales, y la agricultura de subsistencia ha desaparecido casi por completo (McCullough *et al.*, 2008).

La integración en los mercados formales es respaldada por los organismos de desarrollo y las empresas alimentarias mundiales y, en general, se considera una estrategia positiva para el desarrollo económico. Estos esfuerzos de desarrollo del mercado suelen orientarse a superar las restricciones a la participación de los pequeños agricultores en los mercados formales, como el volumen mínimo de productos fijado por los minoristas, o a atender la necesidad de inversiones en tecnologías en la granja (McCullough *et al.*, 2008). Cuando estas restricciones se reducen, los agricultores y sus familias pueden aumentar y diversificar sus ingresos y activos, ampliar sus operaciones, contratar mano de obra y abastecer de alimentos a un número cada vez mayor de poblaciones que no tienen tierras o acceso a ellas para producir alimentos. Durante decenios, centenares de proyectos de desarrollo económico y rural, así como políticas y prácticas de inversión, se han destinado a aumentar la integración en el mercado; muchos de estos proyectos y políticas también están relacionados con esfuerzos por introducir nuevas tecnologías y prácticas encaminadas a aumentar la producción y los rendimientos de cara al mercado (Ronchi, 2006; Emran y Shilpi, 2008; Lloyd *et al.*, 2009; FAO, 2009; Wiggins y Sharada, 2013).

Los agricultores del Sur Global que pasan de la producción de subsistencia a vender sus productos en los mercados locales, ya sean informales o formales, a menudo deben modificar en parte sus prácticas de producción para atender las demandas, necesidades y preferencias de otras personas, que son los compradores o posibles compradores. Es posible que tengan que reorientar su producción hacia productos básicos de mayor valor, como los productos hortícolas o ganaderos (McCullough *et al.*, 2008). Otra posibilidad consiste en que comiencen seleccionado



determinadas variedades y métodos de cultivo, como intentar aumentar la producción de los cultivos que los compradores desean, o almacenar los cultivos después de la cosecha para poder venderlos durante un prolongado período de tiempo o en períodos estratégicos cuando los precios aumentan. Además, tendrán que asumir la responsabilidad de cumplir con requisitos de calidad e inocuidad más estrictos para respetar las normas locales y, cada vez más, las normas internacionales (McCullough *et al.*, 2008). En algunos casos, los agricultores se pueden coordinar entre sí para no producir todas las variedades al mismo tiempo, y evitar la inundación del mercado y el descenso de los precios. Desde luego, las relaciones con el mercado a menudo exigen también cambios en el transporte y la infraestructura, que quizás sean más difíciles de introducir y pueden estar fuera del alcance de los productores individuales. Pero, en general, la introducción de cambios positivos en las prácticas puede permitir a los agricultores tener éxito en los mercados y obtener ingresos/valores por la venta de sus bienes.

En la medida en que los agricultores del Sur Global y el Norte se integren en cadenas de suministros alimentarios más formales, en cuanto proveedores de mercados o distribuidores comerciales más grandes, intermediarios o minoristas en la ciudades, o en los mercados mundiales, dispondrán incluso de mayores oportunidades de obtener ingresos suficientes y más sostenibles. Al mismo tiempo, la participación en mercados más formales obliga a los agricultores a introducir cambios más importantes en las prácticas de producción, la recolección, el transporte y distribución y otros ámbitos, a fin de satisfacer las demandas de los compradores. Esta formalización de la cadena de suministro a menudo comporta relaciones contractuales y compromisos financieros para los agricultores que venden a los compradores que necesitan suministros regulares de bienes que satisfagan las preferencias específicas de los clientes. Estos tipos de relaciones de la cadena de suministro del mercado pueden contribuir al progreso económico y tecnológico de los agricultores, aunque estos cambios de mercado también se han asociado con algunos problemas, en especial para los pequeños agricultores que a menudo carecen de capacidad para competir eficientemente y que en general han estado sujetos a precios injustamente bajos en las economías de mercado, donde los distribuidores y minoristas obtenían las mayores ganancias (Thrupp *et al.*, 1995; Conroy *et al.*, 1996).

Dado que la globalización y las relaciones comerciales internacionales se han expandido rápidamente, un número cada vez mayor de agricultores ha establecido lazos con los mercados globales internacionales, a través de relaciones de exportación o importación y las crecientes inversiones de las corporaciones alimentarias transnacionales en el mundo entero. Además, la globalización de los sistemas alimentarios ha ido acompañada de la consolidación y concentración de la industria agrícola, como se documenta en muchos estudios e informes (UNCTAD, 2006; Howard, 2009; De Schutter, 2011; Econexus, 2013). Un pequeño número de corporaciones mundiales ha pasado a ejercer una influencia considerable en la concentración e integración vertical de los mercados alimentarios y agrícolas, y a controlar de manera creciente las cadenas de suministro a nivel mundial (Howard, 2009; Econexus, 2013; Constance *et al.*, 2014). Como ejemplo, basta recordar que cuatro importantes corporaciones representan el 75 por ciento de la cuota de mercado del comercio de cereales y soja a nivel mundial (Econexus, 2013).

Esta tendencia a la consolidación se ha asociado con el desplazamiento de agricultores pequeños y medios. Aunque el 85 por ciento de las granjas existentes en el mundo (alrededor de 450 millones) son pequeñas granjas que producen cerca de la mitad de todos los alimentos, estos



agricultores están desapareciendo (UNCTAD, 2006). Se estima que 450 millones de trabajadores trabajan en plantaciones y granjas industriales. Estas granjas en gran escala pertenecen cada vez más a bancos u otras grandes compañías que proporcionan crédito a los agricultores para la compra de semillas, productos agroquímicos, animales jóvenes y piensos (Econexus, 2013). Sin embargo, no siempre proporcionan medios de vida sostenibles a los agricultores o utilizan prácticas agroecológicas.

Aun cuando los agricultores no vendan directamente a los mercados de exportación, a menudo resultan afectados por la competencia y las políticas comerciales internacionales, y por las tendencias en los mercados de alimentos, que influyen en la comercialización, las ventas y los precios locales de los productos alimenticios. Estas tendencias han producido beneficios para las grandes corporaciones alimentarias y los grandes agricultores que pueden competir de manera eficaz en el sistema, y han contribuido al crecimiento de las agroindustrias y de otras actividades económicas conexas relacionadas con el transporte y la infraestructura. También han proporcionado beneficios a los consumidores de productos alimenticios comercializados a nivel local y mundial, mediante las exportaciones globales. Las poblaciones rurales, incluidos agricultores familiares, han participado activamente en estos cambios, a menudo como trabajadores en las operaciones agrícolas o las industrias alimentarias, o como proveedores de los productos solicitados por las compañías y los elaboradores de alimentos, que son los compradores en la cadena de suministro. Sin embargo, estos cambios pocas veces han traído beneficios duraderos para los pequeños agricultores, los agricultores de bajos ingresos o las personas rurales sin tierras. Los datos empíricos muestran que, en estas situaciones en que los mercados comerciales pasan a ser predominantes, los pequeños agricultores han sido objeto de una marginación o desplazamiento crecientes o un empobrecimiento (Fan *et al.*, 2013). Estas tendencias predominantes en los mercados han exacerbado con frecuencia las desigualdades, en especial donde no existen sistemas o políticas de apoyo para ayudar a los pequeños productores.

Existen estudios y datos empíricos que demuestran que la creciente integración en los sistemas o mercados alimentarios formales del mundo impone requisitos y obligaciones cada vez más rigurosos y específicos a los agricultores en relación con sus prácticas de producción, y da lugar a una creciente competencia entre los productores para atender tales demandas. Los productores en general están vinculados por contratos o acuerdos formales. Estos requisitos son:

- » variedad de cultivos (incluidas semillas específicas) y volumen de cultivos en períodos de tiempo especificados;
- » normas detalladas con respecto a los rendimientos y la calidad de los cultivos (entre ellas, tamaño, forma y otras características de presentación específicas), y los aspectos relacionados con la inocuidad, entre otros;
- » plazos para la producción, la recolección, la manipulación y/o el almacenamiento;
- » distribución, transporte y métodos de envasado;
- » prácticas e insumos específicos para lograr los rendimientos previstos (fertilizantes, plaguicidas y otros insumos).

En sus relaciones con los compradores, los productores se deben adecuar a estos requisitos de comercialización si quieren que les compren sus productos y que los proveedores los sigan contratando. Al mismo tiempo, los productores muy pocas veces tienen poder de negociación para fijar los precios de sus productos. A menudo son objeto de prácticas injustas de fijación



de precios, reciben pagos muy bajos y obtienen ganancias muy exiguas en comparación con los compradores u otros actores de la cadena de suministro. En estas situaciones, muchos agricultores pasan a depender de los compradores para obtener sus ingresos. Muchas veces, para comprar semillas, plaguicidas, fertilizantes u otras tecnologías específicas necesarias para producir los cultivos requeridos por los mercados comerciales, se ven obligados a solicitar préstamos y créditos a sus proveedores o a los bancos que están vinculados a los compradores.

Además, las compañías que fabrican y venden semillas, plaguicidas y fertilizantes generalmente trabajan en estrecho contacto con los compradores de alimentos y los extensionistas para instruir a los agricultores sobre las prácticas y los insumos que hay que utilizar (Thrupp *et al.*, 1995; Conroy *et al.*, 1996). Estas iniciativas, cuyo objetivo es aumentar las oportunidades en los mercados de exportación, también están directamente relacionadas con las políticas y programas de los organismos de desarrollo y vinculadas a los intereses comerciales de las compañías de los países del Norte. Por ejemplo, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) ha promovido activamente la aplicación de políticas y programas en América Latina para fomentar las exportaciones 'no tradicionales' (es decir, cultivos especializados de alto valor como frutas y hortalizas), en lugar de las exportaciones tradicionales de café, banano y caña de azúcar (Thrupp *et al.*, 1995; Conroy *et al.*, 1996). Los organismos de desarrollo relacionados con estos programas agroexportadores en general cuentan con expertos técnicos que también recomiendan y avalan prácticas y normas que satisfacen las demandas de los importadores y los mercados de productos globalizados.

De no cumplir con las demandas de mercado de los compradores en la cadena de suministro, los productores pocas veces podrán participar y conservan sus medios de vida en este mercado competitivo. Los agricultores hacen frente a sanciones o pérdidas de los contratos en el caso de que no utilicen determinadas prácticas y no satisfagan las calidades y demandas del mercado.

¿De qué manera estas tendencias se relacionan con la agroecología o con el uso de otras prácticas agrícolas 'sostenibles'? Muchas de estas tendencias asociadas con la integración comercial en el mercado mundial imponen limitaciones o barreras a la adopción de principios y prácticas agroecológicas por parte de los agricultores, dado que estos deben cumplir con los siguientes requisitos de mercado de los compradores:

- » utilizar variedades o semillas de cultivos especiales que suelen exigir la práctica del monocultivo, y no utilizar otras variedades más que en contadas ocasiones;
- » utilizar los insumos recomendados de plaguicidas y fertilizantes especiales solicitados por los compradores para obtener los resultados de producción deseados (pero que, en general, son contrarios a la agroecología).

Estas obligaciones contradicen los principios básicos de la agroecología que atribuyen importancia a la diversidad en la variedad de los cultivos y los sistemas de producción agrícola, a la adaptación de los cultivos a las condiciones geográficas y ecológicas locales, y a la eliminación (o reducción significativa) de los plaguicidas y fertilizantes químicos, para evitar problemas ecológicos y económicos en los sistemas de producción agrícola.

En estas situaciones, los agricultores a menudo pasan a depender del uso de plaguicidas y fertilizantes costosos, que con frecuencia los obligan a solicitar préstamos y endeudarse, aunque muy pocas veces reciben capacitación o equipo adecuado para la utilización de estos productos químicos. Además, los productos agroquímicos a menudo no garantizan una eficacia a



largo plazo en la lucha contra las plagas y pueden agravar los problemas, debido a los métodos de aplicación inadecuados, la resistencia y reaparición de las plagas, los residuos hallados en los productos y los riesgos relacionados con la salud y la inocuidad de los alimentos. Además, el uso continuado de fertilizantes químicos ha contribuido a los costos sociales y ambientales a largo plazo relacionados con los problemas de escorrentía y contaminación de las aguas en algunas situaciones.

Estos cultivos básicos comercializados también están sujetos a factores como niveles de competencia elevados, inestabilidad de los mercados, incertidumbre de los contratos, volatilidad de los precios, vulnerabilidad a las fluctuaciones de los precios o la demanda y requisitos específicos establecidos por los mercados destinatarios (por ejemplo, requisitos de calidad para los productos importados en la Unión Europea). Estos problemas son particularmente manifiestos en contextos relacionados con la producción para la exportación, como lo demuestran los casos de los tirabeques en Guatemala y la piña tropical en Ghana (Thrupp *et al.*, 1998; Takane, 2004; Whitfield, 2010). Además, las condiciones y requisitos relacionados con estos sistemas de producción alimentaria en los mercados formales han generado importantes desigualdades; los pequeños agricultores y los trabajadores pocas veces obtienen beneficios duraderos. Por otro lado, en la medida en que los agricultores pasan a depender fuertemente de la demanda del mercado y de las obligaciones impuestas por sus compradores, suelen perder el control sobre sus decisiones y medios de vida. Como han afirmado algunos agricultores brasileños, se sienten “rehenes” o víctimas de la cadena de suministro en que están obligados a trabajar (Vavra, 2009).

Los mercados mundiales de exportación de hortalizas, frutas y otros productos han puesto de manifiesto estos problemas. Trátese de Guatemala, el Perú o Ghana, de los tirabeques, las papas o las piñas, las demandas de mercado exigen que los productores usen enfoques convencionales con elevado empleo de insumos (Thrupp *et al.*, 1995; Thrupp *et al.*, 1998). A veces, en los Estados Unidos de América los mercados de los principales productos básicos, ya sean importantes cultivos de cereales o cultivos especializados (por ejemplo, uvas para vino, almendras y frutas), generalmente ejercen presión sobre los agricultores para que utilicen prácticas industriales estandarizadas y raramente permiten el uso de variedades de cultivos, prácticas y calidades alternativas. Algunas excepciones a estas tendencias se pueden observar en las cadenas de suministro denominadas ‘sistemas agroalimentarios alternativos’, que incluyen, por ejemplo, los productos orgánicos, ‘sostenibles’ o ‘cultivados en el lugar’ que se describen en la siguiente sección.

ALTERNATIVAS: OPORTUNIDADES INNOVADORAS DE MERCADO Y CAMBIOS NORMATIVOS

Los crecientes esfuerzos por introducir enfoques agroecológicos en los sistemas alimentarios y prestarles apoyo se asocian generalmente con organizaciones no gubernamentales (ONG), actividades de grupos de pequeños agricultores y algunos científicos que trabajan sobre enfoques alternativos. En algunos casos, los programas agroecológicos se asocian con organizaciones internacionales o fundaciones; por ejemplo, el Centro para la Investigación en Sistemas



Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) en Colombia (Murgueitio *et al.*, 2015), Naturaleza Viva en Argentina (Vénica y Kleiner, 2015), Songhai en Benín (Nzamujo, 2015) y ActionAid en Nepal (Marcatto y Tiwari, 2015). Muchos de estos esfuerzos son relativamente pequeños, aislados y poco cohesionados (aunque la situación está cambiando con la creciente participación de los movimientos sociales), y muy pocas veces están conectados con las demandas o condiciones del mercado. A menudo tropiezan con barreras que impiden su adopción más amplia y, de hecho, se ven obstaculizados por las presiones ejercidas por los mercados principales y predominantes, y por las tendencias a la consolidación descritas anteriormente.

Al mismo tiempo, algunos esfuerzos han tratado de hacer frente a estos retos mediante la introducción de cambios en el mercado, como el desarrollo de mercados para sistemas alimentarios alternativos destinados a apoyar prácticas de producción responsables ecológica y socialmente, mediante la comercialización directa y el acortamiento de las cadenas de suministro para los agricultores, en especial entre los pequeños propietarios. A menudo, estas iniciativas tienen como meta conectar a los productores de manera más directa con los compradores y los consumidores. Además, promueven la reducción del empleo de insumos químicos en la fase de producción y una mayor diversidad en los sistemas de producción agrícola (Goodman, 2004). Estos enfoques tienen más probabilidades de apoyar las prácticas agroecológicas, incluidos sus componentes ecológicos, sociales y políticos (Goodman, 1999). Existe un interés y una demanda crecientes de productos agrícolas con características particulares de calidad por parte de los consumidores, y algunos sugieren que una de las características más buscadas es la indicación de que se trata de un producto local o de comercio justo (Goodman, 2004; Roseland y Soots, 2007).

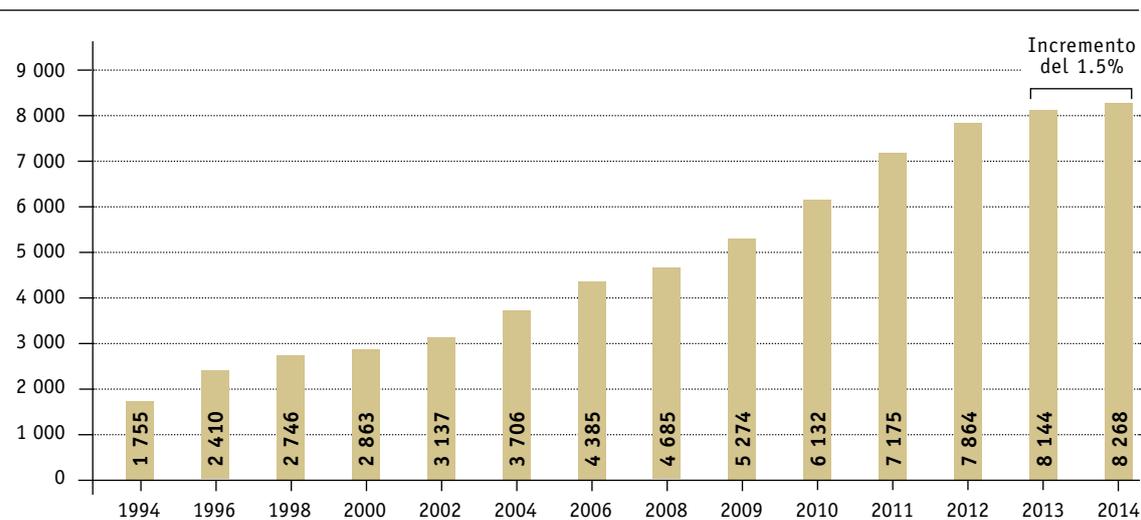
Existen varios ejemplos de esfuerzos por acortar la cadena alimentaria y conectar directamente a los productores con los consumidores. A menudo, los mercados de agricultores, en los que los productores agrícolas provenientes de zonas cercanas se reúnen para vender sus productos, ponen en valor la diversidad de productos y ofrecen alimentos más frescos y nutritivos a las comunidades locales. Aunque el comercio de alimentos desde las granjas hasta las zonas urbanas cercanas es una práctica arraigada, el fenómeno ha ido en aumento en los últimos años (véase la Figura 3). Los planes agrícolas apoyados por las comunidades ofrecen a los agricultores la posibilidad de vincularse con la comunidad local para un apoyo recíproco³. Del mismo modo, los centros de acopio de alimentos permiten que los pequeños productores se reúnan y tengan acceso a recursos (por ejemplo, infraestructura de elaboración y distribución), de los que no dispondrían como productores individuales (USDA, 2012).

Además, las iniciativas de agricultura urbana han aumentado considerablemente en todo el mundo (FAO, 2015). Muchos de estos programas adoptan enfoques agroecológicos, se ejecutan en zonas urbanas de bajos ingresos y abarcan diversos grupos en un intento por atender las necesidades de acceso a los alimentos y en materia de justicia alimentaria. Uno de los ejemplos más notables de un país en que se practica la agricultura agroecológica en gran escala es Cuba, donde, durante varios decenios, la producción alimentaria en zonas urbanas y periurbanas ha

³ Véase: www.nal.usda.gov/afsic/pubs/csa/csadef.shtml



Figura 3. Recuento nacional de listas de directorios de mercados de agricultores en los Estados Unidos de América



La información sobre los mercados de agricultores es voluntaria y se notifica al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Fuente: USDA, 2014

seguido los principios agroecológicos, entre ellos, la gestión de la materia orgánica del suelo y el compostaje, técnicas de manejo integrado de lucha contra plagas y prácticas de riego por goteo para ahorrar agua (FAO, 2014; Colozza y Choptiany, 2015). Existen varios otros ejemplos de prácticas agroecológicas aplicadas en zonas urbanas y periurbanas del mundo, como se documenta en (FAO, 2012), y América Latina y el Caribe (FAO, 2014).

Además, existen muchos programas alternativos de certificación agrícola que se han introducidos en la cadena de suministro en los últimos años, en general con el objetivo de promover enfoques responsables ecológica y socialmente en la producción y los mercados de alimentos. El enfoque más conocido y generalizado de establecimiento de normas para los productos alimentarios mediante planes de certificación es la Agricultura Orgánica⁴, un método de producción basado en los siguientes cuatro principios: salud, ecología, equidad y precaución (IFOAM, 2015). En los últimos 20 años, la agricultura orgánica se ha formalizado en sistemas alimentarios a nivel mundial, con arreglo a normas definidas generalmente por órganos gubernamentales⁵ (Bruinsma, 2003). Existen otros programas de certificación

⁴ Para una definición de la agricultura orgánica véase la normativa utilizada por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM): www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture

⁵ Por ejemplo, véase el Programa Orgánico Nacional administrado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (www.ams.usda.gov/AMSV1.0/nop) y la normas de certificación orgánica establecidas por la Unión Europea (www.ec.europa.eu/agriculture/organic/).



más recientes relacionados con la sostenibilidad en la agricultura, que se pueden definir de diferentes maneras. Algunos de estos programas incluyen elementos agroecológicos. Algunos programas de certificación se han concebido para determinados productos, como banano, café, cacao y vino, y han sido elaborados por corporaciones o grupos empresariales como ejemplos se pueden citar Food Alliance⁶, Rain Forest Alliance⁷, Bird Friendly Coffee⁸ y Coffee and Farmer Equity (C.A.F.E.)⁹. A menudo, estos programas de certificación están diseñados por compradores que quieren satisfacer las demandas de consumidores interesados en promover prácticas de producción alternativas más responsables desde el punto de vista ambiental. Otros programas de certificación, como varias certificaciones de comercio justo¹⁰, o la Equitable Food Initiative (EFI)¹¹, también abordan aspectos de la responsabilidad social, desde fijar precios justos para los productores hasta garantizar salarios, protección y salud adecuados para los trabajadores en el sistema alimentario (Mohan, 2010). Muchos de estos programas también abarcan actividades encaminadas a asegurar precios más altos para los agricultores que utilizan prácticas beneficiosas (o menos nocivas) para el medio ambiente y los recursos humanos.

Aunque las certificaciones y las normas aplicables a los productos agrícolas pueden tener beneficios directos para los pequeños agricultores, preocupa de manera creciente que muchas de estas redes agroalimentarias alternativas, al crecer en escala, comiencen a seguir el camino de los sistemas agrícolas industriales. Por ejemplo, en el caso de la agricultura orgánica, la creciente demanda de productos certificados ha promovido la expansión de monocultivos en gran escala que, aunque utilizan menores cantidades de insumos químicos, a veces se parecen en gran parte a los sistemas intensivos de monocultivo convencionales en lo que se refiere a la diversidad ecosistémica (Kremen *et al.*, 2012).

A la luz de estos antecedentes, promover enfoques agroecológicos que no se limiten a los sistemas de certificación, y que tengan en cuenta las dinámicas sociales y económicas junto con las consideraciones ecológicas, puede representar un paso adelante hacia la difusión de prácticas agrícolas sostenibles y su conexión con los mercados. Ya se han puesto en marcha mecanismos para el logro de esta meta, que pueden ayudar a hacer frente a las presiones de los sistemas predominantes del mercado alimentario, como por ejemplo las estrategias cooperativas y los movimientos agroecológicos entre los pequeños agricultores. La Vía Campesina y otras redes de agricultores figuran entre aquellas que han ayudado a impulsar la defensa de los medios

⁶ Véase: <http://foodalliance.org/>

⁷ Véase: www.rainforest-alliance.org/

⁸ Véase: <http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/>

⁹ Véase: www.starbucks.co.uk/responsibility/sourcing/coffee

¹⁰ Como el programa promovido por Fair Trade International (www.fairtrade.net/) para certificar productos específicos (por ejemplo, café, banano); y el programa promovido por la Organización Mundial del Comercio Justo (www.wfto.com) que certifica a las organizaciones que trabajan con los sectores agrícolas y no agrícolas que respetan determinadas normas de comercio justo.

¹¹ Véase: www.equitablefood.org



de vida y los derechos de los pequeños agricultores (Pimbert, 2009). Estas organizaciones y redes están tratando de defenderse de la imposición de normas de mercado globalizadas que rara vez atienden sus intereses.

Estos esfuerzos se deben fortalecer para adquirir mayor valor en el conjunto del sistema alimentario. Los programas actuales relacionados con la agroecología en general se oponen al mercado o lo evita, y dependen en gran parte de las ONG y del apoyo de fundaciones u organismos internacionales. Aunque se trata de una actitud comprensible, debido a que los mercados raramente favorecen sus intereses, simplemente no se pueden ignorar, desestimar o desechar estas cuestiones relativas a las cadenas de suministro mundiales y el poder de los mercados si se quieren lograr soluciones alternativas, sostenibles, agroecológicas y equitativas.

CONCLUSIÓN

Aunque la atención a las prácticas agroecológicas va en aumento tanto a nivel de políticas como de aplicación práctica, para que el movimiento crezca en magnitud y pueda aumentar su impacto, todavía hace falta abordar y reforzar varios puntos. Se deben fortalecer en mayor medida los sistemas de mercado alternativos, entre ellos las cadenas de suministro de alimentos orgánicos o de producción local que benefician a los pequeños agricultores al vincularlos de manera más directa con los mercados y que contribuyen a la seguridad alimentaria. Por otro lado, se ha de reducir el apoyo a la agricultura que utiliza de manera intensiva productos químicos, y los recursos que se obtengan de esta reducción deben reorientarse para promover sistemas agrícolas sostenibles y racionales desde un punto de vista agroecológico, cadenas de suministros y mercados alternativos, y enfoques de investigación y desarrollo agroecológico participativos y centrados en los agricultores. Se deben modificar los sistemas de crédito y seguro para que reconozcan el valor de los enfoques agroecológicos.

En lo que se refiere a las políticas, también es importante que los grupos trabajen sobre enfoques agroecológicos para fortalecerse mediante las asociaciones y la colaboración estratégica a través de las regiones y las fronteras nacionales. Los movimientos a favor del cambio pueden ser empoderados mediante la colaboración y la cooperación. Aquí también se incluyen las alianzas con organizaciones y con esfuerzos encaminados a aumentar las oportunidades económicas y la igualdad entre los pequeños agricultores en general. Esto es lo que está sucediendo ya en cierta medida a través de La Vía Campesina y otras redes que organizan y promueven el cambio entre los pequeños agricultores. Aunque siguen habiendo millares de agricultores y personas sin tierra (entre ellos los trabajadores agrícolas) que todavía no colaboran con los esfuerzos a favor del cambio, estas personas constituyen partes interesadas fundamentales para fomentar alianzas y actividades que pueden efectivamente modificar los sistemas alimentarios mediante un mayor apoyo a la agroecología y la justicia en dichos sistemas.



REFERENCIAS

- Altieri, M.A.** 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2nd Edition. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A., Funes-Monzote, F.R. & Petersen, P.** 2011. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1): 1-13.
- Arias, P., Hallam, D., Krivonos, E. & Morrison, M.** 2013. *Smallholder Integration in Changing Food Markets*. Roma, FAO (disponible en: www.fao.org/docrep/018/i3292e/i3292e.pdf).
- AUSC.** 2015. Agricultura Urbana - Boletín Informativo. *Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana*, 20 de abril de 2015 (disponible en: www.ausc.co.cu/index.php/boletin-de-la-agricultura-urbana/finish/13-2015/133-boletin-no-9-edicion-extraordinaria).
- Boardman, J., Poesen, J. & Evans, R.** 2003. Socio-economic factors in soil erosion and conservation. *Environmental Science & Policy*, 6: 1-6.
- Bruinsma, J.** (ed.). 2003. *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective*. Londres, FAO, Earthscan.
- Cohn, A., Cook, J., Fernandez, M., Reider, R. & Steward, C.** 2006. *Agroecology and the Struggle for Food Sovereignty in the Americas*. Yale F&ES Publication Series Report Number 4 (disponible en: http://environment.yale.edu/publication-series/documents/downloads/o-u/report_4_english.pdf).
- Colozza, D. & Choptiany, J.M.H.** 2015. Urban and peri-urban agroecological production systems. *En FAO. Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO Roma*, FAO.
- Conroy, M., Murray, D. & Rosset, P.** 1996. *A Cautionary Tale: Failed US Development Policy in Central America*. Lynne Reiner.
- Constance, D.H., Hendrickson, M. & Howard, P.H.** 2014. Agribusiness Concentration: Globalization, Market Power, and Resistance. *In* W.D. Schanbacher, ed. *The Global Food System: Issues and Solutions*, pp. 31-58. ABC-CLIO, Santa Barbara, CA, USA.
- De Schutter, O.** 2011. *Agroecology and the Right to Food*. Report presented at the 16th session of the United Nations Human Rights Council [A/HRC/16/49], 8 March, 2011.
- Desti, L., Kassie, M., Benin, S. & Pender, J.** 2000. *Land degradation and strategies for sustainable development in the Ethiopian highlands: Amhara region*. Socio-economic and Policy Research Working Paper No. 32. Nairobi, International Livestock Research Institute. 122 pp.
- Econexus.** 2013. *Agropoly: A handful of corporations control world food production*. Zurich, Switzerland, Berne Declaration & Econexus (disponible en: www.econexus.info/sites/econexus/files/Agropoly_Econexus_BerneDeclaration_wide-format.pdf).
- Emran, M.S. & Shilpi, F.** 2008. *The Extent of the Market and Stages of Agricultural Specialization*. Washington, DC, Banco Mundial.
- Ericksen, P.J.** 2006. Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environ. Change*, 18: 234-245.
- Fan, S., Brzeska, J., Keyzer, M. & Halsema, A.** 2013. *From subsistence to profit. Transforming smallholder farms*. International Food Policy Research Institute (IFPRI) Food Policy Report (disponible en: www.ifpri.org/sites/default/files/publications/pr26.pdf).
- FAO.** 2009. *The State of Agricultural Commodity Markets: High Food Prices and the Food Crisis*. Trade and Markets Division. Roma.
- FAO.** 2012. *Growing greener cities in Africa*. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Roma.



- FAO.** 2014. *Growing greener cities in Latin America and the Caribbean*. An FAO report on urban and periurban agriculture in the region. Rome.
- FAO.** 2015. *Urban agriculture* (available at: www.fao.org/urban-agriculture/en/; accessed: July, 2015).
- Gliessman, S.R.** 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd Edition. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Goodman, D.** 1999. Agro-Food Studies in the 'Age of Ecology': Nature, Corporeality, Bio-Politics. *Sociologia ruralis*, 39(1): 17-38.
- Goodman, D.** 2004. Rural Europe redux? Reflections on alternative agro-food networks and paradigm change. *Sociologia ruralis*, 44(1): 3-16.
- Government Office for Science.** 2011. *The Future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability*. Final project report. (Available at www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/288329/11-546-future-of-food-and-farming-report.pdf).
- Hernández, J.M. & Hernández, M.J.B.** 2010. Agricultura sustentavel e a construação de conhecimentos locais: uma experiência em Jalisco, Mexico. *Agriculturas*, 7(1): 34-39 (available at: www.agriculturesnetwork.org/magazines/brazil/construcao-de-territorios-camponeses/agricultura-sustentavel-e-a-construcao-de-at_download/article.pdf).
- Howard, P.H.** 2009. Visualizing Food System Concentration and Consolidation. *Southern Rural Sociology*, 24(2): 87-110.
- IFAD.** 2003. *Promoting market access for the Rural Poor in Order to Achieve the Millennium Development Goals*. Roundtable Discussion Paper for the Twenty-Fifth Anniversary Session of IFAD's Governing Council (available at: www.ifad.org/gbdocs/gc/26/e/markets.pdf).
- IFOAM.** 2015. *Principles of Organic Agriculture*. Bonn, Germany, International Federation of Organic Agriculture Movements (available at: www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_english_web.pdf).
- Kremen, C., Iles, A. & Bacon, C.** 2012. Diversified farming systems: an agro-ecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society*, 17(4): 44 (available at: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05103-170444>).
- Lloyd, P.J., Croser, J.L. & Anderson, K.** 2009. *Global Distortions to Agricultural Markets: New Indicators of Trade and Welfare Impacts, 1955 to 2007*. Washington DC, World Bank.
- Louw, A., Jordaan, D., Ndanga, L. & Kirsten, J.F.** 2008. Alternative marketing options for small-scale farmers in the wake of changing agri-food supply chains in South Africa. *Agrekon*, 47(3): 287-308.
- Marcatto, C. & Tiwari, S.** 2015. ActionAid's experiences in agroecology. En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO*. Roma, FAO.
- McCullough, E.B., Pingali, P.L. & Stamoulis, K.G.** (eds.). 2008. *The Transformation of Agri-Food Systems: Globalization, Supply Chains and Smallholder Farmers*. London, FAO & Earthscan. 416 pp.
- McKay, B. & Nehring, R.** 2014. *Sustainable agriculture: an assessment of Brazil's family farm programmes in scaling up agroecological food production*. Working Paper No. 123. Brasilia, International Policy Centre for Inclusive Growth (IPC-IG) (available at: www.ipc-undp.org/pub/IPCWorkingPaper123.pdf).
- Mohan, S.** 2010. *Fair trade without the froth. A dispassionate economic analysis of 'fair trade'*. London, The Institute of Economic Affairs (available at: www.iea.org.uk/sites/default/files/publications/files/upldbook524pdf.pdf).
- Murgueitio, E., Calle, Z., Chará, J., Uribe, F. & Molina, C.H.** 2015. Intensive silvopastoral systems: sustainable cattle ranching and environmental management. En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO*. Roma, FAO.
- Murphy, S.** 2012. *Changing Perspectives: Small-scale farmers, markets and globalisation*. Revised edition. London & The Hague, International Institute for Environment and Development (IIED) & Hivos.
- Nzamujo, G.** 2015. Songhai intensive and regenerative agriculture: an agroecological system deploying Africa's environmental capital. En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO*. Roma, FAO.



- Parmentier, S.** 2014. *Scaling-up agroecological approaches: what, why and how?* Discussion paper. Oxfam-Solidarity (available at: http://futureoffood.org/pdfs/OXFAM_2014_Scaling_Up_Agroecological_Approaches.pdf).
- Pimbert, M.** 2009. *Towards food sovereignty. Key highlights in sustainable agriculture and natural resource management.* Gatekeeper 141. London, International Institute for Environment and Development (IIED) (available at: <http://pubs.iied.org/pdfs/14585IIED.pdf>).
- Ronchi, L.** 2006. *"Fairtrade" and Market Failures in Agricultural Commodity Markets.* Washington, DC, World Bank.
- Roseland, M. & Soos, L.** 2007. Strengthening Local Economies. In L. Starke, ed. *State of the World: Our Urban Future*, pp. 152-171. Worldwatch Institute. New York, USA, W.W. Norton & Company, Inc.
- Rosset, P.M. & Benjamin, M.** (eds.). 1994. *The Greening of the Revolution: Cuba's experiment with organic agriculture.* Melbourne, Australia, Ocean Press.
- Rosset, P.M., Machín Sosa, B., Roque Jaime, A.M. & Ávila Lozano, D.R.** 2011. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38(1): 161-191.
- Takane, T.** 2004. Smallholders and nontraditional exports under economic liberalization: the case of pineapples in Ghana. *African Study Monographs*, 25(1): 29-43.
- Thiemann, L.** 2015. Operationalising food sovereignty through an investment lens: how agro-ecology is putting 'big push theory' back on the table. *Third World Quarterly*, 36(3): 544-562.
- Thrupp, L.A.** 2002. *Fruits of Progress: Growing Sustainable Farming and Food Systems.* Washington, DC, World Resources Institute.
- Thrupp, L.A., Bergeron, G. & Waters, W.F.** 1995. *Bittersweet Harvests for Global Supermarkets: Challenges in Latin America's Agricultural Export Boom.* Washington, DC, World Resources Institute.
- Thrupp, L.A., Nagpal, T. & Veit, P.** 1998. Nontraditional Agricultural Exports in Africa: Rewards, Risks, and Opportunities for Change. In P. Veit, ed. *Africa's Valuable Assets - A Reader in Natural Resource Management*, pp. 329-364. Washington, DC, World Resources Institute.
- UNCTAD.** 2006. *Tracking the trend towards market concentration: The case of the agricultural input industry.* United Nations Conference on Trade and Development (available at: http://unctad.org/en/Docs/ditccom200516_en.pdf).
- USDA.** 2012. *Regional food hub resource guide.* Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture (available at: www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5097957).
- USDA.** 2014. *Farmers markets and local food marketing.* Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture (available at: www.ams.usda.gov/AMSV1.0/ams.fetchTemplateData.do?template=TemplateS&leftNav=WholesaleandFarmersMarkets&page=WFMFarmersMarketGrowth&description=Farmers+Market+Growth; accessed: July, 2015).
- Vavra, P.** 2009. *Role, Usage and Motivation for Contracting in Agriculture.* OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers No. 16. OECD Publishing (available at: <http://dx.doi.org/10.1787/225036745705>).
- Vénica, R. & Kleiner, I.** 2015. *Naturaleza Viva.* En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO.* Roma, FAO.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C.** 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 503-515.
- Whitfield, L.** 2010. *Developing technological capabilities in agro-industry: Ghana's experience with fresh pineapple exports in comparative perspective.* Danish Institute for International Studies Working Paper No. 28. Copenhagen.
- Wiggins, S. & Sharada, K.** 2013. *Leaping and Learning: Linking smallholders to markets in Africa.* London, Agriculture for Impact, Imperial College and Overseas Development Institute.



15

AGROECOLOGÍA: DISEÑAR PEQUEÑOS SISTEMAS AGRÍCOLAS RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO

Clara I. Nicholls, Miguel A. Altieri

Universidad de California, Berkeley, y Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)
Correo electrónico: claranicholls@icloud.com; agroeco3@berkeley.edu



© Manon Koningstein/CIAT



Resumen

Se prevé que el cambio climático, a través del aumento de las temperaturas terrestres en el mundo, tenga diversas repercusiones en la producción agrícola, con consecuencias en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones. Los más afectados deberían de ser los pequeños agricultores, cuya producción agrícola podría sufrir cuantiosas pérdidas. La adaptación se considera un factor clave para atenuar la gravedad de las repercusiones en la producción de alimentos. Afortunadamente, en los países en desarrollo todavía perduran muchos sistemas tradicionales de producción agrícola, que constituyen repositorios de una gran riqueza de principios y medidas que, de difundirse efectivamente, pueden ayudar a millares de pequeños agricultores a fortalecer su resiliencia ante fenómenos climáticos extremos. Es muy importante comprender las características agroecológicas subyacentes a la resiliencia de los agroecosistemas tradicionales, pues pueden sentar la base para el diseño de sistemas agrícolas adaptados. Entre las estrategias agroecológicas utilizadas por los pequeños agricultores para reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática figuran la diversificación de cultivos, la conservación de la diversidad genética local, la integración de la producción animal, la gestión orgánica del suelo, y la conservación y captación del agua. Las observaciones del rendimiento agrícola tras los fenómenos climáticos extremos (huracanes y sequías) ocurridos durante los dos últimos decenios han puesto

de manifiesto los estrechos lazos existentes entre la resiliencia ante los desastres climáticos y la presencia de elevados niveles de biodiversidad en las granjas. Los estudios sobre el terreno y sus resultados presentados en la literatura indican que los agroecosistemas son más resilientes cuando forman parte de una matriz compleja de paisaje, caracterizada por la utilización de germoplasma local adaptado en sistemas de cultivo diversificados, sobre suelos ricos en materia orgánica y con técnicas de conservación y captación del agua. Es indispensable identificar los sistemas que han resistido a fenómenos climáticos últimamente o en el pasado, y comprender las características agroecológicas que les permitieron perdurar o recuperarse tras fenómenos extremos. Los principios y prácticas de la resiliencia en que se basa el éxito de estas granjas se pueden difundir a millares de agricultores a través de las redes de ‘campesino a campesino’ para extender las prácticas agroecológicas que mejoran la resiliencia de los agroecosistemas. Hasta los ecosistemas biodiversos pueden verse amenazados por el cambio climático a largo plazo, si no se someten a un proceso constante de adaptación o, inclusive, de transformación. Por consiguiente, la adaptación de la agrobiodiversidad local, mediante prácticas agroecológicas, será una exigencia constante para hacer frente a la amenaza de cambios climáticos futuros.



INTRODUCCIÓN

Most scientists agree that climate change and variability will impact food and fibre production around the world because of the effects on plant growth and yield caused by elevated CO₂, higher temperatures, altered precipitation and transpiration regimes, increased frequency of extreme events, and modified weed, pest and pathogen pressure (IPPC, 2014). Many modelling studies suggest that an increased frequency of crop loss among small farmers in the developing world will occur because of climatic variability and the increased frequency of extreme events such as droughts and floods, or changes in precipitation and temperature variance (see Figure 1) (Rosenzweig and Hillel, 2008). Although it is true that extreme climatic events can severely impact small farmers, the available data only provides a gross approximation that lumps all small farmers together. This ignores the heterogeneity of small-scale agriculture and does not disaggregate on the basis of those applying agroecological practices versus those applying conventional practices. Perhaps the most relevant aspect of the relationships between climate change and peasant agriculture is the realization that many small farmers cope with and even prepare for climate change, minimizing crop failure through increased use of drought tolerant local varieties, water harvesting, mixed cropping, agroforestry, soil conservation practices and a series of other traditional techniques (Altieri and Koohafkan, 2008).

Observations of agricultural performance after extreme climatic events in the last two decades have revealed that resiliency to climate disasters is closely linked to the level of crop and genetic diversity used by farmers. Managing risk exposure is an important preoccupation of agricultural households in marginal environments; it is the only insurance mechanism available

Figure 1. **Las sequías afectarán gravemente a la producción de cultivos de secano, como este maíz de temporal en la región de la Mixteca en México**



© Miguel Altieri



to these farmers, derived from the use of inventive self-reliance, experiential knowledge, and locally available resources including on-farm biodiversity (Altieri, 2002). Many traditional farmers achieve durable benefits by using agroecological measures including the diversification of agro-ecosystems in the form of polycultures, agroforestry systems and mixed crop-livestock systems accompanied by organic soil management, water conservation and harvesting, and the general enhancement of agrobiodiversity. In this chapter we contend that understanding the agroecological features that underlie the resilience of traditional agro-ecosystems is an urgent matter, as these can serve as the foundation for the design of adapted agricultural systems. What is needed is an agroecological transformation of small farms by favouring field diversity and landscape heterogeneity – a strategy that represents a robust path to increasing the productivity, sustainability and resilience of agricultural production while reducing the undesirable socio-economic and environmental impacts of climate change (Altieri, 2002; De Schutter, 2010).

LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA COMO MODELOS DE RESILIENCIA

Muchos sistemas tradicionales de producción agrícola, que todavía perduran en muchos países en desarrollo, ofrecen una amplia variedad de opciones de gestión y diseño que mejoran la biodiversidad funcional en los campos de cultivo y, por tanto, contribuyen a la resiliencia de los agroecosistemas (Toledo y Barrera-Bassols, 2008; Koohafkan y Altieri, 2010). Acostumbrados a hacer frente durante siglos a fenómenos meteorológicos extremos y a la variabilidad climática, los agricultores que viven en entornos difíciles de África, Asia y América Latina han desarrollado o heredado sistemas complejos de producción agrícola gestionados de manera ingeniosa. Estos sistemas han permitido a los pequeños agricultores familiares atender sus necesidades de subsistencia en contextos de variabilidad ambiental sin depender de tecnologías agrícolas modernas (Denevan, 1995). El hecho de que todavía existan millones de hectáreas cultivadas de manera tradicional es la prueba fehaciente del éxito de estas estrategias agrícolas indígenas, y constituye un homenaje a la “creatividad” de los pequeños agricultores en todo el mundo en desarrollo (Wilken, 1987).

Una manifestación de esta creatividad son los millares de hectáreas de sistemas de cultivos en camas elevadas en las tierras de las sabanas y de las cuencas de montaña inundadas estacionalmente de Suriname, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. El origen de estos sistemas y su utilización se asocian tradicionalmente con cuestiones relacionadas con la gestión del agua, ya sea para ofrecer oportunidades de reducir las repercusiones negativas del exceso de agua en la producción agrícola, o bien para captar activamente el exceso de agua y regar los cultivos en períodos de escasez de lluvias. Otro ejemplo es el de los métodos de cultivo en zonas húmedas sujetas a inundaciones temporales, conocidos con el nombre de *chinampas* en el valle de México (Armillas, 1971) y los *waru waru* cerca del Lago Titicaca en el Perú y Bolivia (Erickson y Chandler, 1989).

Hoy, en pleno siglo XXI, millones de pequeños agricultores, agricultores familiares y poblaciones indígenas siguen practicando una agricultura de conservación de recursos. Esta



continuidad es el testimonio de la notable resiliencia que muestran los agroecosistemas ante los continuos cambios ambientales y económicos; además, contribuye de manera considerable a la conservación de la agrobiodiversidad y la seguridad alimentaria a nivel local, regional y nacional (Netting, 1993). Un examen de 172 estudios de caso e informes de proyectos del mundo entero muestra que la biodiversidad agrícola, tal como la utilizan los pequeños agricultores, contribuye a la resiliencia a través de varias estrategias, a menudo combinadas, como la protección y restauración de los ecosistemas, el uso sostenible de los recursos de suelo y agua, la agroforestería, la diversificación de los sistemas de producción agrícola, diversos ajustes en las prácticas de cultivos, y el uso y mejora de cultivos resistentes al estrés (Mijatovic *et al.*, 2013).

A pesar de la resiliencia de la agricultura tradicional, el cambio climático plantea graves problemas a alrededor de 370 millones de agricultores pobres que viven a menudo en zonas áridas y semiáridas y en zonas de montaña y colina ecológicamente vulnerables (Thornton, 2003). Hoy, en muchos países, cada vez más personas, en especial las de bajos ingresos, se ven forzadas a vivir en zonas marginales (esto es, llanuras inundables, laderas expuestas, tierras áridas o semiáridas), donde están expuestas a las repercusiones adversas de la variabilidad climática. Hasta cambios climáticos menores pueden tener consecuencias desastrosas en las vidas y medios de subsistencia de estos grupos vulnerables. Las implicaciones para la seguridad alimentaria podrían ser muy profundas, en especial para los agricultores de subsistencia que viven en entornos remotos y frágiles con rendimientos tradicionalmente muy bajos. Estos agricultores dependen de cultivos que podrían resultar gravemente afectados, como maíz, frijol, papa y arroz; además, sus posibilidades de adaptación a una disminución adicional de los rendimientos son muy pocas.

No obstante la gravedad de las implicaciones de las predicciones basadas en modelos, estos datos representan una aproximación general de los efectos del cambio climático en la agricultura en pequeña escala; muchas veces, no tienen en cuenta la capacidad de adaptación de los pequeños agricultores, quienes se valen de varias estrategias agroecológicas y redes de solidaridad social para adaptarse e incluso prepararse a la variabilidad climática extrema (Altieri y Koohafkan, 2008). Los datos en que se presentan estas previsiones sobre las repercusiones de las condiciones meteorológicas extremas en los pequeños agricultores, agrupan a todos ellos indistintamente y no distinguen entre los que aplican prácticas agroecológicas y los que utilizan métodos convencionales. Muchos investigadores han constatado que las poblaciones nativas y las comunidades locales, pese a ser muy sensibles a los riesgos, reaccionan activamente a la evolución de las condiciones climáticas y han demostrado su inventiva y resiliencia ante el cambio climático. Estrategias como la conservación de la diversidad genética y de especies de los cultivos y el ganado representan una solución de bajo riesgo en entornos climáticos inciertos (Altieri y Nicholls, 2013). Gracias a la diversidad temporal y espacial que crean, los pequeños agricultores añaden una diversidad funcional y una resiliencia aun mayor a los sistemas expuestos a fluctuaciones temporales del clima (Perfecto *et al.*, 2009).

Un estudio realizado en varios países, en que se examinó la resiliencia de los pequeños sistemas agrícolas africanos ante la variabilidad y el cambio climático entre 2007 y 2010, puso de manifiesto las prioridades atribuidas por los pequeños agricultores a las estrategias



de adaptación al cambio climático: i) mejora de la fertilidad de suelo con abono verde y residuos orgánicos; ii) conservación del agua y el suelo; iii) elaboración de mecanismos para el establecimiento y mantenimiento de reservas alimentarias estratégicas locales; iv) apoyo a las redes tradicionales de seguridad social para proteger a los grupos sociales vulnerables; v) conservación de los árboles frutales nativos y otras variedades de cultivos adaptadas localmente; vi) utilización de prácticas alternativas de barbecho y labranza para hacer frente a las carencias de nutrientes y humedad asociadas con el cambio climático, y vii) modificación de la topografía del terreno para hacer frente a las carencias de humedad asociadas con el cambio climático y reducir el riesgo de degradación de la tierras agrícolas (Mapfumo *et al.*, 2013).

BIODIVERSIDAD Y RESILIENCIA EN LOS AGROECOSISTEMAS

En los sistemas agrícolas, el nivel existente de biodiversidad puede marcar la diferencia entre un sistema que experimenta estrés y otro que se muestra resiliente ante una perturbación biótica o abiótica. En todos los agroecosistemas, la diversidad de organismos es necesaria para garantizar su funcionamiento y la prestación de servicios ecosistémicos (Altieri y Nicholls, 2004). Cuando los agroecosistemas se simplifican, se eliminan enteros grupos funcionales de especies, lo que hace que el equilibrio del sistema pase de un estado deseable a otro menos deseable, además de afectar a la capacidad de reaccionar a los cambios y generar servicios ecosistémicos (Folke, 2006). En los agroecosistemas se pueden distinguir dos categorías de diversidad: la diversidad funcional y la diversidad de respuesta. La diversidad funcional se refiere a la variedad de organismos y servicios ecosistémicos que el sistema ofrece y que le permiten seguir funcionando (Loreau *et al.*, 2001). La diversidad de respuesta es la diversidad de reacciones de las especies que contribuyen a la misma función ecosistémica ante un cambio ambiental. Un ecosistema agrícola con un elevado nivel de diversidad de respuesta es más resiliente a varios tipos y grados de perturbaciones (Cabell y Oelofse, 2012).

La biodiversidad mejora la función del ecosistema debido a que las diferentes especies o genotipos cumplen funciones distintas y, por tanto, ocupan nichos ecológicos diversos (Vandermeer *et al.*, 1998). En general, como el número de especies es muy superior al de las funciones, la redundancia es inherente al ecosistema agrícola. Por consiguiente, la biodiversidad mejora la función del ecosistema porque los componentes que en un determinado momento parecen redundantes, se vuelven importantes cuando se produce un cambio ambiental. La clave está en que cuando se produce un cambio ambiental, las redundancias del sistema permiten que este siga funcionando y prestando servicios ecosistémicos. Por otro lado, la diversidad de especies cumple una función de protección contra los problemas causados por las fluctuaciones ambientales, pues refuerza la capacidad de compensación del ecosistema agrícola. En caso de que una especie falle, otra puede desempeñar su papel, lo que hace más previsible las respuestas de la comunidad en su conjunto o las características del ecosistema (Lin, 2011).

Dado el papel positivo que desempeña la biodiversidad en lo que se refiere a la estabilidad de los agroecosistemas, muchos sostienen que el aumento de la diversidad de cultivos será aun más



importante en un futuro caracterizado por cambios climáticos notables. Una mayor diversidad en los agroecosistemas puede ofrecer protección contra las variaciones de las precipitaciones y las temperaturas y, posiblemente, invertir a largo plazo las tendencias descendentes de los rendimientos, dado que los múltiples cultivos y variedades responden de manera diferente a estas perturbaciones (Altieri y Koohafkan, 2013).

REFORZAR LA AGROBIODIVERSIDAD PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD

Durante decenios, los agroecologistas han sostenido que una estrategia fundamental para el diseño de sistemas agrícolas sostenibles consiste en reincorporar la diversidad en los campos agrícolas y los paisajes circundantes, y gestionarla de manera más eficaz (Altieri y Nicholls, 2004). La diversificación puede asumir muchas formas: variedad genética y diversidad de especies (por ejemplo, mezclas de variedades y policultivos), abarcar diferentes escalas, desde el campo hasta el paisaje (agroforestería, integración agropecuaria, setos vivos, corredores, etc.), y ofrecerle a los agricultores una amplia variedad de opciones y combinaciones para la aplicación de esta estrategia. La diversificación de un ecosistema agrícola hace que emerjan propiedades ecológicas que permiten que el sistema funcione conservando la fertilidad del suelo, la producción de cultivos y la regulación de las plagas. Existen muchas prácticas de gestión agroecológica que fomentan la diversidad y complejidad de los agroecosistemas que sustentan la calidad del suelo, la salud vegetal y la productividad de los cultivos. Muchos entomólogos y fitopatólogos sostienen que la diversidad interespecífica (especies) e intraespecífica (genética) reduce la vulnerabilidad de los cultivos a enfermedades y plagas de insectos específicas. Existe un amplio conjunto de obras que documentan la tendencia a la disminución de la incidencia de plagas de insectos y de la prevalencia de enfermedades en los sistemas de cultivos diversificados (mezclas de variedades, policultivos, sistemas agroforestales, etc.), con la consiguiente reducción de los daños y el aumento de los rendimientos en los cultivos mixtos, en comparación con los monocultivos correspondientes (Francis, 1986; Altieri, 2002).

Swiderska *et al.* (2011) han demostrado que el mantenimiento de diversas variedades de cultivos tradicionales (maíz, papa, arroz) y el acceso a semillas eran fundamentales para la adaptación y supervivencia de los agricultores pobres de China, Bolivia y Kenia. Incluso cuando se siembran junto a variedades modernas, las variedades tradicionales se conservan y constituyen una reserva en caso de que las condiciones no sean favorables (Figura 2). Por ejemplo, en China, cuando los agricultores de quince diferentes municipios sembraron cuatro mezclas diferentes de variedades de arroz en 3 000 hectáreas, la incidencia del anublo del arroz en sus cosechas se redujo en un 44 por ciento y los rendimientos aumentaron en un 89 por ciento en relación con los campos sembrados de variedades homogéneas, sin tener que utilizar funguicidas (Zhu *et al.*, 2000). El mantenimiento de una diversidad de especies sobre el terreno brinda protección contra las plagas de insectos y, también, contra la incertidumbre del tiempo. En Kenia, los científicos del Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (ICIPE) perfeccionaron un sistemas de 'rechazo-atracción' utilizando dos clases de planta cultivadas junto con el maíz: una planta



Figura 2. **El mantenimiento y despliegue de variedades tradicionales manejadas con tecnologías tradicionales ofrece protección contra el riesgo climático**



© Miguel Altieri

Muchos agricultores de Mixteca Alta, México, siguen usando el maíz de cajete, que es más resistente a la sequía que el maíz de temporal. Este maíz se siembra a una determinada profundidad del suelo, donde encuentra suficiente humedad para desarrollarse sin lluvia y producir rendimientos de subsistencia aceptables (Rogé *et al.*, 2014).

que repele las plagas de barrenadores (rechazo) y otra que los atrae (atracción) alejándolas del cultivo (Khan *et al.*, 1998). Dos de las plantas trampa más útiles son el pasto elefante y el paso Sudán (sembrados bordeando al maíz). Estas plantas atraen a los enemigos naturales de los barrenadores, como la avispa parasita (*Cotesia sesamiae*); además, son una fuente importante de forraje. Dos plantas que repelen eficazmente a los barrenadores (sembradas entre las hileras de maíz) son el pasto gordura, que también repele las garrapatas, y la *Desmodium uncinatum*, que mejora la supresión de la mala hierba parasita *Striga* en un factor del 40 por ciento en comparación con el monocultivo del maíz. La capacidad de fijar el nitrógeno de las especies *Desmodium* mejora la fertilidad del suelo y aumenta en un 15 por ciento a 20 por ciento el rendimiento del maíz. Además, es una fuente excelente de forraje (Khan *et al.*, 1998).

Diversidad de plantas y resiliencia

Los sistemas de producción agrícola diversificados, como los sistemas agroforestales, silvopastorales y de policultivos, ofrecen innumerables ejemplos de la forma en que los agroecosistemas complejos pueden adaptarse al cambio climático y resistir a sus efectos. Los sistemas agroforestales son ejemplos de sistemas agrícolas de gran complejidad estructural, que han demostrado que protegen a los cultivos contra las grandes variaciones de temperatura,



manteniéndolos muy cerca de sus condiciones óptimas (Lin, 2011). Los sistemas cafetaleros más sombreados han demostrado que protegen a los cultivos contra la disminución de las precipitaciones y la disponibilidad de agua en el suelo, dado que el dosel de los árboles reduce la evaporación y aumenta la infiltración de agua en el suelo (Lin, 2007).

El cultivo intercalado permite a los agricultores producir varios cultivos al mismo tiempo y reducir al mínimo los riesgos (Vandermeer, 1989). El policultivo presenta una mayor estabilidad de rendimiento, y su productividad se reduce menos que la del monocultivo durante las sequías. Natarajan y Willey (1986) examinaron los efectos de la sequía en los rendimientos de los policultivos manipulando el estrés hídrico en los cultivos intercalados de sorgo y cacahuete, mijo y cacahuete y sorgo y mijo. Todos estos cultivos intercalados mostraron constantemente un rendimiento superior, con cinco niveles de disponibilidad de humedad, variable entre 297 y 584 milímetros de agua aplicada durante la campaña agrícola. Es interesante observar que la diferencia de rendimiento aumentó con el nivel de estrés hídrico, y que con el aumento del estrés hídrico se acentuaban más las diferencias relativas de productividad entre monocultivos y policultivos (Natarajan y Willey, 1986).

Los sistemas silvopastorales intensivos son una forma sostenible de agroforestería para la producción ganadera, que combina plantaciones de alta densidad de arbustos forrajeros, árboles, palmeras y pastos mejorados. En estos sistemas, la alta densidad de carga y la producción natural de leche y carne se logran mediante el pastoreo de rotación con cercos eléctricos y un suministro permanente de agua para el ganado. En la granja El Hatico del Valle del Cauca, en Colombia, un sistema silvopastoral intensivo de cinco pisos compuesto de un estrato de leguminosas, arbustos de *Leucaena*, árboles de talla media y un dosel de árboles más grandes, ha permitido llevar la densidad de carga a 4,3 vacas lecheras por hectárea y aumentar la producción de leche en un 130 por ciento, además de eliminar completamente el empleo de fertilizantes químicos durante los últimos 18 años. El año 2009 fue el más seco que se haya registrado en los 40 años de existencia de El Hatico, con un nivel de precipitaciones inferior en un 44 por ciento a la media histórica. A pesar de una reducción del 25 por ciento de la biomasa de los pastizales, la producción forrajera de árboles y arbustos se mantuvo constante a lo largo del año y neutralizó los efectos negativos de la sequía en el conjunto del sistema. En respuesta al clima extremo, la granja tuvo que ajustar sus densidades de carga y aumentar la aportación de suplementos energéticos. Pese a ello, la producción de leche de la granja en 2009 fue la mayor de la historia, con un aumento sorprendente del 10 por ciento con respecto a los cuatro años anteriores. Entre tanto, los agricultores de otras partes del mundo notificaron graves pérdidas de peso en los animales de sus hatos y tasas elevadas de mortalidad como consecuencia de la hambruna y la sed. (Figura 3). El rendimiento productivo de El Hatico durante el período excepcionalmente caluroso y seco de la Oscilación sur de El Niño muestra el enorme potencial del sistema silvopastoral intensivo como estrategia de intensificación sostenible para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos (Murgueitio *et al.*, 2011). Los beneficios combinados de un microclima favorable y una regulación hídrica, biodiversidad y reservas de carbono mejorados en estos sistemas de producción agrícola diversificados no sólo proporcionan bienes y servicios ambientales, sino también una mayor resiliencia al cambio climático.



Figura 3. **Respuesta de los sistemas pastorales tropicales a la sequía en Colombia**



© Enrique Murguieito

(A) Los pastos altamente productivos de los trópicos necesitan agua y nitrógeno; de ahí su elevada vulnerabilidad a la sequía, como se puede observar en este ejemplo de los Llanos Orientales en Colombia.

(B) Por el contrario, los sistemas silvopastorales intensivos con un piso de arbustos y árboles son resilientes y ofrecen continuamente forraje para las vacas que, a pesar de la baja pluviosidad, mantienen niveles estables de producción de leche.

Rendimiento de los agroecosistemas biodiversos ante fenómenos climáticos extremos

Una encuesta realizada en las zonas de colina de América Central tras el paso del huracán 'Mitch' demostró que los agricultores que utilizaban prácticas de diversificación, como los cultivos de cobertura, los cultivos intercalados y la agroforestería, experimentaban menos daños que sus vecinos que cultivaban en régimen de monocultivo (Figura 4). La encuesta, dirigida por el movimiento *campesino-a-campesino*, movilizó 100 equipos compuestos de agricultores y técnicos para realizar observaciones apareadas sobre indicadores agroecológicos específicos en 1 804 granjas vecinas sostenibles y convencionales. El estudio se extendió a 360 comunidades y 24 departamentos de Nicaragua, Honduras y Guatemala. Se constató que las parcelas bajo gestión sostenible presentaban de 20 por ciento a 40 por ciento más de capa arable, mayor humedad del suelo y menor erosión, y habían experimentado menos pérdidas económicas que sus vecinos bajo gestión convencional (Holt-Giménez, 2002). Del mismo modo, en Soconusco, Chiapas, el huracán 'Stan' causó menos daños en los sistemas cafetaleros que presentaban una mayor complejidad de vegetación y mayor diversidad de plantas que en aquellos más simplificados (Philpott *et al.*, 2009). Cuarenta días después de que el huracán 'Ike' se abatiera sobre Cuba en 2008, los investigadores realizaron una encuesta sobre el terreno en las provincias de Holguín y Las Tunas y constataron que las granjas diversificadas habían sufrido pérdidas del 50 por ciento, mientras que los monocultivos vecinos habían experimentado pérdidas del 90 por ciento y hasta del 100 por ciento (Figura 5). Del mismo modo, la recuperación productiva fue más rápida en las granjas bajo gestión agroecológica (80-90 por ciento de recuperación 40 días después del huracán) que en las granjas de monocultivo (Rosset *et al.*, 2011).



Todos estos estudios destacan la importancia de mejorar la diversidad y complejidad de las plantas en los sistemas de producción agrícola para reducir la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos. Estas observaciones han reafirmado el reconocimiento incipiente de que la biodiversidad es parte integrante del mantenimiento del funcionamiento de los ecosistemas, y ponen de relieve la utilidad de las estrategias de diversificación de cultivos utilizadas por los agricultores tradicionales como una estrategia de resiliencia importante para los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2013).

Figura 4. **Respuesta de los monocultivos y de las granjas diversificadas a los daños causados por el huracán en Honduras**



(A) Tras el huracán Mitch en América Central, las granjas hondureñas de monocultivo muestran mayores daños en forma de deslizamiento de lodos; (B) en comparación con las granjas vecinas, las granjas biodiversificadas presentan sistemas agroforestales, labranza en curvas de nivel, cultivos de cobertura, etc.

Figura 5. **Una granja diversificada en Sancti Spiritus, Cuba, que presenta rotaciones cultivos-pastos y una compleja matriz de rompe vientos y setos vivos de múltiples propósitos para brindar protección contra los efectos de los huracanes**





Si antes de finales de siglo no se detiene el calentamiento del planeta, hasta los agroecosistemas biodiversos pueden verse amenazados por el cambio climático en caso de no someterse a un proceso continuo de adaptación o, inclusive, de transformación. A largo plazo, la agrobiodiversidad gestionada con métodos agroecológicos deberá someterse a un proceso continuo de selección y adaptación para hacer frente a las futuras condiciones climáticas. Las especies cultivadas por los agricultores se deben exponer al medio ambiente, debido a las amplias variaciones agroecológicas entre las diferentes regiones agrícolas. La resistencia de una planta al estrés ambiental (por ejemplo, la tolerancia a la sequía) es esencialmente una característica multigenética, que se desarrolla mejor mediante la exposición *in situ* a ese tipo de estrés. Por otra parte, se requiere un análisis detallado de las futuras condiciones climáticas para seleccionar las especies de cultivos o árboles que se utilizarán en los sistemas de producción agrícola diversificados, dado que algunas de las especies actuales podrían no adaptarse en el futuro y habría que introducir nuevas variedades o, incluso, especies (Kotschi, 2007).

GESTIÓN DEL SUELO Y RESILIENCIA

Fortalecimiento de la materia orgánica del suelo

Muchos agricultores tradicionales y pequeños agricultores orgánicos aplican regularmente grandes cantidades de materiales orgánicos, como estiércol animal, compost, hojas de árboles, cultivos de cobertura y cultivos de rotación que dejan abundantes residuos, entre otros. Se trata de una estrategia fundamental utilizada para mejorar la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo (MOS) y su gestión son la base para la creación de suelos sanos caracterizados por una alta actividad biológica y buenas propiedades físicas y químicas. La MOS mejora la capacidad de retención de agua del suelo, lo cual es sumamente importante para la resiliencia, y de esta manera refuerza la tolerancia a la sequía de los cultivos, mejora la infiltración y reduce la escorrentía, de suerte que el agua no transporta las partículas del suelo durante las lluvias intensas. Además, la MOS mejora la agregación de la capa superficial del suelo, reteniendo así las partículas del suelo durante las lluvias y las tormentas de viento; los agregados estables del suelo resisten al desplazamiento por el viento o el agua (Magdoff y Weil, 2004).

Los suelos ricos en materia orgánica suelen contener hongos micorrícicos simbióticos, como los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), que son un elemento fundamental de las poblaciones microbianas que influyen en el crecimiento de las plantas y la productividad del suelo. Los HMA cumplen un papel importante en la agricultura sostenible porque mejoran los intercambios hídricos de las plantas, con el consiguiente aumento de la resistencia a la sequía de las plantas hospedantes (Garg y Chandel, 2010). La capacidad de algunas asociaciones específicas hongos-plantas de resistir a la sequía tiene gran interés en las zonas afectadas por déficit hídricos, debido a que se ha notificado que la infección por HMA aumenta la asimilación de nutrientes de las plantas que padecen estrés hídrico, permite que las plantas utilicen el agua de manera más eficiente y mejora la conductividad hidráulica de sus raíces.

La productividad de los cultivos en zonas áridas resulta limitada principalmente por la escasa disponibilidad de agua en el suelo. El contenido (en porcentaje) de MOS es un índice fiable de



la productividad de los cultivos en regiones semiáridas debido a que la MOS ayuda al crecimiento de los cultivos al mejorar la capacidad del suelo de almacenar y transportar el agua y el aire, con la consiguiente mejora de la capacidad de retención de agua en el suelo y, por tanto, de la resistencia de las plantas a la sequía. En un estudio sobre las pampas semiáridas argentinas, los investigadores demostraron que, durante los años con reducida disponibilidad de humedad, existía una correlación entre los rendimientos del trigo, por un lado, y la capacidad de retención del agua en el suelo y el contenido de carbono orgánico total en las capas superficiales (0-20 centímetros), por el otro. La dependencia de los rendimientos del trigo de la capacidad de retención de agua en el suelo y del contenido total de carbono orgánico en condiciones de déficit hídrico se vinculó al efecto positivo de estos componentes del suelo en el volumen de agua disponible para la planta. La pérdida de 1 kilogramo por hectárea de MOS se relacionó con una disminución del rendimiento del trigo de alrededor de 40 kilogramos por hectárea. Estos resultados demostraron la importancia de la utilización de prácticas de cultivo que aumentan la MOS y, de este modo, reducen al mínimo las pérdidas de carbono orgánico del suelo en entornos semiáridos (Díaz-Zorita *et al.*, 1999).

Manejo de cobertura del suelo

La protección del suelo contra la erosión y la desecación, y la mejora de los niveles de humedad del suelo y de circulación del agua en su interior, es también una estrategia fundamental para mejorar la resiliencia de los agroecosistemas. Los cultivos de protección del suelo con materia orgánica y el uso de los abonos verdes tienen un gran potencial agroecológico, pues mejoran la ecología del suelo, estabilizan y aumentan los rendimientos de los cultivos, y mejoran la conservación del agua. La cubierta de rastrojo detiene el proceso de desecación del suelo al proteger su superficie con los residuos de los cultivos. La cobertura del suelo con residuos de cultivo aminora la velocidad del viento hasta en un 99 por ciento y, como consecuencia, las pérdidas por evaporación se reducen considerablemente. Además, los cultivos de protección y las malas hierbas pueden aumentar de dos a seis veces la penetración del agua y reducir las pérdidas por escorrentía en la misma proporción. El sistema del 'frijol tapado' es un antiguo sistema de broza y cobertura vegetal practicado en terrenos de ladera de América Central (Buckles *et al.*, 1998). Este método de agricultura migratoria permite cultivar los frijoles de tres a cinco meses por año, aprovechando el elevado nivel de precipitaciones y la humedad residual conservada por las brozas y hojarasca después de las lluvias. El manejo del frijol tapado comienza por la selección de la tierra adecuada y sigue con el desbroce de la vegetación para abrir senderos o carriles para la siembra. Después, las semillas se esparcen 'al voleo' (entre 25 y 40 kilogramos de semillas por hectárea), se corta la vegetación de barbecho y con ella se recubren las semillas. El método del frijol tapado generalmente se practica en tierras de ladera, de preferencia de cara al solo para que las hojas y las vainas de las plantas de frijol se sequen rápidamente por las mañanas (son susceptibles a la podredumbre seca del frijol) y estas aprovechen al máximo la luz solar, dado que las mañanas suelen ser soleadas, mientras que por las tardes generalmente llueve. Los agricultores prefieren las tierras con una cubierta de hierbas altas o arbustos bajos; debe haber suficiente material vegetal para formar un estrato vegetal que cubra por completo el



suelo. Se evitan las zonas en que predominan las hierbas porque vuelven a crecer rápidamente y compiten fuertemente con los frijoles. Después, en los campos no se realiza ninguna otra labor agrícola hasta la cosecha. Si bien, en general, la cubierta vegetal no es demasiado espesa –pues afectaría a la germinación y supervivencia de la planta y, por tanto, a los rendimientos – conserva la humedad del suelo y lo protege contra la erosión. La ausencia de quema y cultivo, y la presencia de una cobertura vegetal consistente, evita la germinación y crecimiento de las malas hierbas. El período de barbecho reduce los patógenos en el suelo, mientras que la cubierta vegetal protege a las plantas de frijol contra la salpicadura de partículas del suelo durante las lluvias. El sistema es adecuado a los ecosistemas frágiles de laderas. El suelo no se ve afectado por el cultivo y la cobertura vegetal lo protege contra la erosión. Además, el sistema radicular natural queda intacto y el recrecimiento rápido de la vegetación reduce aun más el riesgo de erosión y restablece la fertilidad del suelo (Buckles *et al.*, 1998).

En un esfuerzo por reproducir y mejorar el sistema del frijol tapado en toda América Central, varias ONG han promovido el uso de leguminosas de grano como abono verde, poniendo así a disposición de los agricultores una fuente de fertilizante orgánico poco costoso para acumular materia orgánica (Altieri, 1999). Centenares de agricultores de la costa norte de Honduras están utilizando el frijol de terciopelo (*Mucuna pruriens*) con excelentes resultados (en especial en el caso del maíz cuyo rendimiento se ha elevado a alrededor de 3 000 kilogramos por hectárea, es decir más del doble de la media nacional), además de los beneficios adicionales de control de la erosión, supresión de las malas hierbas y reducción de los costos de preparación de la tierra. El frijol de terciopelo produce casi 30 toneladas por hectárea de biomasa por año, o alrededor de 90-100 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año. (Flores, 1989). El sistema disminuye el estrés provocado por las sequías, porque el estrato de cobertura vegetal dejado por la *Mucuna* ayuda a conservar el agua en el perfil del suelo, poniendo los nutrientes fácilmente a disposición de las plantas, en sincronización con los períodos en que estas más los asimilan (Bunch, 1990).

Aprovechando las redes bien establecidas de agricultor a agricultor, como el movimiento de ‘campesino a campesino’ en Nicaragua y en otras partes, esta simple tecnología se ha difundido rápidamente. En apenas un año, más de 1 000 campesinos recuperaron tierras degradadas en la cuenca hidrográfica nicaragüense de San Juan (Holt-Giménez, 1996). En Cantarranas, Honduras, la adopción masiva del frijol de terciopelo triplicó los rendimientos del maíz, que totalizó 2 500 kilogramos por hectárea, mientras que la necesidad de mano de obra para el deshierbe se redujo en un 75 por ciento. En América Central y México, se estima que 200 000 agricultores utilizan unas 14 especies diferentes de abono verde y cultivos de protección (Bunch, 1990).

Hoy, más de 125 000 agricultores utilizan abono verde y cultivos de protección en Santa Catarina, Brasil. Los agricultores familiares de las laderas modificaron el sistema convencional de labranza cero, dejando inicialmente los residuos de las plantas en la superficie del suelo. Primero, observaron una disminución de la erosión edáfica y menores fluctuaciones de la humedad y la temperatura del suelo; luego, tras la aplicación repetida de biomasa fresca, constataron que la calidad del suelo mejoraba, la erosión y el crecimiento de malas hierbas se reducían al mínimo, y los rendimientos de los cultivos aumentaban. Estos sistemas recientes utilizan mezclas para las plantas de cobertura tanto en verano como en invierno, y dejan una capa espesa de cubierta vegetal sobre el suelo. Después de revolver los cultivos de protección, los



cultivos de granos tradicionales (maíz, frijol, trigo, cebolla y tomates, entre otros) se siembran o plantan directamente en la cubierta vegetal, donde no tendrán casi ningún problema con las malas hierbas durante la temporada de crecimiento y alcanzarán niveles de rendimiento agroecológicamente aceptables (Petersen *et al.*, 1999). Durante el ciclo agrícola 2008-2009, caracterizado por una grave sequía, los productores tradicionales de maíz experimentaron, por término medio, pérdidas de rendimiento del 50 por ciento, con un nivel de productividad de 4 500 kilogramos por hectárea. Sin embargo, los productores que habían adoptado las prácticas agroecológicas de labranza cero experimentaron pérdidas menores, de alrededor del 20 por ciento, lo que confirma la mayor resiliencia de estos sistemas con respecto a los que utilizan insumos agroquímicos (Altieri *et al.*, 2011).

CAPTACIÓN DEL AGUA

En muchas partes del mundo, como en el África subsahariana, el 40 por ciento de las tierras agrícolas está situada en sabanas semiáridas y subhúmedas secas, afectadas cada vez más por períodos de escasez de agua. Estas tierras, la mayoría de los años, disponen de suficiente agua para poder producir cultivos. El problema consiste en que las precipitaciones se concentran en 2-3 meses del año, y cuantiosos volúmenes de agua se pierden a través de las escorrentías de superficie, la evaporación del suelo y la percolación profunda. El reto es hallar el modo de captar el agua, almacenarla en el suelo y ponerla a disposición de los cultivos durante los períodos en que escasea. En muchos países en desarrollo se han observado diferentes técnicas de captación de agua de lluvia y de agua de inundación (Reij *et al.*, 1996; Barrow, 1999).

Un antiguo sistema de captación de agua, denominado *zai*, se está volviendo a utilizar en Malí y Burkina Faso. Los *zai* son fosos que los agricultores excavan en suelos a menudo yermos y duros como la piedra, en los que el agua no podría penetrar si no se excavara. Los fosos suelen tener una profundidad de 10 a 15 centímetros y un diámetro de 20 a 30 centímetros, y se llena con materia orgánica (Zougmore *et al.*, 2004). La aplicación de estiércol en los fosos no sólo mejora las condiciones de crecimiento, sino que además atrae a los termitos que reforman el suelo, al excavar canales que mejoran su estructura y permiten que el agua se infiltre y se conserve en su interior. La digestión de la materia orgánica por los termitos aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La mayoría de las veces, los agricultores cultivan mijo o sorgo o ambos en los *zai*. A veces, los agricultores siembran árboles directamente junto con los cereales en el mismo *zai*. Los agricultores pueden utilizar entre 9 000 y 18 000 fosos por hectárea, con aplicaciones de compost que van de 5,6 toneladas por hectárea a 11 toneladas por hectárea. (Critchley *et al.*, 2004).

A lo largo de los años, millares de agricultores de la región Yatenga de Burkina Faso han utilizado esta técnica mejorada localmente para bonificar centenares de hectáreas de tierras degradadas. El interés de los agricultores por los *zai* ha ido aumentando a medida que observaban que los fosos captaban y concentraban eficientemente el agua de escorrentía y funcionaban con pequeñas cantidades de abono o compost. El uso de los *zai* permite que los agricultores amplíen su base de recursos y aumenten la seguridad de sus hogares (Reij, 1991). Los rendimientos obtenidos en campos gestionados con los *zai* son constantemente superiores (de 870 a 1 590 kilogramo por hectárea) a los obtenidos en campos sin *zai* (una media de 500-800 kilogramos por hectárea).



En Níger, los fosos de siembra tradicionales se mejoraron al transformarlos en depósitos de captación de agua, retomando una parte de una tecnología tradicional de mejora del suelo utilizada en otras zonas del país y en Burkina Faso. Según se informa, en las aldeas de Burkina Faso que adoptaron técnicas de bonificación de tierras, como esta solución de excavar fosos en la corteza del suelo para llenarlos de estiércol y agua, los rendimientos aumentaron en un 60 por ciento. Por el contrario, en los aldeas que no adoptaron estas técnicas se obtuvieron rendimientos menores en un contexto de aumento de las lluvias (Critchley, 1989). En Nigeria septentrional, los pequeños fosos excavados en suelos arenosos se rellenan de estiércol para conservar la humedad de los plántones de los árboles trasplantados después de las primeras lluvias.

MARCO CONCEPTUAL PARA EVALUAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

La resiliencia se ha definido como la capacidad de un sistema social o ecológico de absorber las perturbaciones conservando su estructura orgánica y productividad, de organizarse por cuenta propia y de adaptarse al estrés y los cambios posteriores a una perturbación (Cabell y Oelofse, 2012). La resiliencia es el producto de la dinámica de un sistema socioecológico, constituido por elementos integrados e interdependientes (Adger, 2000). Se puede entender como la propensión de un sistema a conservar su estructura orgánica y su productividad después de una perturbación. Por consiguiente, un ecosistema agrícola resiliente debe poder garantizar la producción de alimentos cuando se ve afectado por una sequía grave o un exceso de precipitaciones. Por el contrario, la vulnerabilidad se puede definir como la posibilidad de un ecosistema agrícola de experimentar una pérdida de biodiversidad, suelo, agua y productividad cuando hace frente a perturbaciones o crisis externas. La vulnerabilidad indica el grado en que un sistema es susceptible a los efectos adversos de la variabilidad y los extremos climáticos e incapaz de adaptarse a ellos. Denota el estado de susceptibilidad del sistema a los daños provocados por la exposición al estrés asociado al cambio ambiental, y por su propia incapacidad de adaptación (Folke, 2006).

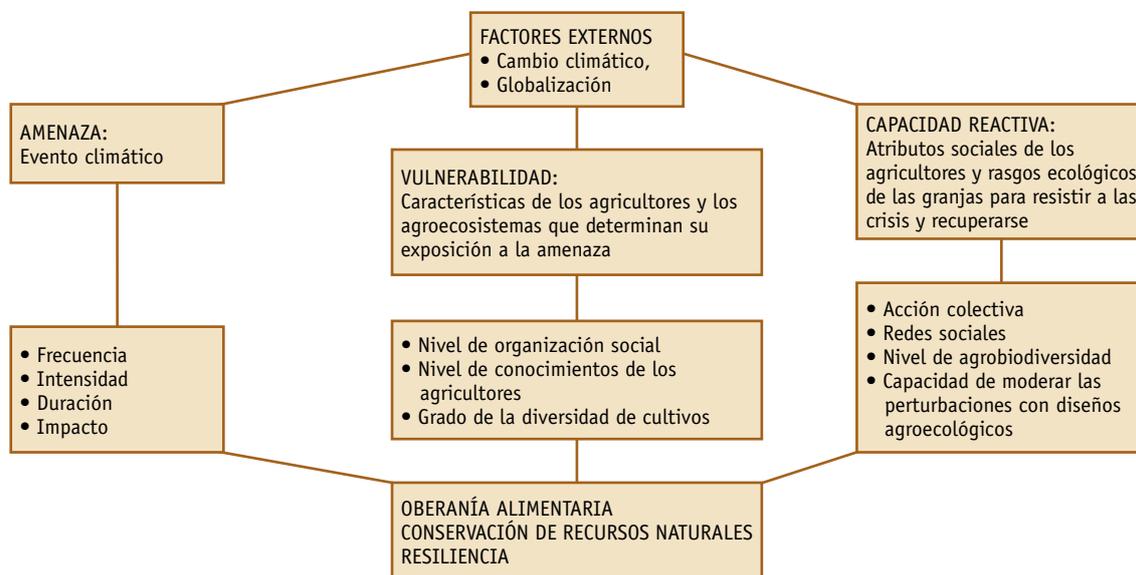
De esta forma, el riesgo resultante se expresa en términos de amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta con arreglo a la siguiente ecuación (Nicholls y Altieri, 2013):

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Vulnerabilidad} * \text{Amenaza}}{\text{Capacidad de respuesta}}$$

- » **El Riesgo** es la probabilidad de que el sistema examinado experimente un determinado nivel de impacto (negativo) a causa de un fenómeno climático.
- » **La Vulnerabilidad** es determinada por las condiciones biofísicas de la granja y las condiciones socioeconómicas de los agricultores, que aumentan o reducen la exposición a la amenaza.
- » **La Amenaza** es la intensidad, frecuencia, duración y grado de impacto del fenómeno climático (por ejemplo, pérdidas de rendimiento causadas por una tormenta o una sequía).
- » **La Capacidad de respuesta** es la capacidad o falta de capacidad de los sistemas de producción y los agricultores de resistir a la amenaza y recuperarse, según el nivel de organización social y las características agroecológicas (por ejemplo, la diversidad de cultivos) de la granja.



Figura 6. Características socioecológicas que determinan la vulnerabilidad y la capacidad reactiva de los agricultores para mejorar la resiliencia de sus sistemas y comunidades



Fuente: Nicholls et al., 2013

En resumen, para que un evento se considere una amenaza, es necesario que en una región determinada exista una comunidad vulnerable a tal evento. Para que este evento se convierta en una amenaza, deben existir altas probabilidades de que ocurra en esa región, y para que una amenaza sea devastadora, su magnitud y el nivel de exposición y vulnerabilidad de la comunidad deben ser elevados. Esta vulnerabilidad se puede reducir mediante la ‘capacidad de respuesta’, definida como las características agroecológicas de las granjas y las estrategias de gestión aplicadas por los agricultores para reducir los riesgos climáticos, resistir a tales eventos y recuperarse de sus efectos. Por consiguiente, la adaptación se define como los ajustes introducidos por los agricultores para reducir los riesgos. La capacidad de los agricultores de adaptarse se basa en las reservas individuales o colectivas de capital humano y social, que comprenden atributos como los conocimientos y competencias tradicionales, los niveles de organización social y las redes de seguridad, entre otros. El grado de vulnerabilidad de una granja es determinado por el tipo de infraestructura agroecológica (nivel de diversidad de paisajes, cultivos y genotipos, calidad y cobertura del suelo, entre otros) y por las características sociales de la familia o comunidad (niveles de organización y establecimiento de redes, autosuficiencia alimentaria, etc.). La vulnerabilidad se puede reducir mediante la capacidad de respuesta de los agricultores y de sus granjas, las cuales a su vez determinan la capacidad de resistencia a los eventos y de recuperación de las funciones y la infraestructura.



INTENTOS METODOLÓGICOS DE EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA

En 2011, un grupo de agroecologistas latinoamericanos asociados a la Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES)¹ llevó a cabo un estudio de dos años de pequeños sistemas agrícolas en algunas regiones seleccionadas de siete países para identificar los sistemas que habían hecho frente recientemente o en el pasado a fenómenos climáticos, y comprender las características agroecológicas que les permitieron resistir a las sequías, inundaciones o huracanes, o recuperarse de sus efectos. Luego, los principios y mecanismos identificados en que se sustentaba esta resiliencia, se dieron a conocer a otros agricultores de la región mediante jornadas sobre el terreno, en las que los productores pudieron visitar las granjas resilientes y examinar entre ellos las características que las hicieron más resilientes y las posibilidades de reproducirlas en otras granjas. También se organizaron visitas cruzadas, en las que los agricultores resilientes pudieron visitar otras comunidades de otras regiones para intercambiar información sobre sus experiencias, sistemas de gestión y estrategias de resiliencia socioecológica. Los investigadores y un grupo de agricultores seleccionados elaboraron un manual compuesto de dos secciones principales: i) una metodología simple con indicadores para que los agricultores puedan determinar si sus granjas están en condiciones de hacer frente a un fenómeno climático grave (sequía o huracán) y sepan que hacer para mejorar la resiliencia, y ii) una descripción de los principios y prácticas socioecológicos más importantes que las familias de agricultores pueden utilizar, individual o colectivamente (a nivel comunitario), para mejorar la adaptabilidad de los sistemas agrícolas al cambio climático (Nicholls *et al.*, 2013).

Basándose en el marco conceptual de la resiliencia descrito poco antes, los equipos emprendieron una investigación socioecológica de los sistemas agrícolas seleccionados en cada país, y elaboraron una metodología para entender las características agroecológicas de los sistemas agrícolas y las estrategias sociales utilizadas por los agricultores que les permitieron resistir a sequías, tormentas, inundaciones o huracanes, y recuperarse de sus efectos (Nicholls y Altieri, 2013). Para mostrar la aplicación de las metodologías, presentamos datos tomados de dos estudios de casos realizados en: i) el Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia, y ii) Mixteca Alta, Oaxaca, México.

Carmen de Viboral

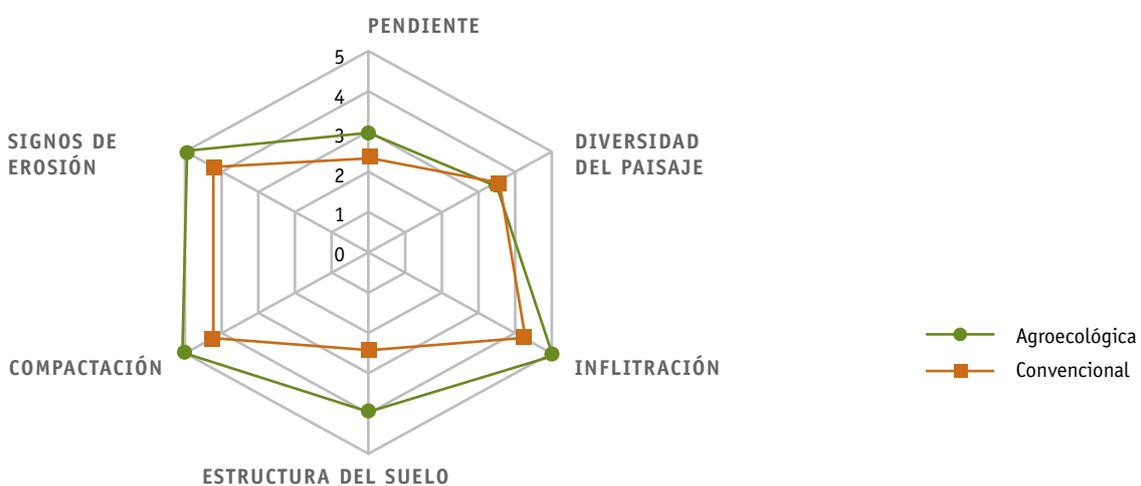
En este estudio, los investigadores evaluaron la resiliencia de seis granjas (tres bajo gestión convencional con insumos agroquímicos y sin prácticas de conservación del suelo, y tres bajo gestión agroecológica, diversificadas y con prácticas de conservación del suelo) con condiciones similares en cuanto a pendientes y exposición (Henaó, 2013).

¹ <http://www.redagres.org/>



El equipo elaboró seis indicadores para estimar la vulnerabilidad (por ejemplo, pendientes, diversidad del paisaje, susceptibilidad del suelo a la erosión) y la capacidad de respuesta (por ejemplo, prácticas de conservación del suelo, prácticas de gestión del agua, niveles de diversificación de los cultivos, autosuficiencia alimentaria), que se evaluaron en las tres granjas agroecológicas y en las tres granjas convencionales. Mediante la atribución de valores a estos indicadores (de 1 a 5, donde 1 expresa el nivel de vulnerabilidad mayor), fue posible comparar las granjas en un diagrama tipo araña (Figura 7). Se observa claramente que las granjas agroecológicas (en verde) fueron menos vulnerables que las convencionales (en rojo).

Figura 7. Valores de 'vulnerabilidad' de las granjas convencionales (rojo) en relación con las agroecológicas (verde) en Antioquia, Colombia

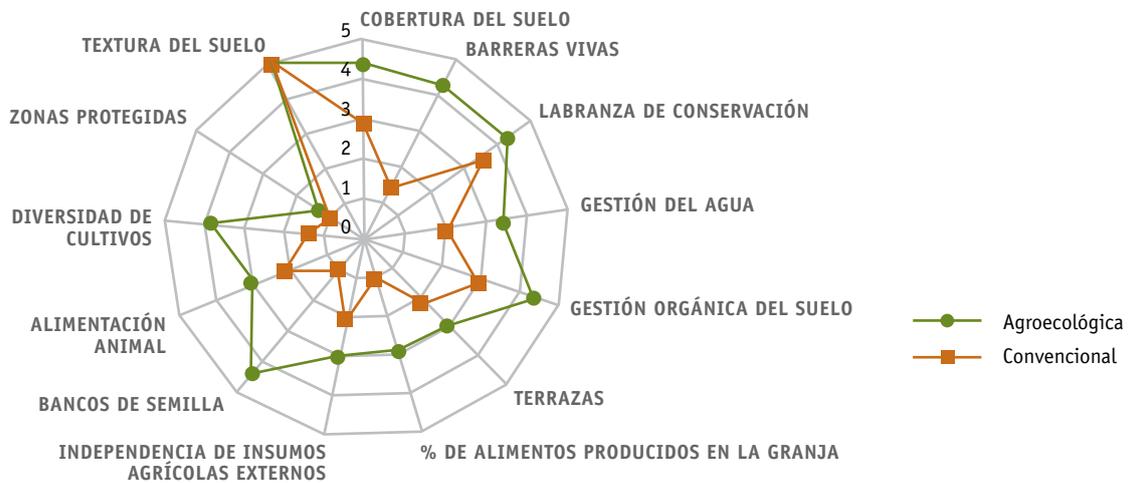


Fuente: Henao, 2013

Además, el equipo aplicó 13 indicadores para evaluar la capacidad de respuesta de los agricultores; esta vez, las granjas agroecológicas (en verde) también mostraron claramente una capacidad de respuesta mejor que las convencionales (en rojo) (Figura 8). Aplicando la metodología y disponiendo los valores de riesgo en un triángulo, se observa claramente que las granjas agroecológicas (puntos verdes en la Figura 9) muestran una vulnerabilidad menor debido a su mayor capacidad de reacción con respecto a las granjas convencionales (puntos naranjas en la Figura 9), que muestran una vulnerabilidad mayor y una capacidad de respuesta menor.

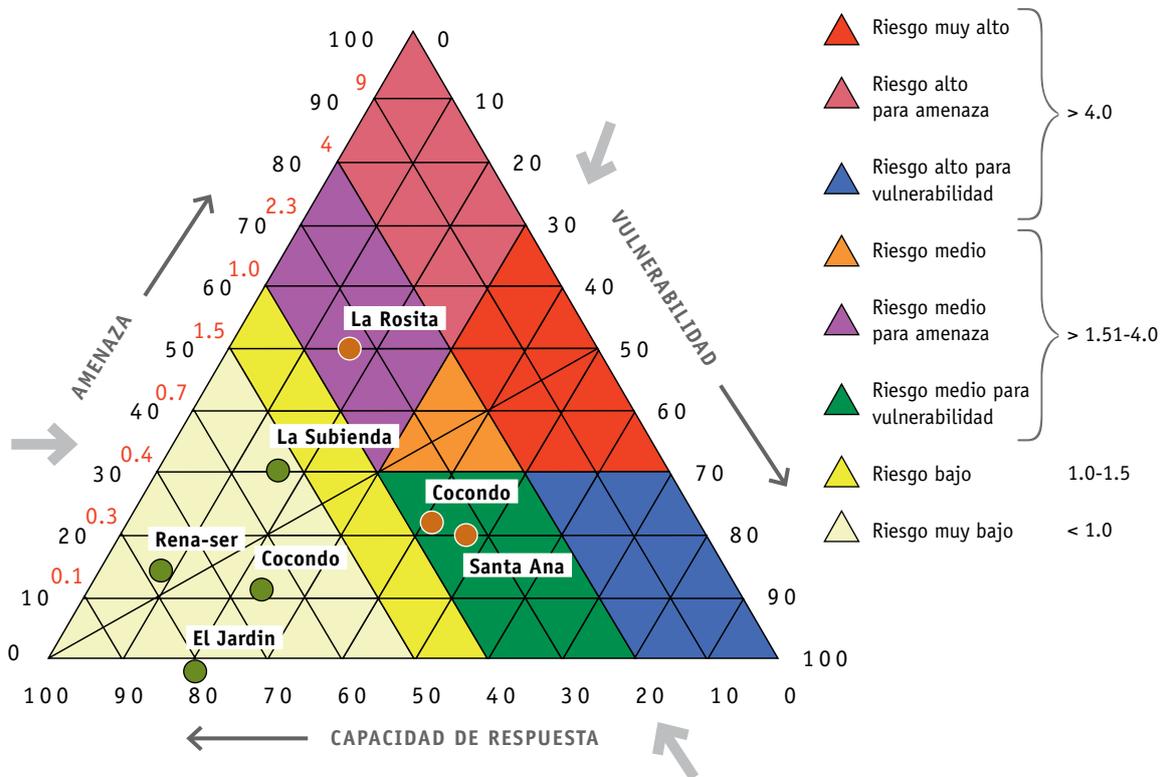


Figura 8. Valores de 'capacidad de respuesta' de las granjas convencionales (rojo) en relación con las agroecológicas (verde) en Antioquia, Colombia



Fuente: Henao, 2013

Figura 9. Triángulo de riesgo que muestra la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de las granjas agroecológicas (puntos verdes) y convencionales (puntos naranjas) en Antioquia, Colombia



Fuente: Henao, 2013



Mixteca Alta

El presente estudio, realizado en Oaxaca, México, describe la forma en que los pequeños agricultores se adaptaron y se prepararon ante los retos climáticos del pasado, así como las medidas que están adoptando actualmente para hacer frente al aumento de la temperatura y la intensidad de las precipitaciones y a la llegada tardía de la estación de lluvias (Rogé *et al.*, 2014). Los agricultores identificaron 14 indicadores para evaluar la capacidad de adaptación de cuatro agroecosistemas situados en las comunidades de Zaragoza y El Rosario, utilizando la plantilla que aparece en la Figure 10. Los investigadores agruparon las evaluaciones de los agroecosistemas producidas en cada comunidad asignándoles las siguientes puntuaciones: 0 para marginal, 1 para aceptable y 2 para óptima. Los agricultores analizaron los resultados trazando diagramas de barras a partir de las puntuaciones recopiladas para sus comunidades. Se les alentó a examinar colectivamente los resultados de sus evaluaciones basándose en las siguientes preguntas:

- » ¿Cómo obtener más rostros sonrientes (es decir, la condición óptima) en las categorías de paisaje, gestión por el agricultor y calidad del suelo?
- » ¿Cómo mantener los rostros sonrientes (es decir, la condición óptima) que ya ha conseguido en las categorías de paisaje, gestión por el agricultor y calidad del suelo?

A escala de paisaje, los agricultores de Zaragoza observaron que los bordes con vegetación y la vegetación perenne con usos múltiples atenuaban la exposición a fenómenos climáticos extremos. Del mismo modo, los agricultores de Coxcaltepec reconocieron que los paisajes heterogéneos y boscosos protegían los campos al traer lluvia, retener las aguas subterráneas, acumular la materia orgánica del suelo y controlar las plagas de insectos. Los participantes de El Rosario observaron que los surcos en curvas de nivel capturaban el suelo y el agua y que si se les daba una ligera pendiente se evitaba que se inundaran y rompieran durante las lluvias intensas.

A nivel de campo, los indicadores relativos a la gestión por parte del agricultor incluían la importancia de la diversidad genética y de especies de los cultivos para la estabilización de los rendimientos generales, dadas las variaciones del desempeño de los cultivos de un año a otro. El indicador “enmiendas del suelo” provino del testimonio de los agricultores de que los fertilizantes sintéticos mejoraban el rendimiento de los cultivo sólo cuando las lluvias eran favorables; en años de sequía, los fertilizantes sintéticos eran ineficaces y hasta “quemaban los cultivos”. Los participantes de Coxcaltepec recomendaron sustituir los fertilizantes sintéticos con varias enmiendas de suelo locales, como estiércol animal, humus de lombrices, humus de los bosques y orina humana.

Los agricultores también observaron que la calidad del suelo influía sobre las repercusiones de la variabilidad climática en los agroecosistemas. Las tres comunidades asociaron la retención de humedad del terreno con la textura y profundidad del suelo. En general, consideraron que los suelos arcillosos eran los más productivos en años de sequía, aunque no eran fáciles de cultivar en años húmedos. Por el contrario, consideraron que los suelos arenosos eran los más fáciles de cultivar en años húmedos, pero también los menos productivos. Asimismo, estimaron que los suelos profundos, definidos en función de la profundidad de penetración del arado egipcio, eran los más productivos tanto en los años húmedos como en los secos.



Figura 10. **Formularios utilizados por los agricultores para evaluar cuatro agroecosistemas en cada comunidad de Zaragoza y El Rosario, sobre la base de 14 indicadores elaborados localmente**

EQUIPO: _____ **COMUNIDAD:** _____

SISTEMA DE PRODUCCIÓN: _____

CATEGORÍA	INDICADOR	MARGINAL	ACEPTABLE	ÓPTIMO
Paisaje	Composición territorial			
	Corta vientos			
	Ubicación de los campos			
	Conservación del suelo			
Gestión por el agricultor	Rotación de cultivos			
	Variedades de cultivos			
	Policultivo			
	Enmiendas del suelo			
	Cultivo del suelo			
Calidad del suelo	Vegetación espontánea			
	Productividad del suelo			
	Materia orgánica del suelo			
	Profundidad del suelo			
	Textura del suelo			

Fuente: Rogé et al., 2014

Las evaluaciones de la resiliencia realizadas hasta la fecha por el grupo de la REDAGRES indican que las estrategias agroecológicas que mejoran la resiliencia ecológica de los sistemas de producción agrícola son una condición necesaria pero no suficiente para su sostenibilidad. La capacidad de los grupos o comunidades de adaptarse a situaciones de estrés ambiental – capacidad que determina su resiliencia social – debe ir de la mano de la resiliencia ecológica. Aunque los estudios de la REDAGRES se han centrado principalmente en los parámetros biofísicos, el grupo es consciente de que una sociedad rural, para ser resiliente, debe demostrar en general una capacidad de absorber las perturbaciones utilizando los métodos agroecológicos adoptados y difundidos a través de la organización propia y de la acción colectiva. La reducción de la vulnerabilidad social a través de la extensión y consolidación de las redes sociales, tanto a nivel local como regional, puede contribuir a mejorar la resiliencia ecosistémica agrícola. Como se indica en la ecuación del riesgo, la vulnerabilidad de las comunidades agrícolas depende del grado de desarrollo de su capital natural y social, que a su vez determinará el mayor o menor grado de vulnerabilidad de los agricultores y sus sistemas a las perturbaciones climáticas. Por capacidad de adaptación se entiende el conjunto de condiciones previas de carácter social y agroecológica que permiten que las personas o los grupos y sus granjas respondan al cambio climático de manera resiliente. La capacidad de responder a los cambios de las condiciones ambientales existe en todas las comunidades en grados diferentes, pero esto no implica que todas las respuestas



sean sostenibles. El reto consiste en identificar aquellas que lo son, para difundirlas y poder reducir la vulnerabilidad. Una forma eficaz de mejorar la capacidad reactiva de las comunidades es creando mecanismos para la difusión y despliegue de prácticas agroecológicas que permitan a los agricultores resistir a los fenómenos climáticos y recuperarse de sus efectos. Por tanto, las estrategias de organización social (redes de solidaridad, intercambio alimentos, entre otras) aplicadas colectivamente por los agricultores para hacer frente a situaciones difíciles resultantes de estos fenómenos son un componente fundamental de la resiliencia.

CONCLUSIONES

Sin duda, los sectores agrícolas de todos los países deberán hacer frente en mayor o menor grado al cambio climático, lo que hace de la adaptación una cuestión imperiosa. Es esencial adoptar medidas de apoyo a los agricultores y los hogares agrícolas para que hagan frente a la amenaza de la variabilidad climática y a los problemas relacionados con las oportunidades de medios de vida que el cambio climático planteará en el futuro.

El lanzamiento de la Alianza mundial para una agricultura climáticamente inteligente² en el marco de la reciente Cumbre sobre el Clima, celebrada en Nueva York en septiembre de 2014, reconoce el carácter imperioso de la adaptación. Sin embargo, existen incertidumbres con respecto a las medidas de adaptación concretas que habrían de adoptarse, y muchos mensajes emitidos por este proceso giran en torno a la mejora sostenible de la productividad y la resiliencia a través de innovaciones como la identificación y desarrollo de material genético adaptable al clima para mejorar los cultivos, mientras que prestan muy poca atención a la agricultura tradicional o a los enfoques basados en la agroecología.

Desafortunadamente, pues los sistemas agrícolas tradicionales son repositorios de una riqueza de conocimientos, entre ellos una variedad de principios y medidas, que pueden ayudar a mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas modernos ante fenómenos climáticos extremos (Altieri y Toledo, 2011). Muchas de estas estrategias agroecológicas (enumeradas en el Cuadro 1) se pueden aplicar a nivel de granja para reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática. La literatura existente sugiere que los agroecosistemas serán más resilientes si se integran en una matriz compleja de paisaje, caracterizada por la utilización de sistemas de cultivos genéticamente heterogéneos y diversificados, con suelos ricos en materia orgánica y técnicas de conservación del agua.

Teniendo en cuenta la resiliencia de los pequeños sistemas agrícolas diversificados, es imperioso comprender las características agroecológicas de los agroecosistemas tradicionales, puesto que pueden constituir la base para el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (Swiderska *et al.*, 2011). Un primer paso fundamental es comprender las características agroecológicas de los sistemas de producción agrícola tradicionales y de otros sistemas agroecológicos que han resistido a la prueba del tiempo (Dewalt, 1994). La cuestión clave

² <http://www.un.org/climatechange/summit/wp-content/uploads/sites/2/2014/09/AGRICULTURE-Action-Plan.pdf>



Cuadro 1. **Prácticas agroecológicas y potencial que encierran para mejorar la resiliencia al estrés climático mediante diversos efectos en la calidad del suelo y la conservación del agua**

	ACUMULACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	CICLO DE LOS NUTRIENTES	AUMENTO DE LA COBERTURA DEL SUELO	REDUCCIÓN DE LA EVOTRANSPIRACIÓN	REDUCCIÓN DE LA ESCORRENTÍA	UMENTO DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	AUMENTO DE LA INFILTRACIÓN	MEJORA MICROCLIMÁTICA	REDUCCIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO	AUMENTO DE LA REGULACIÓN HIDROLÓGICA	AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA	AUMENTO DE REDES MICORRIZICAS
DIVERSIFICACIÓN													
Cultivos mixtos o intercalados			✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	
Agroforestería	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Sistemas silvopastorales intensivos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rotación de cultivos	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓		✓	
Mezcla de variedades locales			✓									✓	
GESTIÓN DEL SUELO													
Cultivo de cobertura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
Abonos verdes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Cobertura con material orgánica													
Aplicaciones de compost	✓					✓							✓
Agricultura de conservación (labranza-cero orgánica)			✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	
CONSERVACIÓN DEL SUELO													
Cultivo en curvas de nivel					✓		✓		✓	✓	✓		
Franjas de hierbas/ barreras vivas			✓		✓		✓			✓	✓		
Terrazas					✓		✓			✓	✓		
Diques de contención a lo largo de cárcavas					✓		✓			✓	✓		

es saber cuáles son los principios y mecanismos que han permitido a estos sistemas resistir a sequías, tomentas, inundaciones o huracanes, o recuperarse de sus efectos. Estos mecanismos pueden descifrarse mediante las metodologías de evaluación de la resiliencia socioecológica de los sistemas de producción agrícola descritas en el presente capítulo.



El segundo paso consiste en difundir, cada vez mayor urgencia, los principios y prácticas de la resiliencia utilizados por los agricultores que han obtenido muy buenos resultados a otros agricultores que necesitan reducir su vulnerabilidad, mediante las redes de agricultor a agricultor. Igualmente importante es divulgar los resultados de los estudios científicos que documentan la eficacia de las prácticas agroecológicas en la mejora de la resiliencia de los agroecosistemas ante fenómenos climáticos extremos (sequías, huracanes, etc.). La difusión efectiva de las tecnologías agroecológicas determinará en gran medida el grado y la calidad de la adaptación de los agricultores al cambio climático. La divulgación entre los agricultores de las comunidades vecinas y de otras regiones cercanas se puede realizar a través de jornadas de campo, visitas cruzadas, seminarios breves y cursos centrados en métodos explicativos de cómo evaluar el grado de resiliencia de cada granja y qué medidas adoptar para mejorar la resistencia a las sequías y las tormentas de fuerte intensidad. La metodología de campesino a campesino utilizada por millares de agricultores en América Central y Cuba es un mecanismo horizontal de transferencia e intercambio de información, y quizá sea la solución más viable para la difusión de las estrategias de adaptación basadas en la agroecología (Holt-Giménez, 1996; Rosset *et al.*, 2011).

La mayoría de las investigaciones se centran en la resiliencia ecológica de los agroecosistemas, pero poco se ha escrito sobre la resiliencia social de las comunidades rurales que gestionan estos agroecosistemas. La capacidad de los grupos o comunidades de adaptarse a situaciones de estrés social, político o ambiental debe ir de la mano con la resiliencia ecológica. Las sociedades rurales, para ser resilientes, deben en general demostrar que pueden absorber las perturbaciones mediante la utilización de métodos agroecológicos adoptados y difundidos a través de la organización propia y la acción colectiva (Tompkins y Adger, 2004). La reducción de la vulnerabilidad social a través de la extensión y consolidación de las redes sociales, tanto a nivel local como regional, puede contribuir a mejorar la resiliencia ecosistémica agrícola. La vulnerabilidad de las comunidades agrícolas depende del grado de desarrollo de su capital natural y social, que a su vez determinará el mayor o menor grado de vulnerabilidad de los agricultores y sus sistemas a las perturbaciones climáticas (Nicholls *et al.*, 2013). La mayoría de las comunidades tradicionales siguen manteniendo un conjunto de condiciones previas sociales y agroecológicas que permiten que sus granjas respondan al cambio climático de manera resiliente.

Al esforzarse por lograr la adaptación a través de los marcos de la agroecología y la soberanía alimentaria, los medios de vida de más de 1 500 millones de pequeños agricultores no sólo seguirán conservándose, sino que sus sistemas perdurarán y representarán ejemplos de sostenibilidad, de los cuales el mundo debe urgentemente extraer lecciones.



REFERENCIAS

- Adger, W.M.** 2000. Social and ecological resilience: are they related. *Prog. Hum. Geogr.*, 24: 347-364.
- Altieri, M.A.** 1999. Applying agroecology to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability*, 1: 197-217.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93:1-24.
- Altieri, M.A. & Koohafkan, P.** 2008. *Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities*. Environment and Development Series 6. Penang, Malaysia, Third World Network.
- Altieri, M.A. & Koohafkan, P.** 2013. Strengthening resilience of farming systems: A key prerequisite for sustainable agricultural production. In U. Hoffman, ed. *UNCTAD Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late*. United Nations Publication ISSN: 1810-5432.
- Altieri, M.A., Lana, M.A., Bittencourt, H.V., Kielling, A.S., Comin, J.J & Lovato, P.E.** 2011. Enhancing Crop Productivity via Weed Suppression in Organic No-Till Cropping Systems in Santa Catarina, Brazil. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35: 855-869.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I.** 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. 2nd Edition. New York, USA, Haworth Press.
- Altieri, M.A & Nicholls, C.I.** 2013. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, DOI10.1007/s10584-013-0909-y.
- Altieri, M.A & Toledo, V.M.** 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38: 587-612.
- Armillas, P.** 1971. Gardens on swamps. *Science*, 174: 653-656.
- Barrow, C.J.** 1999. *Alternative irrigation: the promise of runoff agriculture*. London, Earthscan Publications, Ltd.
- Buckles, D., Triomphe, B. & Sain, G.** 1998. *Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with Mucuna*. Ottawa, International Development Research Centre.
- Bunch, R.** 1990. *Low-input soil restoration in Honduras: the Cantarranas farmer-to-farmer extension project*. Sustainable Agriculture Gatekeeper Series SA23. London, International Institute for Environment and Development (IIED).
- Cabell, J.F. & Oelofse, M.** 2012. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17(1): 18.
- Critchley, W.R.S.** 1989. Building on a tradition of rainwater harvesting. *Appropriate Technology*, 16(2): 10-12.
- Critchley, W.R.S., Reij, C & Willcocks, T.J.** 2004. Indigenous soil and water conservation: a review of the state of knowledge and prospects for building on traditions. *Land Degradation and Rehabilitation*, 5: 293-314.
- Denevan, W.M.** 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Advanced Plant Pathology*, 11: 21-43.
- De Schutter, O.** 2011. *Agroecology and the Right to Food*. Report presented at the 16th session of the United Nations Human Rights Council [A/HRC/16/49] March 8, 2011.
- Dewalt, B.R.** 1994. Using indigenous knowledge to improve agriculture and natural resource management. *Human Organization*, 5: 23-51.



- Diaz-Zorita, M., Buschiazzo, D.E. & Peineman, N.** 1999. Soil Organic Matter and Wheat Productivity in the Semiarid Argentine Pampas. *Agronomy Journal*, 91: 276-279.
- Erickson, C.L. & Chandler, K.L.** 1989. Raised fields and sustainable agriculture in Lake Titicaca Basin of Perú. In J.O. Browder, ed. *Fragile lands of Latin America*, pp 230-243. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Flores, M.** 1989. Velvetbeans: an alternative to improve small farmers' agriculture. *ILEIA Newsletter*, 5: 8-9.
- Folke, C.** 2006. Resilience: the emergence of a perspective for social ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16: 253-267.
- Francis, C.A.** 1986. *Multiple Cropping Systems*. New York, USA, MacMillan.
- Garg, N. & Chandel, S.** 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 581-599.
- Henao, S.A.** 2013. Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los Andes Colombianos. *Agroecología*, 8(1): 85-91.
- Holt-Giménez, E.** 1996. *The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico*. Food First Development Report No 10. Oakland, CA, USA, Institute of Food and Development Policy.
- Holt-Giménez, E.** 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: A case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 87-105.
- IPCC.** 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Kahn, Z.R., Ampong-Nyarko, K., Hassanali, A. & Kimani, S.** 1998. Intercropping increases parasitism of pests. *Nature*, 388: 631-632.
- Koohafkan, P. & Altieri, M.A.** 2010. *Globally important agricultural heritage systems: a legacy for the future*. Rome, FAO.
- Kotschi, J.** 2007. Agricultural biodiversity is essential for adapting to climate change. *GAIA*, 16: 98-101.
- Lin, B.B.** 2007. Agroforestry management as adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144: 85-94.
- Lin, B.B.** 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61: 183-193.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D. & Wardle, D.A.** 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294: 804-808.
- Magdoff, F. & Weil, R.** 2004. Soil organic matter management strategies. In F. Magdoff & R. Weil, eds. *Soil Organic matter in sustainable agriculture*, pp. 44-65. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press.
- Mapfumo, P., Adjei-Nsiah, S., Mtambanengweb, F., Chikowo, R. & Giller, K.E.** 2013. Participatory action research (PAR) as an entry point for supporting climate change adaptation by smallholder farmers in Africa. *Environmental Development*, 5: 6-22.
- Mijatovic, D., Van Oudenhovenb, F., Pablo Eyzaguirreb, P. & Hodgkins, T.** 2013. The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: towards an analytical framework. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(2): 95-107.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribea, F., Calle, A. & Solorio, B.** 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261:1654-1663.
- Natarajan, M. & Willey, R.W.** 1986. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. *Field Crops Research*, 13: 117-131.



- Netting, R.M.** 1993. *Smallholders, Householders: Farm Families and the Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture*. Palo Alto, CA, USA, Stanford University Press.
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A.** 2013. *Agroecología y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socioecológica en comunidades rurales*. Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES). Lima, Gama Gráfica. 91 pp.
- Nicholls, C.I., Ríos, L. & Altieri, M.A.** 2013. *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES). Medellín, Colombia. 207 pp.
- Perfecto, I., Vandermeer, J. & Wright, A.** 2009. *Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty*. London, Earthscan.
- Petersen, P., Tardin, J.M. & Marochi, F.** 1999. Participatory development of no-tillage systems without herbicides for family farming; the experience of the Center-South region of Paraná. *Environment, Development and Sustainability*, 1: 235-252.
- Philpott, S.M., Lin, B.B., Jha, S. & Brines, S.J.** 2009. A multiscale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128:12-20.
- Reij, C** 1991. *Indigenous Soil and Water Conservation in Africa*. International Institute for Environment and Development Gatekeeper Series No 27. London.
- Reij, C, Scoones, I. & Toulmin, C** 1996. *Sustaining the soil: indigenous soil and water conservation in Africa*. London, Earthscan.
- Rogé, P., Friedman, A.R., Astier, M. & Altieri, M.A.** 2014. Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta Region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, DOI: 10.1080/21683565.2014.900842.
- Rosenzweig, C & Hillel, D.** 2008. *Climate change and the global harvest: impacts of El Nino and other oscillations on agroecosystems*. New York, USA, Oxford University Press.
- Rosset, P.M., Machin Sosa, B., Roque Jaime, A.M., & Ávila Lozano, D.R.** 2011. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of peasant studies*, 38(1): 161-191.
- Swiderska, K., Reid, H., Song, Y., Li, J., Mutta, D., Ongogu, P., Mohamed, P., Oros, R., & Barriga, S.** 2011. *The role of traditional knowledge and crop varieties in adaptation to climate change and food security in SW China, Bolivian Andes and coastal Kenya*. London, International Institute for Environment and Development (IIED).
- Thornton, P.K.** 2003. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: the case of maize in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13: 51-59.
- Toledo, V.M. & Barrera-Bassols, N.** 2008. *La Memoria Biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona, España, Editorial ICARIA.
- Tompkins, E.L. & Adger, W.N.** 2004. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change. *Ecology and Society*, 9(2): 10.
- Vandermeer, J.** 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 237 pp.
- Vandermeer, J., van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C & Perfecto, J.** 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67: 1-22.
- Wilken, G.C.** 1987. *Good farmers: traditional agricultural resource management in Mexico and Central America*. Berkeley, CA, USA, University of California Press.
- Zhu, Y., Fen, H., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Hu, L. & Mundt, C.C.** 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406: 718-772.
- Zougmore, R., Mando, A. & Stroosnijder, L.** 2004. Effect of soil and water conservation and nutrient management on the soil-plant water balance in semi-arid Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, 65: 103-120.



16

ORGANIZACIÓN Y PROCESOS SOCIALES

PARA APLICAR LA AGROECOLOGÍA EN UNA ESCALA MAYOR



17

LA AGROECOLOGÍA Y LA ECONOMÍA DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD:

EL DIABLO ESTÁ EN LOS DETALLES



18

REDESCUBRIR NUESTRA "FARMACIA" PERDIDA:

¿QUÉ FACTORES DE PROTECCIÓN DE LA SALUD SE PIERDEN CUANDO PASAMOS
DE UN MODELO DE AGRICULTURA AGROECOLÓGICA A UNO INDUSTRIAL?



19

SOCIOECONOMÍA AGROECOLÓGICA:

CONTRIBUCIÓN DE LA AGROECOLOGÍA A LOS INGRESOS AGRÍCOLAS, MANO DE OBRA
Y OTRAS DIMENSIONES SOCIOECONÓMICAS DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Personas y Economía





16

ORGANIZACIÓN Y PROCESOS SOCIALES PARA APLICAR LA AGROECOLOGÍA EN UNA ESCALA MAYOR

Peter M. Rosset

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México, y La Vía Campesina (LVC)

San Cristóbal de las Casa, Chiapas, México

Correo electrónico: prossset@ecosur.mx; peter.viacampesina@gmail.com



© Peter Rosset



Resumen

Numerosos estudios científicos y experiencias empíricas en todo el mundo han demostrado que los enfoques agroecológicos basados en los campesinos y los agricultores familiares son superiores a la agricultura industrial en lo que se refiere a producción de alimentos saludables para las poblaciones locales (soberanía alimentaria), mejora de los medios de vida y la cultura rurales, resiliencia al cambio climático y otras perturbaciones, menores emisiones de gases de efecto invernadero, menores costos de producción, y administración de los recursos productivos y la biodiversidad rural ('Tierra Madre') de las familias agrícolas, entre otros. Sin embargo, sigue habiendo problemas para aplicar la agroecología en una escala mayor a fin de que incluso más familias la practiquen en territorios aún más vastos.

La experiencia de los movimientos sociales rurales y de las organizaciones de agricultores y campesinos indica que el grado de organización (denominado 'organicidad' por los movimientos sociales), y la medida en que las metodologías sociales horizontales basadas en el protagonismo de los campesinos y los agricultores se utilizan para construir colectivamente

procesos sociales, son factores clave en la 'masificación' y ampliación del alcance de la agroecología. Los procesos de campesino a campesino y las escuelas agroecológicas para agricultores dirigidas por organizaciones de agricultores son ejemplos útiles de estos principios.

Aunque la mayoría de las investigaciones agroecológicas realizadas hasta la fecha han hecho hincapié en la ciencias naturales, los resultados presentados en este capítulo apuntan a la necesidad de dar prioridad a los enfoques de las ciencias sociales y los estudios independientes realizados por los movimientos rurales, para extraer lecciones sistemáticas de sus experiencias exitosas. Este enfoque puede facilitar la información y los principios necesarios para el diseño de nuevos procesos colectivos.

Estos temas se ilustran haciendo referencia a casos emblemáticos seleccionados de La Vía Campesina, posiblemente el movimiento social más grande a nivel mundial, y un lugar de encuentro para la difusión de la experiencia agroecológica a través de sus procesos agroecológicos y de semillas campesinas a nivel mundial, regional y nacional.



INTRODUCCIÓN: LAS VENTAJAS DE LA AGROECOLOGÍA

El punto de partida del presente capítulo es la afirmación de que la agricultura agroecológica basada en los campesinos y los agricultores familiares ofrece ventajas considerables con respecto a la agricultura industrial, tanto para las personas como para el planeta (IAASTD, 2008; De Schutter, 2011). Aunque el presente capítulo no se proponen realizar un examen exhaustivo de los datos empíricos, vale la pena mencionar algunas de las ventajas más importantes:

- » **Producción de alimentos suficientes y saludables para las poblaciones locales (soberanía alimentaria):** A pesar de la falsa idea bastante extendida de que los sistemas de producción agroindustriales son los más productivos, en los últimos años muchos estudios han demostrado que las pequeñas granjas son más productivas que las grandes granjas (Rosset, 1999), y que los sistemas 'agroecológico', 'sostenibles' y/o 'orgánicos' son igualmente productivos y muchas veces más productivos que los monocultivos dependientes de insumos químicos (Badgley *et al.*, 2007; Pretty y Hine, 2001; Pretty *et al.*, 2003; De Schutter, 2011). Los sistemas más productivos por unidad de superficie son los sistemas agroecológicos altamente integrados en las pequeñas granjas (Rosset *et al.*, 2011; Machín Sosa *et al.*, 2013).
- » **Medios de vida y culturas rurales:** Cuando las poblaciones rurales tienen acceso a la tierra y otros factores de producción y, se les favorece como productores de alimentos en los mercados locales y nacionales, sus medios de vida y su cultura rurales se conservan y fortalecen (Rosset, 1999).
- » **Resiliencia al clima y otras perturbaciones:** Los sistemas de producción agroecológicos son mucho más resistentes y resilientes a los fenómenos climáticos y otras perturbaciones (Rosset *et al.*, 2011; Altieri y Koohafkan, 2008).
- » **Menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI):** Un sistema alimentario más localizado, basado en pequeñas granjas agroecológicas que producen para los mercados locales y nacionales reduciría considerablemente las emisiones de GEI (Vandermeer *et al.*, 2009; LVC, 2009).
- » **Menores costos de producción, menor endeudamiento:** Los sistemas agroecológicos que utilizan los insumos generados en la granja y las sinergias disponibles en los sistemas integrados, pueden reducir considerablemente los costos de producción y el endeudamiento de los agricultores (Rosset *et al.*, 2011; Rosset y Martínez-Torres, 2012).
- » **Mejor administración de los recursos productivos y la biodiversidad:** Los pequeños agricultores, en especial los que practican la producción agroecológica, administran mejor los recursos productivos (Rosset, 1999) y la biodiversidad funcional, como los recursos fitogenéticos (Jarvis *et al.*, 2011).
- » **Mayor autonomía y menor dependencia externa:** Un desafío común para los campesinos y los agricultores familiares es la búsqueda de una autonomía relativa con respecto a los mercados de crédito, los insumos y la producción mundial, que operan en condiciones desfavorables para ellos (van der Ploeg, 2008; 2010). A través de la agroecología, pueden adquirir una autonomía relativa frente estos mercados (Rosset y Martínez-Torres, 2012).



Por consiguiente, existen varios argumentos favorables a la transformación agroecológica de los sistemas de producción agrícola. Sin embargo, perdura el problema de aplicar la agroecología en una escala mayor para que incluso más familias la practiquen en territorios aún más bastos.

LA APLICACIÓN DE LA AGROECOLOGÍA EN UNA ESCALA MAYOR EXIGE UN PROCESO Y UNA ORGANIZACIÓN SOCIAL

La cuestión de la ampliación de la adopción de la agroecología es un tema objeto de debate en las publicaciones especializadas (von der Weid, 2000; Holt-Giménez, 2001; 2006; Altieri y Nicholls, 2008; Rosset *et al.*, 2011; Parmentier, 2014). Varios autores sostienen que la clave está en los enfoques del proceso social, la organización social y los movimientos sociales rurales (Rosset *et al.*, 2011; Rosset y Martínez-Torres, 2012; McCune *et al.*, 2014; McCune, 2014).

Mientras que los enfoques convencionales de la investigación y la extensión agrícola han demostrado una incapacidad para difundir las prácticas agroecológicas diversificadas y fomentar su adopción, los movimientos y enfoques sociales basados en dinámicas sociales parecen ofrecer ventajas significativas (Rosset *et al.*, 2011). Los movimientos sociales incorporan un gran número de personas – en este caso un gran número de familias de campesinos – en procesos autogestionados que pueden aumentar notablemente la tasa de innovación y la difusión y adopción de las innovaciones.

El hecho de que la agroecología se base en principios cuya aplicación depende de las realidades locales, implica que los conocimientos locales y el ingenio de los agricultores desempeñan un papel primordial, puesto que los agricultores no pueden seguir ciegamente las recomendaciones sobre el uso de plaguicidas y fertilizantes recetados por los extensionistas o los vendedores de las casas comerciales. Los métodos en virtud de los cuales los extensionistas o agrónomos son los actores principales (sujetos activos) y los agricultores desempeñan un papel pasivo, se limitan, en el mejor de los casos, al número de familias campesinas que un técnico puede atender, porque existe muy poca dinámica autocatalizada entre los propios agricultores para mantener los cambios después de la visita del último técnico. Por ende, estos casos son limitados por el presupuesto, es decir, por el número de técnicos que pueden ser contratados. Muchos proyectos de las organizaciones no gubernamentales (ONG) de desarrollo rural enfrentan problemas similares. Cuando el ciclo de financiación del proyecto llega a su fin, prácticamente todo se revierte al estado "anterior al proyecto", con pocos efectos duraderos (Rosset *et al.*, 2011).

La metodología más exitosa para promover y compartir la innovación de los agricultores y el aprendizaje horizontal es la metodología de 'campesino a campesino'. Aunque los agricultores han innovado y compartido sus innovaciones desde tiempos inmemorables, la versión más contemporánea y formalizada fue desarrollada localmente en Guatemala y difundida a lo largo de América Central a los inicios del decenio de 1970 (Holt-Giménez 2008). De campesino a campesino es una metodología de comunicación horizontal *Freiriana* (*sensu* Freire 1970), o



una metodología de proceso social, basada en agricultores-promotores que han creado nuevas soluciones para problemas que son comunes a muchos agricultores, o que han recuperado o redescubierto soluciones tradicionales antiguas, y que se valen de las metodologías de la educación popular para intercambiar experiencias con sus colegas, usando sus propias parcelas como aulas. Un eje fundamental del método de campesino a campesino es que es más probable que los agricultores crean y emulen a sus compañeros agricultores que utilizan exitosamente una determinada alternativa en sus propias granjas, antes que tomar la palabra de un agrónomo posiblemente de origen urbano. Es mucho mejor cuando pueden visitar la parcela de sus pares y ver las alternativas puestas en práctica con sus propios ojos. En Cuba, los agricultores dicen: "Cuando el campesino ve, hace fe" (Rosset *et al.*, 2011).

Mientras que los servicios de extensión convencionales pueden ser desmotivadores para los agricultores, el método de campesino a campesino es incentivador, en la medida en que los agricultores pasan a ser los protagonistas del proceso de generación e intercambio de tecnologías. El enfoque de campesino a campesino es un método participativo basado en las necesidades, la cultura y las condiciones ambientales locales de los agricultores, que libera conocimientos, entusiasmo y capacidad de iniciativa como una forma de descubrir, reconocer, aprovechar y socializar el rico caudal de conocimientos agrícolas familiares y comunitarios, que guardan una estrecha relación con sus condiciones históricas concretas y sus identidades. En las actividades de extensión convencionales, el objetivo de los expertos técnicos ha sido con demasiada frecuencia reemplazar los conocimientos de los agricultores con la compra de insumos químicos, semillas y maquinaria, en el marco de un proceso vertical en el que la educación se parece más a la domesticación (Freire, 1973; Rosset *et al.*, 2011). Holt-Giménez (2006) han documentado ampliamente las experiencias de los movimientos sociales centroamericanos que utilizan la metodología de campesino a campesino para promover prácticas de producción agroecológica, en lo que llaman "pedagogía campesina".

Cuba es el país en que la metodología social de campesino a campesino logró su mayor impacto cuando la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), miembro de La Vía Campesina (LVC), adoptó el enfoque con el objetivo deliberado y explícito de establecer un movimiento de base para la agroecología dentro de la organización nacional (como se describe detalladamente en Machín Sosa *et al.*, 2013 y Rosset *et al.*, 2011). En menos de 10 años, el proceso de transformación de los sistemas de producción en sistemas agrícolas integrados y diversificados se expandió a un ritmo sorprendente, involucrando a más de un tercio de todas las familias de agricultores de Cuba. Durante el mismo período, cuando los agricultores se convirtieron a la agroecología, la contribución total de la producción campesina a la producción nacional aumentó considerablemente, con la ventaja adicional de que se redujo el uso de insumos agrícolas químicos y otros insumos comprados fuera de la granja (más autonomía), y mejoró la resiliencia ante las perturbaciones climáticas (Machín Sosa *et al.*, 2013).

La experiencia de los movimientos sociales rurales, y de las organizaciones de agricultores y campesinos, indica que el grado de organización (denominado 'organicidad' por los movimientos sociales), y la medida en que las metodologías sociales horizontales basadas en el protagonismo de los campesinos y los agricultores se utilizan para construir colectivamente procesos sociales, son factores clave en la 'masificación' y ampliación del alcance de la agroecología. Los procesos



de campesino a campesino y las escuelas agroecológicas para agricultores dirigidas por organizaciones de agricultores son ejemplos útiles de estos principios (Rosset y Martínez-Torres, 2012; McCune *et al.*, 2014).

Estos temas se ilustran haciendo referencia a casos emblemáticos seleccionados de LVC, posiblemente el movimiento social más grande del mundo, y un lugar de encuentro para la ampliación de la experiencia agroecológica a través de sus procesos agroecológicos y de semillas campesinas a nivel mundial, regional y nacional (Rosset y Martínez-Torres, 2012; LVC, 2013; Martínez-Torres *et al.*, 2014).

En los últimos años, LVC y sus miembros han establecido programas agroecológicos de campesino a campesino en muchos países de América, Asia y África, además de producir materiales de capacitación en agroecología y patrocinar ferias de semillas y redes de intercambio de semillas campesinas en varias regiones y países. En Cuba se ejecutó un programa que tuvo un éxito sorprendente, en el que los agricultores mejoran y seleccionan sus propias variedades, mientras que en otros países se aplicaron programas en menor escala. LVC no sólo ha organizado intercambios nacionales e internacionales para que los agricultores puedan ver por ellos mismos ('cuando el campesino ve, hace fe'), y aprender de los mejores casos, si no que además ha comenzado recientemente a identificar, estudiar por cuenta propia, documentar, analizar y compartir horizontalmente las lecciones de los mejores casos de experiencias en materia de agroecología resistente al clima y soberanía alimentaria lideradas por agricultores. LVC ha abierto escuelas regionales de capacitación en agroecología o universidades campesinas en Venezuela, Paraguay, el Brasil, Nicaragua, Indonesia y la India, y tiene previsto abrir otras en Mozambique, Zimbabwe, Níger y Malí (además de docenas de escuelas a nivel nacional y subnacional).

Además, ha establecido academias de formación de dirigentes políticos en muchos países y varias regiones con miras a preparar dirigentes campesinos para ejercer presión sobre los gobiernos a fin de introducir los cambios necesarios en las políticas. Ha adoptado medidas para entablar una colaboración permanente, crucial y constructiva con los responsables de la formulación de políticas respetuosos de los intereses de los campesinos en los gobiernos locales, provinciales y nacionales de diferentes países, y con determinados programas y funcionarios de organismos internacionales, para promover la aplicación de políticas públicas alternativas más favorables a la agroecología, el clima, los agricultores y los consumidores. En países con gobiernos y responsables de la formulación de políticas menos receptivos, las organizaciones miembros han ejercido una presión política en gran escala para alentarlos a tomar más seriamente las opciones alternativas.

En la India meridional, se ha desarrollado rápidamente un movimiento agroecológico comunitario. El movimiento trasciende las bases de algunas organizaciones miembros de LVC, que ahora está facilitando los intercambios con agricultores de otros países de Asia (Rosset y Martínez-Torres, 2012). El movimiento, denominado 'Agricultura Natural de Presupuesto Cero' (ZNBF) es una respuesta parcial al grave endeudamiento en que hoy se encuentran muchos agricultores de la India. La deuda que responde a los altos costos de producción de la agricultura convencional del tipo de la Revolución Verde traducida en presupuestos para créditos bancarios, es la causa de fondo de la conocida 'epidemia' de suicidios de agricultores en dicho país (Vasavi, 2012; Mohanty, 2005). La idea del movimiento es utilizar las prácticas agroecológicas basándose



completamente en los recursos disponibles en la granja, como la cobertura del suelo con materia orgánica, las enmiendas orgánicas y la diversificación, para romper el ciclo de endeudamiento de los hogares agrícolas mediante la eliminación total de las compras de insumos agrícolas externos a la granja. Según los dirigentes agricultores de LVC en Asia meridional, centenares de miles de familias campesinas se han unido al movimiento.

El Foro de Pequeños Agricultores Orgánicos de Zimbabwe (ZIMSOFF) es un miembro reciente de LVC (Rosset y Martínez-Torres, 2012). La actual presidenta del Foro es una promotora agroecológica en Sashe, núcleo de la reforma agraria en la región de Masvingo. Shashe es una comunidad o colectivo internacional creado por ex campesinos sin tierra, quienes participaron en una ocupación de tierras por años hasta que el Gobierno se las otorgó en el marco del programa de reforma agraria. Un grupo de familias de la comunidad se comprometió con la práctica y promoción de la agricultura agroecológica diversificada; a través del Foro de Pequeños Agricultores de Zimbabwe están teniendo un impacto nacional, y a través de LVC, un impacto internacional. Cuando Shashe fue la sede de un encuentro agroecológico regional de organizaciones de LVC de África Meridional, Central y Oriental en 2011, los participantes observaron en su declaración final que:

Nos hemos reunido en el Centro de Capacitación para el Desarrollo Endógeno de Shashe en la Provincia de Masvingo, Zimbabwe, para planificar la forma de promover la agroecología en nuestra región (África Austral, Oriental y Central). Hemos tenido el privilegio de observar de primera mano la fructífera combinación de reforma agraria, agricultura ecológica y agroecología llevada a cabo por pequeños agricultores familiares locales. En lo que en su momento fueron grandes granjas ganaderas propiedad de tres grandes terratenientes que poseían 800 cabezas de ganado y no producían granos ni ningún otro producto adicional, ahora hay más de 365 familias campesinas con más de 3 400 cabezas de ganado, que, además, producen un promedio anual de entre 1 y 2 toneladas de granos por familia, además de hortalizas y otros productos, en muchos casos usando métodos agroecológicos y semillas campesinas locales. Esta experiencia refuerza nuestro compromiso y nuestra creencia en la agroecología y en la reforma agraria como pilares fundamentales para la construcción de la Soberanía Alimentaria (LVC, 2011).

Además, decidieron establecer un escuela internacional de capacitación agroecológica en Shashe, para capacitar a los activistas campesinos de las organizaciones de LVC de la región como promotores agroecológicos utilizando el método de campesino a campesino.

Estos ejemplos muestran el creciente proceso agroecológico en LVC y sus organizaciones miembros (Rosset y Martínez-Torres, 2012; La Vía Campesina, 2013; Martínez-Torres *et al.*, 2014). Parte de este proceso ha consistido en la organización de encuentros regionales y continentales de formadores en agroecología, que se han celebrado en las Américas (2009 y 2011), Asia (2010), África Meridional, Central y Oriental (2011), África Occidental (2011) y Europa (2012), así como el primer Encuentro Global de Campesinos Productores de Semillas, celebrado en Bali (2011).



Este proceso ha contribuido a varias finalidades importantes. Una ha sido ayudar a LVA en su conjunto a darse cuenta de la cantidad de experiencias agroecológicas en curso que se llevan a cabo dentro de las organizaciones miembros a nivel nacional y regional. La gran mayoría de las organizaciones dispone ya de algún tipo de programa interno para promover la agroecología, o está examinando la posibilidad de crear uno. Otra finalidad a la que estos encuentros han contribuido es la elaboración de planes de trabajo detallados para apoyar estas experiencias actuales destinadas a aplicar la agroecología en una escala mayor, y relacionarlas unas con otras en el marco de un intercambio horizontal y de un proceso de aprendizaje. Los encuentros han creado un espacio para elaborar de manera colectiva una visión compartida de lo que significa la agroecología para LVC; en otras palabras, la filosofía, el contenido político y racional que vinculan a las organizaciones en esta labor (Rosset y Martínez-Torres, 2012; LVC, 2013; Martínez-Torres *et al.*, 2014).

FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA APLICACIÓN DE LA AGROECOLOGÍA EN UNA ESCALA MAYOR

En 2014, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en México, organizó un grupo interdisciplinario de investigación para estudiar la ‘masificación’ (difusión en escala mayor) de la agroecología¹. Basándose en el examen de casos exitosos de aplicación en escala mayor de la agroecología en el mundo entero (incluidos los casos de LVC, pero sin limitarse a ellos), el programa espera dilucidar los factores reproducibles que contribuyen al éxito. Aunque el programa no está más que en sus fases iniciales, ya dispone de una lista preliminar de factores que parecen que han desempeñado un papel importante, en mayor o menor grado, en diferentes experiencias positivas.² Estos factores son:

- » **Organización social – movimientos sociales:** Como se explicó anteriormente, los movimientos sociales rurales, y su capacidad para fortalecer la organización social y construir procesos sociales, parecen ser muy importantes. La organización social es el soporte cultural a partir del cual la agroecología crece y puede difundirse a una escala mayor (Rosset y Martínez-Torres, 2012; McCune, 2014).
- » **Metodología y pedagogía de los procesos sociales horizontales:** El uso de una metodología de proceso social como la de campesino a campesino, basada en una ‘pedagogía campesina’, a menudo es un elemento fundamental para la aceleración de un proceso agroecológico (Rosset *et al.*, 2011; Machín Sosa *et al.*, 2013; Holt-Giménez, 2006).

¹ El grupo es financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) y coordinador por la Dra. Helda Morales.

² La lista se basa fundamentalmente en el trabajo de Ashlesha Khadse, estudiante egresada del Instituto de Estudios Superiores de ECOSUR.



- » **Protagonismos de los agricultores:** Los indicios preliminares indican que el proceso de innovación, cuando lo encabezan los campesinos o agricultores, avanza con una rapidez mucho mayor que cuando lo encabeza el personal técnico o los extensionistas (Rosset *et al.*, 2011; Machín Sosa *et al.*, 2013; Holt-Giménez, 2006; Kolmans, 2006).
- » **Prácticas agrícolas que funcionan:** La agroecología no puede difundirse basándose exclusivamente en el proceso social. Todo proceso debe basarse en prácticas agrícolas agroecológicas que faciliten a los agricultores buenos resultados y soluciones a los problemas u obstáculos a que hacen frente (Rosset *et al.*, 2011; Machín Sosa *et al.*, 2013; Holt-Giménez, 2006; Kolmans, 2006). Estas soluciones o prácticas no tienen que ser necesariamente el producto de instituciones de investigación oficiales. De hecho, es tan o más probable que sean el resultado de las innovaciones de campesinos o agricultores, después de que el proceso social libere en ellos la creatividad y el interés por recuperar las prácticas ancestrales.
- » **Discurso y marco motivadores:** Rosset y Martínez-Torres (2012) distinguen entre “agroecología como *agricultura*” y “agroecología como *marco*”. Mientras que la agroecología debe ‘funcionar’ como agricultura, el proceso social de difusión y adopción a menudo es impulsado por la capacidad de una organización o movimiento de elaborar y utilizar un discurso motivador y movilizador que hace que las personas quieran realmente transformar sus granjas.
- » **Oportunidad política, aliados externos, líderes carismáticos, paladines locales, entre otros:** Como ocurre con muchas otras formas de movimiento sociales, las oportunidades políticas y las alianzas externas, (Fox, 1996; Morris, 2000), los líderes carismáticos (Morris and Staggenborg, 2004) y los paladines locales (Bagdonis *et al.*, 2009) pueden ser un estímulo para los movimientos agroecológicos o ser aprovechados por ellos. Puede tratarse de una amenaza alimentaria, un gobierno oficial dispuesto a publicar materiales de capacitación, un figura pública, un artista o una figura religiosa que defienden el movimiento, o un líder carismático interno.
- » **Mercados favorables:** La demanda de productos agroecológicos y las oportunidades para los agricultores de vender productos obtenidos mediante prácticas agroecológicas consiguiendo un beneficio, pueden ser factores clave que contribuyen a los casos exitosos de aplicación de la agroecología en una escala mayor (Brown y Miller, 2008). Por el contrario, no prestar atención al mercado puede determinar el fracaso de un proceso.
- » **Políticas públicas favorables:** Las políticas públicas cumple una función fundamental en determinar si los procesos agroecológicos pueden llevarse a escala. Machín Sosa *et al.* (2013) examinan la forma en que las políticas cubanas han favorecido la agroecología, mientras que Nehring y McKay (2014) hacen otro tanto en el Brasil. Los gobiernos pueden y deben utilizar las políticas en materia de compras, crédito, educación, investigación, extensión y otros instrumentos normativos para favorecer la transformación agroecológica.



CONCLUSIONES

Aunque todos estos factores pueden desempeñar un papel importante en llevar la agroecología a escala, en el presente capítulo se hace hincapié en la importancia de las organizaciones sociales, la metodología de los procesos sociales y los movimientos sociales. Opino que la experiencia de los movimientos sociales rurales y de las organizaciones de agricultores y campesinos indica que, el grado de organización y la medida en que las metodologías sociales horizontales basadas en el protagonismo de los campesinos y agricultores se emplean para construir de manera colectiva procesos sociales, son factores fundamentales para la ‘masificación’ y la aplicación de la agroecología en una escala mayor. Los procesos de campesino a campesino y las escuelas agroecológicas campesinas dirigidas por organizaciones de campesinos son ejemplos útiles de estos principios.

Aunque la mayoría de las investigaciones agroecológicas realizadas hasta la fecha han hecho hincapié en la ciencias naturales, los resultados presentados en este capítulo apuntan a la necesidad de dar prioridad a los enfoques de las ciencias sociales y los estudios independientes realizados por los movimientos rurales, para extraer lecciones sistemáticas de sus experiencias exitosas. Este enfoque puede facilitar la información y los principios necesarios para el diseño de nuevos procesos colectivos.



REFERENCIAS

- Altieri, M.A. & Koohafkan, P.** 2008. *Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities*. Penang, Malaysia, Third World Network.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.** 2008. Scaling up agroecological approaches for food sovereignty in Latin America. *Development*, 51(4): 472-80.
- Badgley, C, Moghtader, J.K., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Aviles-Vázquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I.** 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2): 86-108.
- Bagdonis, J.M., Hinrichs, C.C. & Schafft, K.A.** 2009. The emergence and framing of farm-to-school initiatives: civic engagement, health and local agriculture. *Agriculture and Human Values*, 26(1-2): 107-119.
- Brown, C. & Miller, S.** 2008. The impacts of local markets: a review of research on farmers markets and community supported agriculture (CSA). *American Journal of Agricultural Economics*, 90(5): 1298-1302.
- De Schutter, O.** 2011. *Agroecology and the right to food*. United Nations Human Rights Council Official Report. Geneva, Switzerland.
- Fox, J.** 1996. How does civil society thicken? The political construction of social capital in rural Mexico. *World development*, 24(6): 1089-1103.
- Freire, P.** 1970. *Pedagogy of the oppressed*. New York, USA, Seabury Press.
- Freire, P.** 1973. *Extension or communication?* New York, USA, McGraw.
- Holt-Giménez, E.** 2001. Scaling-up sustainable agriculture. *Low External Input Sustainable Agriculture*, 3(3): 27-29.
- Holt-Giménez, E.** 2006. *Campesino a campesino: voices from Latin America's farmer to farmer movement for sustainable agriculture*. Oakland, CA, USA, Food First Books.
- IAASTD.** 2008. *Summary for Decision Makers of the Global Report*. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Washington, DC, Island Press.
- Jarvis, D.I., Hodgkin, T., Sthapit, B.R., Fadda, C. & Lopez-Noriega, I.** 2011. An heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production system. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2): 125-176.
- Kolmans, E.** 2006. *Construyendo procesos 'de campesino a campesino'*. Lima, ESPIGAS y Pan para el Mundo.
- La Vía Campesina (LVC).** 2009. Small scale sustainable farmers are cooling down the earth. *Via Campesino Views*, 5: 1-24 (disponible en: [www.viacampesina.org/downloads/pdf/en/EN-paper5.pdf](http://viacampesina.org/downloads/pdf/en/EN-paper5.pdf)).
- La Vía Campesina (LVC).** 2011. *1st Encounter of Agroecology Trainers in Africa Region 1 of LVC, 12-20 June, Shashe Declaration*, (disponible en: [www.viacampesina.org/en/index.php?option=com_content&view=article&id=1098:1st-encounter-of-agroecology-trainers-in-africa-region-1-of-La-via-campesina-&catid=23:agrarian-reform&Itemid=36](http://viacampesina.org/en/index.php?option=com_content&view=article&id=1098:1st-encounter-of-agroecology-trainers-in-africa-region-1-of-La-via-campesina-&catid=23:agrarian-reform&Itemid=36)).
- La Vía Campesina (LVC).** 2013. *From Maputo to Jakarta: 5 years of agroecology in La Vía Campesina*. Jakarta (disponible en: <http://viacampesina.org/downloads/pdf/en/De-Maputo-a-Yakarta-EN-web.pdf>).
- Machín Sosa, B., Roque Jaime, A.M., Ávila Lozano, D.R., & Rosset, P.M.** 2013. *Agroecological Revolution: The Farmer-to-Farmer Movement of the ANAP in Cuba*. Jakarta, ANAP & La Vía Campesina (disponible en: [www.viacampesina.org/downloads/pdf/en/Agroecological-revolution-ENGLISH.pdf](http://viacampesina.org/downloads/pdf/en/Agroecological-revolution-ENGLISH.pdf)).
- Martínez-Torres, M.E. & Rosset, P.M.** 2014. Diálogo de saberes in La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology. *The Journal of Peasant Studies*, 41(6): 979-997.



- McCune, N.** 2014. Peasant to peasant. The social, movement form of agroecology. *Farming Matters*, 30(2): 36-37.
- McCune, N., Reardon, J. & Rosset, P.M.** Agroecological Formación in Rural Social Movements. *Radical Teacher*, 98: 31-37.
- Mohanty, B.B.** 2005. 'We are like the living dead': farmer suicides in Maharashtra, Western India. *Journal of Peasant Studies*, 32(2): 243-276.
- Morris, A.** 2000. Reflections on social movement theory: Criticisms and proposals. *Contemporary Sociology*, 29(3): 445-454.
- Morris, A. & Staggenborg, S.** 2004. Leadership in social movements. In D.A. Snow, S.A. Soule & H. Kriesi (eds.), *The Blackwell companion to social movements*, pp. 171-196. Malden, MA, USA, Blackwell.
- Nehring, R. & McKay, B.** 2014. *Sustainable agriculture: an assessment of Brazil's family farm programmes in scaling up agroecological food production*. Brasília, International Policy Centre for Inclusive Growth.
- Parmentier, S.** 2014. *Scaling-up agroecological approaches: what, why and how?* Brussels, Oxfam-Solidarité.
- Pretty, J.N. & Hine, R.E.** 2001. *Reducing food poverty with sustainable agriculture: A summary of new evidence*. Colchester, UK, University of Essex.
- Pretty J.N., Morison, J.I.L. & Hine, R.E.** 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95: 217-234.
- Rosset, P.M.** 1999. The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations. *Food First Policy Brief* 4: 1-22.
- Rosset, P.M., Machín Sosa, B. Roque Jaime, A.M. & Ávila Lozano, D.R.** 2011. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38(1): 161-191.
- Rosset, P.M. & Martínez-Torres, M.E.** 2012. Rural Social Movements and Agroecology: context, theory and process. *Ecology and Society*, 17(3): 17. Versión en español "Movimientos Sociales Rurales: Contexto, Teoría y Proceso (disponible en: <https://doctoradoagroecoudea.files.wordpress.com/2013/04/movimientosocialesagroecologia.pdf>)
- van der Ploeg, J.D.** 2008. *The new peasantnes. struggles for autonomy and sustainability in an era of empire and globalization*. London, Earthscan.
- van der Ploeg, J.D.** 2010. The peasantries of the twenty-first century: the commoditization debate revisited. *Journal of Peasant Studies*, 37(1): 1-30.
- Vandermeer, J., Smith, G., Perfecto, I. & Quintero, E.** 2009. *Effects of industrial agriculture on global warming and the potential of small-scale agroecological techniques to reverse those effects*. New World Agriculture and Ecology Group report to Via Campesina (disponible en: www.viacampesina.org/dl/click.php?id=12).
- Vasavi, A.R.** 2012. *Shadow space: suicides and the predicament of rural India*. Harayana, India: Three Essays Collective.
- von der Weid, J.C.** 2000. *Scaling up, and scaling further up: an ongoing experience of participatory development in Brani*. São Paulo, Brazil, AS-PTA (disponible en: www.fao.org/docs/eims/upload/215152/AS-PTA.pdf).



17

LA AGROECOLOGÍA Y LA ECONOMÍA DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD: EL DIABLO ESTÁ EN LOS DETALLES

Salman Hussain^{1,3}, Dustin Miller¹, Barbara Gemmill-Herren², Anne Bogdanski²

¹ La economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Ginebra, Suiza

² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia

³ Autor para correspondencia

Correo electrónico: Salman.Hussain@unep.org



© FAO/T.V. Hieu



Resumen

El proyecto de la economía de los ecosistemas y la diversidad (TEEB, por sus siglas en inglés) ha emprendido recientemente un estudio centrado en el sistema agroalimentario. El enfoque de la TEEB clasifica y hace visible tanto las dependencias de los sistemas con respecto a los insumos de la naturaleza, como los beneficios producidos por el sistema agroalimentario para los seres humanos. En los dos casos existen invisibilidades: externalidades positivas y negativas. Hacer que estas externalidades sean visibles a los responsables de la formulación de políticas para ofrecer, luego, opciones de política que capturen estos valores es fundamental para el estudio de 'La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para la agricultura y la alimentación' (TEEBAgFood). Existe un vínculo muy estrecho entre el estudio y el discurso agroecológico.

Del lado de los 'insumos', el movimiento agroecológico se ha centrado, entre otros, en la fertilidad del suelo, la diversidad genética y la resiliencia de los sistemas, factores que, a pesar de que sustenten la producción, son relativamente invisibles. Del lado de los 'productos', la agroecología considera que los beneficios no se limitan al aporte de calorías, sino que abarcan los beneficios nutricionales de las variedades locales y la cohesión de la comunidad promovida por una producción justa, equitativa y sostenible. El estudio TEEBAgFood procura incorporar estos aspectos en un marco holístico, cuya elaboración plantea retos particulares. En el presente capítulo se describen el marco, los retos y las posibles formas de avanzar en el desarrollo del TEEBAgFood, con un interés particular en los sistemas arroceros.

LOS RETOS (AMBIENTALES) DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS

Aunque reconociendo la importancia de la agricultura para el bienestar humano y el desarrollo sostenible, toda afirmación sobre el futuro de la agricultura conviene esencialmente en que se necesita una transformación en la forma de gestión sector y en el modo en que este repercute en el medio ambiente, incluso en el caso de que la producción aumentara para atender las necesidades relacionadas con la seguridad alimentaria (IAASTD, 2009; Royal Society London, 2009; Godfray *et al.*, 2010; Foley *et al.*, 2011). Durante los últimos 25 años, han aumentado exponencialmente las preocupaciones con respecto a la sostenibilidad de la agricultura y la creciente huella ecológica de los sistemas de producción agrícolas convencionales. Para muchos,



en particular para los que se ocupan de la biodiversidad y la conservación de la naturaleza, la agricultura representa una importante amenaza mundial. Como se observó en la reciente cuarta edición de la Perspectiva Mundial sobre la Biodiversidad (CBD, 2014), la agricultura se considera la causa de alrededor del 70 por ciento de las pérdidas previstas de biodiversidad terrestre.

Igualmente importante es el hecho de que, entre la creciente comunidad de actores preocupados por el cambio climático, la agricultura se considera cada vez más como uno de los factores principales que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), estimados en niveles muy variables, desde la estimación oficial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) del 10 por ciento al 12 por ciento del total mundial de las emisiones antropógenas de GEI, hasta la de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), que las sitúa entre el 40 por ciento y el 45 por ciento del total mundial (Hoffman, 2013). Debido a que la agricultura contribuye con una parte menor del PIB, se le ha considerado altamente 'intensiva en GEI', pues la importante proporción de contaminantes que emite a lo largo de la cadena de producción, desde la siembra hasta el consumo, no guarda relación con su contribución económica. Desde luego, este análisis general presenta muchos aspectos problemáticos, pues ignora la fuerte dependencia de los medios de vida de las comunidades locales con respecto a la agricultura, la importancia del sector para la seguridad alimentaria y nutricional, y la realidad de la volatilidad de los precios mundiales de los productos agrícolas. Sin embargo, a partir de los debates sobre el cambio climático, están surgiendo numerosas iniciativas para reducir el costo ambiental la agricultura (véase, por ejemplo, UNFCCC 2009).

CONSTRUYENDO UN SISTEMA AGRÍCOLA REGENERATIVO

La otra cara de los desafíos a que hacen frente los sistemas agrícolas actuales es que la agricultura convencional con elevado empleo de insumos no se ha impuesto en muchas partes del mundo en desarrollo y tiene pocas posibilidades de hacerlo. En estas regiones, los agricultores de escasos recursos tienen que vérsela con problemas relacionados con los ambientes marginales de alto riesgo y los escasos rendimientos, justamente en zonas en que la seguridad alimentaria es la más vulnerable. La investigación agrícola oficial ha comenzado recientemente a interesarse de manera creciente por estos lugares, y a reconocer que, para sostener la productividad en estas condiciones, se necesitan sistemas de gestión de recursos específicos para cada lugar (Altieri, 2002). Por ejemplo, en las tierras agrícolas de la zona del Sahel, en África Occidental, se han obtenido muy buenos resultados con la incorporación de especies forrajeras leguminosas nativas, que pierden sus hojas durante la temporada de crecimiento de los cultivos, para aumentar la fertilidad del suelo, proporcionar forraje para el ganado y proteger el suelo todo el año (Dixon y Garrity, 2014).

Los enfoques que pueden hacer frente a las importantes externalidades negativas de los sistemas de producción convencionales, y a los retos que afrontan los agricultores de escasos recursos, tienen un argumento en común: el reconocimiento de que los sistemas agrícolas y alimentarios son sistemas biológicos y sociales complejos. Estos sistemas se pueden diseñar



con miras a consolidar y aprovechar las fuerzas de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, para optimizar y promover los procesos en que se sustenta la producción agrícola (por ejemplo, fertilidad del suelo, control natural de plagas, polinización, retención del agua). Los sistemas de producción agrícola pueden ser sistemas regenerativos, que aprovechan y contribuyen al capital natural, en lugar de depender de manera creciente de los insumos agrícolas externos que el sistema no puede absorber y que muy menudo acaban como externalidades negativas. Por tradición, la agricultura nunca ha sido una actividad solitaria; durante milenios la han practicado comunidades de personas. Una perspectiva ecosistémica reconoce que los aspectos regenerativos de la agricultura ocurren a nivel de todo el sistema agrícola, a escala de cuenca, de paisaje o de comunidad, y que los conocimientos y las experiencias tradicionales de los agricultores, y el empoderamiento de las comunidades, constituyen su base. De este modo, esta perspectiva contribuye a la promoción y fortalecimiento del capital social subyacente a la agricultura, al tiempo que aprovecha todas las formas de tecnologías apropiadas para hacer posibles sistemas agrícolas ecológicos y equitativos.

LA ECONOMÍA DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD EN LA AGRICULTURA (TEEB) Y LA ALIMENTACIÓN

La TEEB es una iniciativa mundial destinada a demostrar los beneficios económicos que aporta la biodiversidad, incluido el costo cada vez mayor que supone la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas. Esencialmente, la TEEB reconoce que todos los sectores productivos dependen de los beneficios aportados por la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Cabe observar que la TEEB no confunde la valoración con la monetización o la comercialización.

El objetivo fundamental del enfoque de la TEEB es ayudar a los responsables de la formulación de políticas a reconocer, demostrar y capturar los valores de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, ayudarnos a replantear nuestras relaciones con el ambiente natural, y alertarnos sobre las repercusiones que nuestras decisiones y comportamientos tienen en lugares y poblaciones distantes. En el enfoque de la TEEB, se llevan a cabo análisis para evaluar la prestación de servicios ecosistémicos en un escenario con cambios de políticas frente a otro sin cambios. Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la naturaleza nos ofrece. Por tanto, si evaluamos los cambios en los servicios ecosistémicos (primero en términos biofísicos y luego usando enfoques de valoración), podemos reconocer y demostrar los costos de oportunidad a que hacen frente los responsables de la formulación de políticas cuando deciden apoyar la política propuesta en comparación con el escenario hipotético sin cambios. La captura de estos valores es un paso más que exige una evaluación de las capacidades institucionales, las necesidades de las principales partes interesadas y los regímenes de gobernanza. La mejor manera de capturar los valores puede ser una reforma basada en el mercado, una intervención reguladora, el suministro de información o alguna combinación de estas opciones.



La iniciativa de la TEEB está examinando actualmente varios sectores productivos para observar, por un lado, las relaciones entre las repercusiones del sector en el bienestar ecológico y humano y, por el otro, su dependencia de los servicios ecosistémicos. En los dos casos es importante observar más allá de las repercusiones y dependencias directas, para considerar también las relaciones indirectas. Por ejemplo, las políticas de un departamento forestal pueden tener repercusiones importantes en la producción de cultivos de regadío aguas abajo.

La Oficina de la TEEB del PNUMA ha emprendido recientemente un estudio sobre 'La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para la agricultura y la alimentación' (en lo sucesivo TEEBAgFood, por sus siglas en inglés). Este estudio se propone realizar una evaluación económica exhaustiva del complejo de los 'sistemas agroalimentarios', y demostrar que el entorno económico en que operan los agricultores está distorsionado por importantes externalidades, tanto negativas como positivas, y por la falta de reconocimiento de la dependencia respecto del capital natural. La 'doble desgracia' de la invisibilidad económica de las repercusiones de los ecosistemas y los sistemas agrícolas y alimentarios es una de las causas de fondo del aumento de la fragilidad y de la disminución de la resiliencia a las perturbaciones en los sistemas ecológicos y humanos.

A fin de establecer la base empírica para los principales informes técnicos, se han encargado varios estudios experimentales sobre el arroz, la ganadería, el aceite de palma, la agroforestería, la pesca continental y el maíz. La Oficina de la TEEB está colaborando con un conjunto variado de equipos de investigación, entre ellos la FAO, para coordinar el estudio experimental sobre el arroz. En este capítulo, escrito a mitad del estudio experimental, se pueden destacar algunos puntos fuertes y algunos retos relacionados con la aplicación del enfoque de la TEEB a los sistemas agrícolas y alimentarios en un contexto agroecológico, utilizando el estudio del caso de los sistemas de producción de arroz.

ENFOQUES AGROECOLÓGICOS DE LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA

El modelo predominante de agricultura convencional debe encontrar con urgencia un nuevo fundamento que no degrade ni agote la base de recursos naturales en la que se sustenta la productividad. En respuesta a esta necesidad, en los últimos años se han propuesto varios 'paradigmas' nuevos. De todas las (hoy numerosas) iniciativas y enfoques relacionados con la sostenibilidad agrícola, la agroecología se distingue por no ofrecer soluciones técnicas individuales o conjuntos de prácticas, sino un marco global que reconoce la complejidad de los agroecosistemas y el valor de esta complejidad o multifuncionalidad. La agroecología asume muchas formas; puede referirse a una disciplina científica, a un conjunto específico de prácticas agrícolas, y a un movimiento político o social (Wezel *et al.*, 2009).

La agroecología se ha definido como el uso de **principios ecológicos** para el diseño y la gestión de sistemas alimentarios sostenibles (Gliessman, 2007). De entre todos los modelos y



paradigmas diferentes que se proponen para la agricultura sostenible, esta quizá sea la noción más clara y elaborada, que se remonta a una disciplina científica de la década de 1920 (Wezel *et al.*, 2009).

La agroecología tiene un enfoque amplio, basado en un conjunto de **sólidos principios básicos**:

1. Reciclaje;
2. Eficiencia;
3. Diversidad;
4. Regulaciones e interacciones biológicas;
5. Sinergias.

Tittonell (2015) ha tomado estos principios de las obras clásicas de la agroecología (véase, por ejemplo, Altieri, 1995; Gliessman, 2007). Como observa el autor: "La elección de las prácticas de gestión y de las tecnologías para la aplicación de estos principios es siempre específica al lugar, determinada por un contexto socioecológico concreto".

PUNTOS DE CONVERGENCIA ENTRE EL MARCO DE LOS FUNDAMENTOS DE LA TEEB Y LOS PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS

Objetivos del sistema de producción

La agroecología se opone a los sistemas de producción actuales que atribuyen una importancia particular a los rendimientos de la producción, en lugar de reconocer y apoyar ampliamente los múltiples bienes y servicios aportados por la agricultura. Tradicionalmente, en la mayoría de los análisis, los beneficios de la producción agrícola se han medido en función de los rendimientos de los cultivos y la rentabilidad financiera, y se ha prestado muy poca o ninguna atención a la eficiencia general en el uso de los recursos, la diversidad de la producción, la reducción de los riesgos, y los productos de sectores no relacionados con las materias primas (Silici, 2014).

La TEEB procura establecer un marco que relacione los aspectos biofísicos de los ecosistemas con los beneficios humanos mediante la noción de servicios ecosistémicos, para evaluar de una manera clara y coherente los costos de oportunidad (ecológicos, socioculturales, económicos y monetarios) que suponen la pérdida y el deterioro de los ecosistemas y la biodiversidad. En este sentido, los objetivos específicos de producción, como los rendimientos (por ejemplo, del arroz), han de evaluarse en comparación con servicios como la regulación de la calidad del agua. Este método ofrece un contexto valioso para realizar una evaluación de las externalidades negativas como costos 'invisibles' para la producción. A cada una de estas se les puede atribuir un valor, ya sea monetario o no monetario, y de este modo determinar el 'costo verdadero' de un sistema de producción.



Además, se necesita una *evaluación del sistema*. Aparte de los monocultivos individuales, el sistema producirá una variedad de productos tangibles ya sea para el consumo directo (subsistencia) o para la comercialización o venta en el mercado. Hasta los monocultivos individuales producen (y utilizan) toda la variedad de servicios ecosistémicos. Por consiguiente, si bien es una forma abreviada de considerar uno por uno el costo de oportunidad directo entre (por ejemplo) la producción de alimentos y la regulación de la calidad del agua, el objetivo final de la aplicación del enfoque de la TEEB es un análisis de escenarios en que se compare el sistema agrícola A con el sistema B, que incluya una evaluación biofísica del aporte de los servicios ecosistémicos y una valoración de estos. Por tanto, para el enfoque de la TEEB – y de importancia capital para un enfoque agroecológico – se necesita un análisis de carácter más holístico.

El estudio de la TEEB sobre los *Fundamentos ecológicos y económicos* reconoce que las evaluaciones de los ecosistemas deben plantearse en un contexto de escenarios opuestos - reconociendo que tanto los valores de los servicios ecosistémicos como los costos de las acciones se pueden medir mejor como una función de los cambios entre opciones alternativas (de Groot *et al.*, 2010). Sin embargo, las modalidades económicas para el establecimiento de una comparación, en un sentido auténticamente holístico, entre dos sistemas de producción, y no entre los resultados de dos prácticas (como el uso de plaguicidas frente a la reducción o eliminación de su uso) es una metodología que necesita desarrollarse.

Se trata de un tema que se examina con mayor detenimiento más adelante. Sin embargo, la necesidad de esta herramienta es muy importante para la TEEBAgFood. Por ejemplo, en los sistemas de producción de arroz, la capacidad de obtener, no simplemente rendimientos en arroz, sino otros 'bienes' como peces y organismos acuáticos, puede ser una característica fundamental que justifica otras prácticas, como la reducción o eliminación de las aplicaciones de plaguicidas. Por tanto, las interacciones entre el arroz, los peces, los plaguicidas, las plagas y la calidad del agua son más complejas que el costo de oportunidad simple y lineal o las sinergias. Desde luego, los múltiples objetivos se aplican también a los objetivos sociales y culturales, sin embargo, estos no encajan netamente con un marco económico centrado en hacer que todos los costos y beneficios sean medibles y en asumir que las no linealidades y los puntos de inflexión no se aplican.

La TEEB no se asocia con ningún marco económico que convierte la naturaleza en mercancía; reconoce que la multifuncionalidad puede conducir a una mayor productividad general del sistema, siempre que en la evaluación se incluyan los múltiples bienes y servicios.

Una solución para hacer frente a las limitaciones prácticas de un análisis económico estándar sería emplear un enfoque dinámico de los sistemas. Esto daría varios puntos fuertes al análisis, entre ellos una dimensión temporal, dado que es posible que las prácticas e intervenciones no tengan repercusiones inmediatas, sino consecuencias importantes con el transcurso del tiempo. La dimensión temporal ya es una característica del análisis económico estándar, pero el proceso de descuento (lo opuesto al interés compuesto) implica que las repercusiones que se produzcan en el futuro (trátese de beneficios positivos o costos negativos) no tienen el mismo valor en términos económicos que si se produjeran hoy o en un futuro cercano.



Además, un enfoque dinámico de los sistemas puede manejar relaciones no lineales, dado que es poco probable que el impacto marginal de una determinada actividad sobre los servicios del ecosistema sea constante. Los agroecosistemas pueden reaccionar de manera no lineal a las intervenciones. Por ejemplo, un huerto puede compensar las pequeñas perturbaciones, como los brotes localizados de plagas, ser afectado por años de sequía y, sin ningún cambio en lo que se refiere a la presión de las plagas, no crecer de nuevo o no recuperarse de las pérdidas producidas por las plagas.

No se trata de que el análisis económico no puede manejar la no linealidad; puede hacerlo. Pero se necesita comprender mejor los puntos de inflexión críticos y la manera en que el capital natural puede constituir una limitación crítica para elaborar modelos económicos adecuados del papel que los servicios ecosistémicos y la biodiversidad desempeñan en la producción agrícola.

Anidamiento de prácticas dentro de los sistemas

Un problema que afronta inmediatamente quien trate de analizar y comparar la agricultura sostenible es determinar si se justifica centrarse en algunas prácticas específicas, en conjuntos de prácticas o en los sistemas en su conjunto.

Desde una perspectiva agroecológica, las prácticas o conjuntos de prácticas no son el foco operacional; las prácticas son medidas que se adaptan y modifican de forma específica a cada contexto local para optimizar las interacciones en los sistemas agroecológicos, incluidos los aspectos biológicos y sociales. Los defensores de la agroecología afirman con claridad meridiana que se trata de un conjunto de principios que asumen formas tecnológicas según las realidades sociocultural, económica y ambiental de cada comunidad o situación. Por tanto, la 'diversidad' puede materializarse en muchas formas, como cultivo intercalado o agroforestería; cada una de ellas son maneras de optimizar las interacciones entre los cultivos, la sombra, las plagas y los organismos del suelo, entre otros. Además, muchas prácticas pueden implicar elementos sociales, como el aumento de la interacción social, el aprendizaje y el empoderamiento como parte del sistema.

Basándose en la literatura, resulta claro que la mayoría de las investigaciones se centra en prácticas específicas del enfoque científico de introducir una intervención, mientras que todos los demás factores se mantienen constantes. Aun si los estudios informan sobre un 'sistema' particular, el conjunto de prácticas, y el grado de su optimización, es muy variable. Cuando algunos sistemas de gestión específicos tienen varias prácticas o principios fundamentales (como el Sistema de intensificación del arroz), los estudios de investigación a menudo se centran exclusivamente en una o dos de estas prácticas o principios, en vez de comparar la aplicación de todas las prácticas en relación con la ausencia total de ellas. Además, las diferentes definiciones de prácticas y sistemas se utilizan dentro de contextos específicos y no se pueden simplificar o uniformizar fácilmente debido a las peculiaridades de cada contexto.

En una evaluación anterior de los múltiples bienes y servicios generados por los sistemas de producción de arroz asiáticos, reunimos datos empíricos que comparaban sistemas de gestión optimizados agroecológicamente y sistemas agrícolas tradicionales con sistemas



convencionales de referencia (Garbach *et al.*, 2014), con resultados interesantes. Esto fue posible en la medida en que nos mantuvimos en el nivel de una evaluación biofísica amplia, sin documentación de costos, beneficios y valores. El marco de la TEEBAgFood exige una evaluación de las repercusiones de la agricultura en los servicios ecosistémicos y el bienestar humano y su dependencia de ellos; en este marco, constatamos que, a nivel de sector, podíamos reunir suficientes datos precisos solamente sobre las prácticas, no integradas u optimizadas en sistemas cohesivos. Sin duda, esto conlleva algunos riesgos. Una nueva metodología que se está aplicando para evaluar el valor socioeconómico de prácticas favorables a los polinizadores, utilizando el indicador compuesto de 'número de prácticas agroecológicas' (Garibaldi y Dondo, en preparación), puede ofrecer algunas soluciones.

Los beneficios de la agricultura – valoración de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad que sustentan la producción

Gran parte del interés atribuido a la contabilidad del costo íntegro ambiental, denominada también contabilidad del costo total (véase, por ejemplo, FAO, 2014) o del costo verdadero (véase, por ejemplo, Sustainable Food Trust, 2013) en relación con la agricultura, apunta al hecho de que los sistemas agrícolas actuales están basados en prácticas que son insostenibles y que tienen importantes costos ambientales y sanitarios, que afectan más a los ciudadanos comunes que a los contaminadores. Se reconoce que muchos sistemas agrícolas alternativos pueden dispensar múltiples beneficios que reducen los costos, como mejorar la fertilidad del suelo, secuestrar el carbono de la atmósfera en el suelo, fomentar la resiliencia a la variabilidad meteorológica y climática o prestar servicios sanitarios y sociales. Sin embargo, los productores 'alternativos' a menudo están obligados a pagar costos más altos en forma de certificaciones (por ejemplo, agricultura orgánica certificada), mayor cantidad de mano de obra en la producción y comercialización, o mayores necesidades en materia de capacidad (dado que la agricultura alternativa es muy intensiva en conocimientos) para proporcionar estos beneficios públicos; por consiguiente, es posible que *inicialmente* sean menos competitivas desde el punto de vista económico.

Las necesidades en materia de capacidad y mano de obra suelen ser mayores en los sistemas agroecológicos cuando estos se aplican por primera vez; sin embargo, una vez establecido el sistema, pueden disminuir con el tiempo. En una reciente entrevista, Miguel Altieri, catedrático de Agroecología de la Universidad de California, afirmó que la estrategia clave no debía consistir en más insumos y menos tierra, sino en poner un freno a las prácticas incorrectas y a la migración rural (Bringsken, 2013). De hecho, la experiencia ha demostrado que el ofrecimiento de un número mayor (y posiblemente más seguro) de oportunidades de empleo en la forma de mano de obra agrícola se puede considerar razonablemente un beneficio importante para la sociedad (aunque es un costo privado para el agricultor), en especial dado que estas oportunidades de empleo reducen la urbanización descontrolada y no planificada y sus costos conexos en la infraestructura social y física.



Un análisis efectivo de la TEEB procura y debe centrarse en estos ‘beneficios’, tanto como en los costos de la producción agrícola. También es importante evaluar si existe una ‘fijación’ hacia los sistemas convencionales, es decir, si persisten los costos elevados. Tomemos la certificación como ejemplo: los mercados se caracterizan por una información asimétrica e incompleta en la que el productor tiene una evaluación mejor de las repercusiones de su ecosistema que los consumidores; esto hace que en los mercados coexistan tanto los productores honestamente sostenibles como los *timadores insostenibles* y que ambos obtengan credenciales ecológicas. Este es un caso en que existe una válida justificación económica para intervenir en el mercado, lo que habitualmente no ocurre debido a la falta de voluntad y a intereses creados, y porque resulta muy difícil definir y medir la sostenibilidad agrícola, es decir, descubrir a los ‘timadores’.

Sin embargo, existen beneficios *privados* ocultos a la aplicación de los principios agroecológicos que favorecen los intereses del agricultor individual, pero que pueden no materializarse debido a la formación de hábitos, la cultura o la falta de conocimiento. En el ejemplo de la lucha biológica contra las plagas, los beneficios asumen la forma de costos evitados, dado que se reduce la necesidad de aplicar plaguicidas (costosos y con un uso intensivo de combustibles fósiles) y sus efectos conexos. Aunque existen algunas metodologías para evaluar los beneficios del secuestro del carbono y la conservación de la biodiversidad, actualmente no se pueden evaluar todos los elementos de ‘invisibilidad’ en el marco de la TEEB, incluso en términos no monetarios. Aunque la TEEBAgFood se ha concebido para ser un marco completo, en esta fase del proyecto, el elemento de valoración (en particular) es limitado. Esto tiene un fuerte impacto en la posibilidad de capturar y evaluar los enfoques agroecológicos basándose en los servicios agroecosistémicos que sustenta la producción.

Quizá esto se pueda ilustrar mejor mediante el ejemplo de la producción de arroz, dado que el arroz producido bajo sistema convencional puede utilizar un volumen elevado de insumos, tanto plaguicidas como fertilizantes. Con el tiempo, el uso de plaguicidas tendrá repercusiones negativas en la comunidad de enemigos naturales, que pueden ofrecer formas naturales de lucha contra las plagas. En un análisis TEEB, tal como está construido actualmente, la pérdida de los servicios naturales de lucha contra las plagas no aparecerá sino como un costo aplicado a la calidad del agua, en lugar de aparecer como un costo ocasionado por la ‘infraestructura’ biofísica que sustenta la producción.

Esta falta de contabilidad directa para algunos servicios ecosistémicos se relaciona con su conceptualización actual dentro del marco de la TEEB. En la conceptualización actual, los procesos biofísicos subyacentes en que se basa la resiliencia del ecosistema no son servicios finales, sino intermedios. Existe la preocupación de que, en el caso de que se le atribuyeran valores a esos servicios ecosistémicos intermedios, pudiera haber una doble contabilidad de los beneficios que ofrece la naturaleza. No obstante, como se describe más adelante, el esfuerzo y los insumos humanos implicados en la construcción de la ‘infraestructura’ biofísica, que requiere inversiones en el tiempo y el espacio, es un insumo sustancial que un enfoque de la TEEB debe considerar. El siguiente ejemplo concreto ilustra este asunto.



En los enfoques agroecológicos de la producción de arroz, cuya descripción más satisfactoria posiblemente la encontramos en la obra de Settle *et al.* (1996), los servicios ecosistémicos entran en juego de una manera crítica y matizada, al contribuir a un mecanismo que favorece niveles elevados de control biológico natural. Si la materia orgánica aumenta en las fases iniciales de la campaña agrícola, las poblaciones de insectos consumidores de detritos y plancton, que suelen alcanzar su apogeo y disminuir en el primer tercio de la campaña, resultarán favorecidas. Estos insectos no tienen un impacto directo (positivo o negativo) en los rendimientos del arroz, pero sus poblaciones constituyen enemigos naturales de las plagas del arroz, con la 'ventaja' de que se desarrollan en las fases iniciales de la campaña y pueden eliminar eficazmente a las poblaciones de plagas que aparecen en los campos de cultivo a mediados de la campaña. El uso de plaguicidas en las fases iniciales de la campaña impedirá la acumulación de enemigos naturales, dado que eliminará a sus poblaciones y a la fuente de su alimentación a comienzos de la misma. La aplicación mínima de materia orgánica en cultivos de arroz y el mayor uso de fertilizantes inorgánicos tendrán repercusiones similares en la acumulación, a comienzos de la campaña, de los enemigos naturales. Además, la formación de una fuerte comunidad ecológica es un proceso plurianual que, sin embargo, puede revertirse en un año de aplicación generalizada de productos químicos agrícolas.

El proceso arriba descrito – sólo una parte de los complejos ecosistemas arroceros - es justamente el tipo de 'dependencia de la biodiversidad' que la TEEB procura hacer visible. Sin embargo, por falta de herramientas y métodos, en este momento no se sabe bien cómo poder asignar cifras y valores a las funciones ecosistémicas internas, como la lucha natural contra las plagas y el mantenimiento natural de la fertilidad, dado que sus valores trascienden los costos evitados de contaminación del agua. Estos valores se pueden reflejar fielmente o no en el beneficio de los rendimientos, pero también se deben reflejar los beneficios adicionales del fomento del capital natural (véase el Recuadro 1).

Un estudio reciente comienza identificando estas metodologías de evaluación, aplicadas en Nueva Zelanda, y extrapoladas a las arvejas, los frijoles, la cebada y el trigo en regiones templadas de todo el mundo (Sandhu *et al.*, 2015). Aunque las extrapolaciones no fueron más que ejemplos del alcance potencial de los servicios ecosistémicos en la agricultura, sirvieron para destacar la importancia de la regulación de estos servicios en la producción de alimentos. Sin embargo, los valores económicos de esta estimación se deben utilizar con prudencia, dado que los datos provienen de Nueva Zelanda y no pueden aplicarse fácilmente a otras regiones del mundo.

En resumen, el análisis apunta a valores económicos elevados para los servicios ecosistémicos 'internos' de la lucha biológica (natural) contra las plagas y la mineralización del nitrógeno (fertilidad del suelo) bajo condiciones orgánicas como un indicador sustituto para los sistemas agroecológicos. Para ilustrar la magnitud potencial de estos servicios ecosistémicos, los autores extrapolaron los valores obtenidos experimentalmente a la zona templada global de los cultivos seleccionados. La extrapolación indica que el valor neto de estos dos servicios ecosistémicos puede superar los costos directos totales (sin incluir las externalidades) de los plaguicidas y fertilizantes, incluso si no se utilizaran más que en un 10 por ciento de la superficie cultivable global. Los valores económicos obtenidos mediante



la extrapolación, si bien comportan muchas incertidumbres, ponen de relieve un aspecto importante del papel de los servicios ecosistémicos en la agricultura global. Los resultados apuntan a la necesidad urgente de elaborar y mejorar metodologías similares en los estudios de la TEEB y adaptarlas a una amplia variedad de contexto agrícolas.

Recuadro 1. Problemas a los que hace frente 'La economía de los ecosistemas y la biodiversidad en la agricultura y la alimentación' (TEEBAgFood) al evaluar el funcionamiento biofísico de los agroecosistemas

La evaluación de un cultivo para múltiples temporadas basado en una sólida comunidad ecológica es problemática de capturar para la TEEB (y, en general, para la disciplina económica). Además del problema metodológico que representa evaluar el estado de un ecosistema en términos de resiliencia o sostenibilidad a largo plazo, se necesita (en términos de evaluación económica/TEEB estándar) aislar el cambio incremental marginal en este estado ocasionado por la aplicación de una práctica de producción particular en un contexto agroecológico y sociocultural específico. El desarrollo de una comunidad ecológica no es lineal. Aun si pudiéramos cuantificar y valorar el cambio marginal a lo largo de tres años, no podríamos atribuirlo proporcionalmente entre los tres años.

En el análisis de la TEEBAgFood sobre el arroz, evaluamos los costos de oportunidad del servicio ecosistémico y la biodiversidad en el cambio entre sistemas/prácticas agrícolas. Consideramos el paso de un sistema agroecológico a uno de monocultivo convencional; el cambio debe dar cuenta de la pérdida del desarrollo de una comunidad ecológica – potencialmente un cambio repentino. Pero si invertimos este escenario (de monocultivo a sistema agroecológico, se necesitan muchas temporadas (y costos conexos) para reconstruir esta comunidad ecológica, y los costos dependen de las características muy específicas de cada granja.

En suma, es esencial que la TEEBAgFood evalúe el valor de los enfoques agroecológicos mientras reconoce que: i) existen cuestiones de servicios intermedios frente a servicios finales; ii) las metodologías de evaluación no están muy desarrolladas; iii) es difícil evaluar el cambio marginal debido a las no linealidades, y iv) la dinámica de los cambio se debe conciliar con las limitaciones del modelo económico. Se trata de cuestiones que se han puesto de manifiesto como resultado del proceso de producción de estudios experimentales para el proyecto arrocero, es decir, lo que sabemos y no sabemos, los límites de nuestros análisis dadas las metodologías actuales, y que es lo que podríamos hacer en los siguientes informes de la TEEBAgFood para integrar la modelización económico-ecológico y ampliar nuestra comprensión.



LIMITACIONES DE DATOS

En el estudio experimental sobre el arroz que la FAO ejecutó como contribución a la TEEBAgFood, se presentó un problema importante de limitación de datos, incluso con un producto bien documentado como el arroz. Curiosamente, existen muy pocos estudios comparativos que documenten las repercusiones de las diferentes prácticas de gestión en los múltiples servicios ecosistémicos (hasta en cosas tan simples el rendimiento del cultivo y la calidad del agua, por ejemplo).

Con este tema se relacionan las cuestiones de la calidad de los datos; una considerable cantidad de datos y observaciones sobre la agroecología se ha publicado como 'literatura gris', a diferencia del proceso convencional de investigación entre pares. Las innovaciones agroecológicas generalmente se han originado en grupos de agricultores o profesionales y se han compartido por vías laterales, de agricultor a agricultor, y no a través de los canales de la investigación y extensión agrícolas convencionales. Un buen ejemplo en este sentido es el Sistema de intensificación del arroz, ideado en 1983 por un sacerdote jesuita en Madagascar. El sistema ha sido compartido y desarrollado por grupos de agricultores del mundo entero. La documentación inicial de su éxito en la literatura científica fue emprendida por el Dr. Norman Uphoff de la Universidad de Cornell, aunque los defensores y críticos del sistema siguen estando en desacuerdo (Uphoff, 2003; SurrIDGE, 2004; Uphoff y Kassim, 2011). Sin embargo, incluso los críticos del sistema reconocen su amplia e imponente acogida entre las comunidades agrícolas. Se reconoce cada vez más que el sistema no sólo garantiza buenos rendimientos, sino también suelos más sanos y otros beneficios complementarios. Así pues, la realidad sobre el terreno se ha reflejado sólo recientemente (y de manera parcial) en la literatura científica entre pares. El debate arroja una luz interesante sobre el modo en que los métodos agroecológicos podrían evaluarse mejor en la literatura (Glover, 2011). Un aspecto clave es el hecho de que las prácticas de los pequeños agricultores muy pocas veces se atienen a una norma abstracta, puesto que los agricultores adaptan las recomendaciones a sus necesidades y condiciones; por consiguiente, se debe considerar un criterio de 'resultados', que tiene un sentido más amplio que el del simple rendimiento.

¿CÓMO REFLEJAR LA AGROECOLOGÍA EN LAS EVALUACIONES NACIONALES?

Dado que los agroecosistemas son tan diversos como los ecosistemas humanos y naturales – y sucede lo mismo con la gestión agrícola – una pregunta que se plantean los estudios de la TEEBAgFood es ¿cuánta información detallada se necesita recopilar para reflejar la singularidad de cada ecosistema agrícola y sus procesos subyacentes? ¿En qué medida y hasta qué nivel un estudio sólido de la TEEB puede o debe facilitar indicaciones útiles a los responsables de la formulación de políticas?



Diferentes momentos y escalas

Las dependencias y las repercusiones se miden a diferentes escalas en el marco de los estudios experimentales de la TEEBAgFood. Por ejemplo, el estudio sobre el arroz, mide los diferentes parámetros a **nivel local**, puesto que el interés de este proyecto concreto es examinar las repercusiones positivas y negativas de diferentes prácticas de gestión agrícola y sistemas de gestión en el ecosistema agrícola, el entorno colindante y el bienestar humano.

Sin embargo, otros parámetros relacionados con las granjas trascienden el nivel local. Por ejemplo, la medición de la eficiencia en el uso del agua debe hacerse a diferentes escalas, y basarse en una sólida contabilización de los recursos hídricos. De no existir un sólido marco de contabilización de los recursos hídricos, se perderían varios cálculos de las compensaciones mutuas; por ejemplo, que una mayor eficiencia hídrica implica menos beneficios derivados del almacenamiento y menos recarga de las aguas subterráneas. También puede restar valor a varios servicios ecosistémicos relacionados con la biodiversidad, el microclima, los humedales conectados y partes del paisaje que alimentan las ‘pérdidas de agua’ (como los árboles o zonas boscosas muy productivas). Los regímenes que reducen el consumo de agua aumentarán la biomasa de malas hierbas, puesto que el riego por inundación se practica para eliminar las malas hierbas; se trata de una cuestión crítica, pues la presión de las malas hierbas es una limitación importante para el rendimiento del arroz. Por consiguiente, es importante destacar la necesidad crucial de contar con un marco sólido de contabilización de los recursos hídricos en múltiples escalas, más allá del nivel local. Sin embargo, son muy raros los estudios científicamente válidos que tienen en cuenta este hecho: *estudios que capturan completamente todos los procesos agroecológicos en diferentes momentos y escalas.*

Por tanto, la pregunta es ¿podemos simplificar el análisis de los procesos agroecológicos sin perder demasiados detalles? ¿en qué medida podemos hacerlo? o ¿es la complejidad la clave para un sólido marco de evaluación nacional y global? ¿puede la contabilización del capital natural tratar con ‘el diablo en los detalles’? La mayoría de las técnicas biofísicas de evaluación de los ecosistemas se centran en el nivel local, mientras que las técnicas de contabilización ecosistémicas tiene por finalidad agregar información para las estadísticas nacionales.

Escalas: de la escala local a los sistemas alimentarios globales

La agroecología, definida inicialmente como el diseño de sistemas agrícolas sostenibles, ha pasado de manera gradual a definirse como el diseño de sistemas alimentarios sostenibles; efectivamente, cada vez más se centra en la necesidad de transformar todo el sistema alimentario, del productor al consumidor. De ahí que será importante considerar una perspectiva agroecológica de los sistemas alimentarios y ver la forma de incorporarla en el marco de la TEEBAgFood. Lo que está en debate es ¿cuáles son los conceptos y perspectivas adecuadas de la agregación, que incorporen los resultados a escala de la granja, el campo o la parcela a los paisajes, cuencas, regiones y países?

A nivel de país, el enfoque consistiría en evaluaciones nacionales, como recomienda la IAASTD (2009). Estas evaluaciones, ahora objeto de debate en el Comité de Seguridad Alimentaria en respuesta a los resultados de Rio+20, facilitarían los datos de referencia para contribuir al



análisis de la situación actual y respaldar el desarrollo de modelos de sistemas futuros para formular nuevas estrategias y políticas, y cumplir con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (<http://unsdsn.org/resources/goals-and-targets/>) relacionados con los sistemas agrícolas y alimentarios entre otros objetivos.

Sin embargo, la agregación de datos sobre la dependencia y las repercusiones ecológicas para utilizarlos a nivel nacional parece ser interesante. Por ejemplo, Miyazaki (2006) aboga por índices agregados ambientales que facilitan las decisiones de gestión a los niveles más alto mediante la simplificación de la complejidad. Sin embargo, se lamenta también de que estas cifras ecológicas agregadas con una unidad común son muy difíciles de encontrar, en especial cuando no existe un marco adecuado de contabilización ecológica. Inevitablemente, la agregación a nivel nacional exige abstraer detalles del funcionamiento de ecosistemas específicos, con lo que se perderán algunas partes de la dinámica inherente. Por eso, el proceso debe ser conducido con un conocimiento y una atención considerables hacia un equilibrio adecuado entre detalles y generalidad.

Si el análisis se lleva a cabo a nivel de todos los sistemas alimentarios, la necesidad de considerar los innumerables puntos de decisión y las repercusiones en el sistema alimentario se vuelve importante. Claramente, las tendencias apuntan a una mayor homogeneidad de los suministros alimentarios mundiales, (Khoury *et al.*, 2014), con riesgo tanto para la seguridad alimentaria como nutricional. Desde un punto de vista tanto agroecológico como de la TEEB, unas dietas más diversificadas promoverán sistemas agrícolas diversificados, los que a su vez promoverán estas dietas, con beneficios adicionales derivados del aumento de la resiliencia, la disminución de los riesgos asociados a los malos resultados de una determinada cosecha, y la mejora de los ingresos y la salud (Kremen *et al.*, 2012; Gliessman, 2015; Nicholls y Altieri, 2015; Tiftonell, 2015). Por consiguiente, en la segunda fase del proyecto, el marco de la TEEBAgFood deberá tener en cuenta el modo en que los sistemas de producción se relacionan con los patrones de consumo y son condicionados por ellos.

Puntos de controversia con otros marcos

Desde una perspectiva agroecológica del sistema alimentario, es probable que se presenten serios puntos de controversia con otros marcos. Por ejemplo, se han señalado discrepancias en los cálculos de las emisiones de GEI basados en diferentes modos de contabilidad ambiental. Algunos estudios presentan emisiones de CO₂ equivalente calculadas mediante análisis del ciclo vital por unidad de producto y otras por unidad de superficie (Tuomisto *et al.*, 2012). La agricultura convencional o con un elevado índice de insumos se comporta considerablemente mejor cuando las emisiones equivalentes se expresan por kilogramo de producto (por ejemplo, por kilogramo de carne o cereal). Sin embargo, como lo indicó Tiftonell (2015), lo que causa el calentamiento de la Tierra son las emisiones netas totales de CO₂ y los gases conexos por superficie, independientemente de los rendimientos obtenidos. Claramente, los límites del sistema deberían definirse explícitamente y, desde un punto de vista agroecológico, centrarse en unidades localizadas.



CONCLUSIONES

En este examen, comenzamos con los problemas que afronta la agricultura (tanto los sistemas convencionales con elevados índices de insumos como los sistemas de escasos recursos), reconociendo el potencial de los enfoques agroecológicos para ofrecer soluciones holísticas viables. La TEEB para la agricultura y la alimentación puede ayudarnos a entender mejor los costos y beneficios asociados con diferentes tipos de sistemas de producción agrícola. Sin embargo, el enfoque sistémico holístico de la agroecología plantea varios problemas conceptuales y metodológicos. Estos problemas pueden y deben abordarse con métodos analíticos que tengan en cuenta la no linealidad y los circuitos de retroalimentación. Por ejemplo, el uso de las herramientas modernas de modelización y simulación contribuirán a la comprensión de la situación actual y a visualizar varias alternativas para la transformación de los sistemas agrícolas y alimentarios. El estudio de la TEEB abordará eficazmente estos problemas y llegará a un análisis global, que realizará progresos en lo que se refiere a reflejar el valor en la complejidad de la agricultura. Aunque la agricultura seguramente afronta muchos problemas, también puede ser una solución. Apoyando la producción agrícola, los medios de vida y los sistemas alimentarios sostenibles mediante – entre otras medidas – la restauración de los servicios ecosistémicos en los paisajes agrícolas, se pueden asegurar beneficios tanto para las personas como para la biodiversidad.



REFERENCIAS

- Altieri, M.A.** 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2nd Edition. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Bringsken, B.** 2013. Agroecologist explains constraints faced by organic small farmers. *AgriCultures Network* (disponible en: www.agriculturesnetwork.org/resources/extra/interview-miguel-altieri; consultado el 25 de mayo de 2015).
- CBD.** 2014. *Global Biodiversity Outlook 4*. Montréal, Quebec, Canada, Convention on Biological Diversity. 155 pp.
- de Groot, R.S., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R., Gowdy, J., Maltby, E., Neuvill, A., Polasky, S., Portela, R. & Ring, I.** 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In P. Kumar, ed. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations*. Earthscan, London.
- Dixon, J. & Garrity, D.** 2014. Perennial crops and trees: targeting the opportunities within a farming systems context. In C. Batello, L.J. Wade, T.S. Cox, N. Pogna, A. Bozzini & J. Choptiany, eds. *Perennial Crops for Food Security, Proceedings of the FAO Expert Workshop*, pp 307-323. Roma, FAO.
- FAO.** 2014. *Food wastage footprint: Full-cost accounting*. Climate, Energy and Tenure Division. Roma.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. & Zaks, D.P.** 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Garbach, K., Vu Thanh, T.A., Bucheri, D., Ravanera, R., Boualaphanh, C., Ketelaar, J.W. & Gemmill-Herren, B.** 2014. *The Multiple Goods and Services of Asian Rice Production Systems*. Roma, FAO.
- Garibaldi, L.A. & Dondo, M.B.** (draft). Socioeconomic Valuation of Pollinator Friendly Practices in the Production of Cotton and Cashew (Brazil).
- Gliessman, S.R.** 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd Edition. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Gliessman, S.R.** 2015. Agroecología: Un movimiento mundial para la seguridad y la soberanía alimentarias. En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO* Roma, FAO.
- Glover, D.** 2011. The System of Rice Intensification: Time for an empirical turn. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(3-4): 217-224.
- Godfray, H.C.J., Beddington, R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812-818.
- Hoffman, U.** (ed.) 2013. *UNCTAD Trade and Environment Review 2013: Wake up before it is too late*. United Nations Publication ISSN: 1810-5432.
- IAASTD.** 2009. *Agriculture at a crossroads. A Global Report*. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Washington, DC, Island Press. 606 pp.
- Khoury, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L.H. & Struik, P.C.** 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *PNAS*, 111(11): 4001-4006.



- Kremen, C, Iles, A. & Bacon, C.** 2012. Diversified farming systems: an agroecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society*, 17(4): 44 (disponible en: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05103-170444>).
- Miyazaki, N.** 2006. The JEPIX initiative in Japan. A new ecological accounting system for better measurement of eco-efficiency. In M. Schaltegger, M. Bennett & R. Burritt, eds. *Sustainability Accounting and Reporting*, pp. 339-354. Dordrecht, The Netherlands, Springer Science & Business Media, CITY.
- Nicholls, CI. & Altieri, M.A.** 2015. Agroecology: designing climate change resilient small farming systems in the developing world. En *FAO. Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO Roma*, FAO.
- Royal Society London.** 2009. *Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture*. London, The Royal Society. 72 pp.
- Sandhu, H., Wratten, S., Costanza, R., Pretty, J., Porter, J.R. & Reganold, J.** 2015. Significance and value of non-traded ecosystem services on farmland. *PeerJ*, 3: e762 (disponible en: <https://peerj.com/articles/762>).
- Settle, W.H., Ariawan, H., Astuti, E.T., Cahyana, W., Hakim, A.L., Hindayana, D. & Lestari, A.S.** 1996. Managing Tropical Rice Pests Through Conservation of Generalist Natural Enemies and Alternative Prey. *Ecology*, 77: 1975-1988.
- Silici, L.** 2014. *Agroecology: What it is and what it has to offer*. International Institute of Environment and Development Issue Paper. London.
- Surridge, C.** 2004. Rice cultivation: feast or famine? *Nature*, 428(2004): 360-361.
- Sustainable Food Trust.** 2013. *Projects: True Cost* (disponible en: <http://sustainablefoodtrust.org/projects/true-cost/>; consultado el 1 de mayo de 2015).
- Tittonell, P.** 2015. Food security and ecosystem services in a changing world: it is time for agroecology. En *FAO. Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO Roma*, FAO.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. & Macdonald, D.W.** 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112:309-320.
- UNFCCC.** 2009. *Report on the workshop on opportunities and challenges for mitigation in the agricultural sector. Summary by the chair of the workshop*. Bonn Climate Change Conference, March 2009. Ad hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA). Geneva, Switzerland, UN Office at Geneva (disponible en: http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?preref=600005198).
- Uphoff, N.** 2003. Higher yields with fewer external inputs? The System of Rice Intensification and potential contributions to agricultural sustainability. *Int. J. Agric. Sustainability*, 1(1): 38-50.
- Uphoff, N. & Kassim, A.** (eds.). 2011. Special Issue: Paddy and Water Management with the System of Rice Intensification. *Paddy and Water Environment*, 9(1).
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C.** 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 503-515.



18

REDESCUBRIR NUESTRA “FARMACIA” PERDIDA: ¿QUÉ FACTORES DE PROTECCIÓN DE LA SALUD SE PIERDEN CUANDO PASAMOS DE UN MODELO DE AGRICULTURA AGROECOLÓGICA A UNO INDUSTRIAL?

Daphne Miller, MD

Profesor asistente del Instituto de Alimentación de Berkeley, Universidad de California Berkeley, CA, USA
Correo electrónico: dm@drdaphne.com



© FAO/Liana John



Resumen

Se ha demostrado ampliamente que las poblaciones experimentan un aumento pronunciado en la prevalencia de la mayoría de las enfermedades crónicas – entre ellas enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, enfermedades inmunológicas, cáncer y depresión – cuando abandonan un estilo de vida tradicional por otro más industrial. Aunque muchos factores ambientales y comportamentales son responsables de este fenómeno, las investigaciones demuestran que la transición nutricional es un elemento que contribuye de manera significativa e independiente a este hecho. Para entender mejor esta transición alimentaria, la mayoría de las investigaciones se han preocupado

por determinar los posibles elementos propiciadores de enfermedades en la dieta occidental, como la facilidad de acceso a la comida rápida o los alimentos procesados. En cambio, el presente capítulo procura entender los sistemas agrícolas subyacentes a la transición nutricional, y examinar qué factores alimentarios protectores se pierden cuando las personas dejan de relacionarse con una forma tradicional de producción agrícola basada en principios agroecológicos. Los beneficios protectores de la agroecología se examinarán en cuatro ámbitos: i) diversidad de la alimentación; ii) diversidad microbiana; iii) alimentos medicinales, y iv) comportamientos alimentarios.

INTRODUCCIÓN

En los países de ingresos altos y bajos del mundo, el aporte calórico excesivo ha comenzado a relegar a un segundo plano el déficit calórico como causa principal de malnutrición y carencia de micronutrientes. A esta evolución se debe en gran parte el aumento de la prevalencia de enfermedades no transmisibles relacionadas con la obesidad, entre ellas, enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer y depresión. En el informe de 2015 sobre *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*, la FAO estima que hoy hay 500 millones de adultos obesos en el mundo, mientras 795 millones de personas siguen padeciendo subalimentación (FAO, 2015). Dada las tendencias actuales, se prevé que los adultos obesos totalicen más de 1 000 millones antes de finales de 2030. Además, muchos países hacen frente a la doble carga de la persistencia simultánea de la obesidad y la subalimentación (Kelly *et al.*, 2008). Aunque son muchos los cambios en el estilo de vida causantes de esta evolución, los datos epidemiológicos invariablemente apuntan a la transición nutricional – el cambio en la composición de los alimentos y los factores alimentarios conexos que se produce cuando se abandona un estilo tradicional de vida por uno más occidentalizado – como una causa importante de este fenómeno



(Misra *et al.*, 2011). Hasta ahora, los esfuerzos en materia de salud pública para revertir la epidemia de la obesidad se han centrado en la mitigación de los efectos de un estilo de vida moderno, mediante la imposición de gravámenes a los alimentos poco nutritivos y altamente calóricos (por ejemplo, las comidas rápidas y las bebidas azucaradas) y la promoción de iniciativas encaminadas a aumentar la actividad física y reducir el consumo de dichos alimentos (McPherson, 2014). En cambio, con la excepción de los estudios que examinan el impacto toxicológico de la agricultura industrial o las ventajas nutricionales de la agricultura orgánica con respecto a la convencional, se ha prestado poca atención a tratar de comprender la forma en que estos sistemas de producción agrícola en que se basan la transición nutricional pueden propiciar o prevenir enfermedades crónicas.

El presente capítulo sostiene que el examen de lo que se pierde al pasar de un sistema de producción agrícola local, diversificado y atento a la conservación de los recursos (en lo sucesivo denominado sistema agroecológico) a un sistema alimentario más centralizado e industrializado, nos ofrece un nuevo marco para entender nuestra moderna epidemia sanitaria. Lamentablemente, debido a una muy arraigada separación entre las esferas de la salud pública y la agricultura, existen muy pocas investigaciones que establezcan una relación directa entre las prácticas agrícolas y los resultados sanitarios. Sin embargo, mediante estudios de casos y la observación científica podemos comenzar a entender los beneficios protectores de la agroecología en cuatro ámbitos interrelacionados: i) diversidad de la alimentación; ii) diversidad microbiana; iii) alimentos medicinales, y iv) comportamientos alimentarios.

DIVERSIDAD DE LA ALIMENTACIÓN

Varios destacados exámenes autorizados han demostrado que la diversidad de la alimentación se asocia con mejores resultados en materia de salud, y que una dieta monótona, incluso bioenriquecida, se asocia con carencias nutricionales y tasas elevadas de enfermedades crónicas (Bélanger y Johns, 2008; Burlingame, 2014). La diversidad de la alimentación contribuye a la salud al ofrecer una carpeta mejor de los 50+ micronutrientes que se consideran necesarios para un bienestar óptimo, y al aumentar las interacciones positivas entre tipos de alimentos (por ejemplo, el ácido ascórbico aumenta la absorción de hierro a través de la pared intestinal). Además, la diversidad de la alimentación se asocia con un consumo mayor de alimentos producidos localmente, cuyas semillas en general se selecciona más por su sabor y calidad nutricional que por sus rendimientos (Alien *et al.*, 2014).

Los sistemas agroecológicos se caracterizan por la diversidad genética y de especies. En cambio, el sello distintivo de la agricultura industrial es la reducción radical de la diversidad, habida cuenta de que se concentra en la producción de tres cultivos principales (arroz, trigo y maíz), que representan más del 55 por ciento de la ingesta energética humana en la mayoría de los entornos urbanos. Si las comunidades se vuelven a conectar con un sistema alimentario más agroecológico, es posible aumentar la diversidad de la alimentación y, por tanto, obtener mejoras en la nutrición y en la salud humana (Burlingame, 2014).



Estudio de caso: dietas diversificadas en Micronesia

En los Estados Federados de Micronesia, la alimentación predominante hace 40 años comprendía más de cien variedades de frutos del árbol del pan y una abundante diversidad de bananos, ñames, pandán (fruto tropical), cocos, pescados, mariscos y frutas, entre otros. Sin embargo, desde entonces ha habido una transición hacia el consumo de alimentos importados, elaborados y pobres de nutrientes, como arroz blanco refinado, harina, azúcar y carnes grasas. Junto a esta transición, en la zona se ha registrado un marcado crecimiento de enfermedades crónicas no infecciosas relacionadas con la carencia de nutrientes. Por ejemplo, más del 12 por ciento de los niños padece ahora de ceguera nocturna (los ojos dependen de un complemento complejo de nutrientes y los problemas de vista se consideran generalmente un indicio temprano de una nutrición deficiente), mientras que más del 32 por ciento de adultos padece de diabetes relacionada con la alimentación.

Para revertir esta tendencia, se emprendió una intervención basada en alimentos de dos años de duración en una comunidad, con objeto de promover la producción y el consumo de alimentos locales, valiéndose de diferentes enfoques, desde el readiestramiento agrícola hasta la modificación de los hábitos dietéticos, pasando por el lanzamiento de la campaña “Consume local” en los medios de comunicación. El programa reintrodujo el tradicional banano de pulpa anaranjada que contiene 50 veces más beta-caroteno que las bananas de pulpa blanca de amplia difusión comercial, y promovió otras variedades tradicionales de frutas, hortalizas y almidones con un contenido superior en nutrientes y fibras. Para medir el impacto de la intervención se utilizó una muestra aleatoria de hogares (47); los resultados mostraron un incremento (110 por ciento) de la ingesta de provitamina A carotenoides; un aumento de la frecuencia del consumo de bananos locales (53 por ciento), ñames de pantanos (475 por ciento) y hortalizas locales (130 por ciento), y un aumento de la diversidad de la alimentación. (Englberger *et al.*, 2011). Todavía no se ha informado sobre los resultados en lo que se refiere a las enfermedades después de la intervención (como la incidencia de la ceguera nocturna o los niveles de azúcar en la sangre), pero estas mediciones contribuirán a la evaluación completa de las repercusiones en la salud de un programa de alimentación diversificada.

DIVERSIDAD MICROBIANA

Una segunda característica de un sistema agroecológico es su recurso a los microorganismos y macroorganismos, además de los nutrientes reciclados de los recursos locales, para mantener la salud del suelo. Esta característica contrasta con un modelo industrial, que utiliza generalmente insumos agrícolas externos de suplementos para suelos y fertilizantes para lograr el mismo objetivo. Se ha demostrado que tanto la diversidad como la cantidad de la biología del suelo se corresponden con una mayor concentración de nutrientes en los alimentos, incluso cuando se controlan los tipos de semilla y otras características de la granja (Reganold *et al.*, 2010). Un probable mecanismo de este lazo microbios-nutrientes consiste en que organismos específicos comen un único complemento de nutrientes para plantas específicas (Antunes *et al.*, 2013).



Además de aumentar la concentración de nutrientes en los alimentos, hay datos preliminares que indican que un perfil más sano de los microbios del suelo puede ayudar a promover un microbioma intestinal más sano en las personas conectadas con ese sistema agrícola. Estudios ecológicos que examinan la biota intestinal de los agricultores de subsistencia de las comunidades agrarias tradicionales de Europa y África han demostrado que un estilo de vida agroecológico se asocia con una composición microbiana intestinal más sana y con una menor incidencia de enfermedades, como alergias, desórdenes inmunológicos y enfermedades inflamatorias del intestino grueso, tanto en adultos como en niños. De acuerdo con una nueva explicación de este fenómeno, el contacto directo con una diversidad de bacterias del suelo sería importante para la regulación inmunológica (von Hertzen y Haahtela, 2006; Haahtela *et al.*, 2013).

Estudio de caso: diversidad microbiana en las granjas agroecológicas europeas

Un iniciativa de investigación multicéntrica e intersectorial europea, centrada en los niños que viven en granjas agroecológicas, constató que, en comparación con los niños urbanos, los niños rurales padecían menos asma y alergias. El examen de los entornos microbianos rurales y urbanos reveló que la menor prevalencia de enfermedades alérgicas se relacionaba con el tipo y la cantidad de microorganismos existentes en la granja (muchos de los cuales provienen del suelo) (Ege *et al.*, 2011).

ALIMENTOS MEDICINALES

Los sistemas agroecológicos incorporan plantas nativas cultivadas y sin cultivar, muchas de las cuales son utilizadas con fines medicinales y nutritivos por las comunidades locales. Aunque se ha prestado mucho más atención a la función curativa de las plantas silvestres que a la función preventiva, existen datos etnobotánicos preliminares que sugieren que los compuestos bioactivos y los perfiles de nutrientes de estos recursos alimenticios/medicinales pueden desempeñar un papel fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Johns y Eyzaguirre, 2007).

Beneficios protectores de las plantas silvestres entre los indios Pima

La prevalencia mucho menor del diabetes tipo 2 y de la obesidad entre los indios Pima de México con respecto a los indios Pima de los Estados Unidos de América (2,6 por ciento frente a 38 por ciento), indica que incluso en poblaciones con una predisposición genética a estas afecciones, los factores dietéticos pueden desempeñar un papel importante en la prevención o desarrollo de una enfermedad (Schulz *et al.*, 2006). Aunque los alimentos básicos integrales ricos en fibras, y los azúcares y aceites pocos procesados de la dieta de los Pima mexicanos son, sin duda, factores importantes que contribuyen a esta baja incidencia del diabetes, existe un conjunto



independiente de datos que sugiere que la abundancia de plantas silvestres puede ofrecer un beneficio protector similar. En un informe, los etnobotánicos encontraron más de 306 especies de plantas nativas que tenían propiedades hipoglucémicas (reducción del azúcar en la sangre), muchas de las cuales crecían en las regiones septentrionales ocupadas por los Pima mexicanos, (Andrade-Cetto y Heinrich, 2005).

COSTUMBRES DIETÉTICAS

Las costumbres dietéticas tradicionales asociadas con un estilo de vida agroecológico también se relacionan con una variedad de hábitos alimentarios y tipos de alimentación que promueven el bienestar. Entre estos, cabe citar las comidas familiares, las siestas por las tardes, los desayunos nutricionalmente consistentes y los ayunos religiosos tradicionales. Un estudio realizado en España mostró que las personas que comían un desayuno consistente en nutrientes, un almuerzo temprano y una cena ligera – un tipo de alimentación asociado generalmente a un estilo de vida agrario mediterráneo – tenían una masa corporal inferior a aquellas que comían tarde y saltaban el desayuno (Garulet *et al.*, 2013). Hasta ahora, muy pocas investigaciones han tratado de entender las relaciones entre sistemas de producción de alimentos, tipos de alimentación y salud comunitaria, pero un estudio indica que, en las comunidades rurales, la cohesión y la reciprocidad grupal (dos formas de capital social) pueden contribuir a los resultados positivos en materia de salud (Motohashi *et al.*, 2013).

Ayunos religiosos periódicos en Grecia rural

En Grecia, es mucho más probable que las personas de edad que mantienen un estilo de vida rural tradicional respeten los ayunos de la religión ortodoxa griega rural que sus pares urbanos. Varios estudios, en que se comparan las personas que ayunan con las que no lo hacen, muestran que los ayunos periódicos de carácter religioso producen una mejora estadísticamente significativa en el perfil de lípidos, y una reducción de la masa corporal que va más allá de los períodos de ayuno (Sarri *et al.*, 2003; Stathakos *et al.*, 2005).

CONCLUSIÓN Y SIGUIENTES PASOS

La mayoría de los esfuerzos de salud pública encaminados a revertir la epidemia de obesidad y enfermedades crónicas se han centrado en la mitigación de los efectos de un estilo de vida moderno. Con la excepción de algunos estudios que examinan el impacto toxicológico de la agricultura industrial o las ventajas nutricionales de la agricultura orgánica con respecto a la convencional, se ha prestado poca atención a entender la forma en que los sistemas de producción agrícola subyacentes pueden contribuir a la aparición o prevención de estas enfermedades. Aunque los estudios de casos, los estudios ecológicos y una pequeña muestra



de estudios de casos y testigos indican que los sistemas de producción agroecológicos pueden producir importantes beneficios protectores, se necesita con urgencia promover investigaciones transdisciplinarias en materia de agricultura, ecología y salud pública para explorar estas conexiones y concebir nuevas intervenciones para resolver nuestros problemas de salud pública más apremiantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Miguel Altieri, Claire Kremen, Clara Nicholls y Lori Ann Thrupp por haberme introducido a la Agroecología.



REFERENCIAS

- Alien, T., Prosperi, P., Cogill, B. & Flichman, G.** 2014. Agricultural biodiversity, social-ecological systems and sustainable diets. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 73(4): 498-508.
- Andrade-Cetto, A. & Heinrich, M.** 2005. Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(3): 325-348.
- Antunes, P., Franken, P., Schwarz, D., Rillig, M.C., Cosme, M., Scott, M. & Hart, M.M.** 2013. Linking Soil Biodiversity and Human Health: Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi Contribute to Food Nutrition? In D.H. Wall, ed. *Soil Ecology and Ecosystem Services*, pp. 153-172. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Bélanger, J. & Johns, T.** 2008. Biological diversity, dietary diversity, and eye health in developing country populations: establishing the evidence-base. *EcoHealth*, 5(3): 244-256.
- Burlingame, B.** 2014. Priority Agriculture-Environmental-Nutrition Linkages for Sustainable Diets. In IOM (Institute of Medicine). *Sustainable diets: Food for healthy people and a healthy planet Workshop summary*. Washington, DC, The National Academies Press.
- Ege, M.J., Mayer, M., Normand, A.-C., Genuneit, J., Cookson, W.O.C.M., Braun-Fahrländer, C., Heederik, D., Piarroux, R., & von Mutius, E.** 2011. Exposure to Environmental Microorganisms and Childhood Asthma. *The New England Journal of Medicine*, 364(8): 701-709.
- Englberger, L., Lorens, A., Pretrick, M., Tara, M.J. & Johnson, E.** 2011. Local food policies can help promote local foods and improve health: a case study from the Federated States of Micronesia. *Hawaii Medical Journal*, 70(11): 31-34.
- FAO.** 2015. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo – Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*. Roma.
- Garaulet, M., Gómez-Abellán, P., Albuquerque-Béjar, J.J., Lee, Y.-C, Ordovás, J.M., & Scheer, F.A.J.L.** 2013. Timing of food intake predicts weight loss effectiveness. *International Journal of Obesity*, 37(4): 604-611.
- Hahtela, T., Holgate, S., Pawankar, R., Akdis, C.A., Benjaponpitak, S., Caraball, L., Demain, J., Portnoy, J., von Hertzen, L. & WAO Special Committee on Climate Change and Biodiversity.** 2013. The biodiversity hypothesis and allergic disease: world allergy organization position statement. *The World Allergy Organization Journal*, 6(1): 3.
- Johns, T. & Eyzaguirre, P.B.** 2007. Linking biodiversity, diet and health in policy and practice. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65(02): 182-189.
- Kelly, T., Yang, W., Chen, C.-S., Reynolds, K. & He, J.** 2008. Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *Int. J. Obes.*, 32: 1431-1437.
- McPherson, K.** 2014. Reducing the global prevalence of overweight and obesity. *The Lancet*, 384(9945): 728-730.
- Misra, A., Singhal, N., Sivakumar, B., Bhagat, N., Jaiswal, A. & Khurana, L.** 2011. Nutrition transition in India: secular trends in dietary intake and their relationship to diet-related non-communicable diseases. *Journal of Diabetes*, 3(4): 278-292.
- Motohashi, K., Kaneko, Y., Fujita, K., Motohashi, Y. & Nakamura, A.** 2013. Interest in dietary pattern, social capital, and psychological distress: a cross-sectional study in a rural Japanese community. *BMC Public Health*, 13: 933.
- Reganold, J.P., Andrews, P.K., Reeve, J.R., Carpenter-Boggs, L, Schadt, C.W., Alldredge, J.R., Ross, C.F., Davies, N.M. & Zhou, J.** 2010. Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PLoS One*, 5(9): e12346.



- Sarri, K.O., Tzanakis, N.E., Linardakis, M.K., Mamalakis, G.D. & Kafatos, A.G.** 2003. Effects of Greek Orthodox Christian Church fasting on serum lipids and obesity. *BMC Public Health*, 3: 16.
- Schulz, LO., Bennett, P.H., Ravussin, E., Kidd, J.R., Kidd, K.K., Esparza, J. & Valencia, M.E.** 2006. Effects of traditional and western environments on prevalence of type 2 diabetes in Pima Indians in the U.S. *Diabetes Care*, 29(8): 1866-1871.
- Stathakos, D., Pratsinis, H., Zachos, I., Vlahaki, I., Gianakopoulou, A., Zianni, D. & Kletsas, D.** 2005. Greek centenarians: assessment of functional health status and life-style characteristics. *Experimental Gerontology*, 40(6): 512-518.
- von Hertzen, L. & Haahtela, T.** 2006. Disconnection of man and the soil: reason for the asthma and atopy epidemic? *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117(2): 334-344.



19

SOCIOECONOMÍA AGROECOLÓGICA: CONTRIBUCIÓN DE LA AGROECOLOGÍA A LOS INGRESOS AGRÍCOLAS, LA MANO DE OBRA Y OTRAS DIMENSIONES SOCIOECONÓMICAS DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Raffaele D'Annolfo¹, Benjamin Graeub, Barbara Gemmill-Herren

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia

¹ Autor para correspondencia; Email: Raffaele.Dannolfo@fao.org

Nota: Gaëtan Vanloqueren (Universidad de Lovaina, Bélgica) se disculpa por no haber podido preparar un capítulo para estas Actas. El presente capítulo se basa en la presentación que Vanloqueren ofreció en el Simposio Internacional, en especial la conclusión de que es necesario realizar más investigaciones sobre las repercusiones sociales y económicas de la agroecología. Este artículo se presenta en las Actas con su pleno consentimiento.



© FAO/Olivier Asselin



Resumen

¿Qué sabemos de las relaciones entre la agroecología y sus efectos en los aspectos socioeconómicos de los medios de vida de los agricultores? ¿Disponemos de pruebas que confirmen que la agroecología ocasiona repercusiones positivas, como la creación de empleo, el aumento de los ingresos y la mejora del bienestar social? En el presente capítulo se facilitan datos preliminares que indican que la agroecología tiene repercusiones sociales y económicas positivas, y que vale la pena considerarla cuando se formulen políticas y programas para mejorar

la seguridad alimentaria y nutrición. Además, pondremos de relieve que una perspectiva puramente económica no es adecuada para la agroecología, y que se deben tener en cuenta los efectos socioeconómicos más amplios de la agroecología. Lejos de ser un concepto 'agronómico' estrecho que no tiene importancia más que a nivel de cultivo o de agricultor, la agroecología adopta una nueva perspectiva de examen en muchos niveles de los sistemas alimentarios: cómo están organizados, y cómo se pueden mejorar para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional.

INTRODUCCIÓN

En el decenio anterior, varios informes y estudios científicos pusieron de manifiesto el importante impacto positivo de las prácticas agroecológicas en los rendimientos agrícolas (Pretty *et al.*, 2006; Uphoff, 2008; Wezel y Soldat, 2009; Ponisio *et al.*, 2015). Otros estudios han observado el efecto contrario. De Ponti *et al.* (2012) muestran que la diferencia de rendimiento entre los sistemas orgánicos y convencionales puede ser superior al 20 por ciento, mientras que Seufert *et al.* (2012) señalan aspectos específicos (por ejemplo, características del sistema y el lugar) que influyen en el resultado de estas comparaciones. Sin embargo, un número creciente de informes ha demostrado progresivamente que la agroecología se debe considerar un serio competidor de los sistemas agrícolas convencionales o con un elevado empleo de insumos. Al mismo tiempo, pocos proyectos de investigación han intentado evaluar, no sólo las repercusiones agronómicas de la agroecología, sino los impactos de la adopción de prácticas agroecológicas en variables socioeconómicas como los ingresos agrícolas, la salud y nutrición, la demanda de mano de obra y la generación de empleo. Como ejemplo, una búsqueda en la base de datos Scopus sobre la agroecología indicó que, desde 1995, las combinaciones "agroecología + mano de obra", "agroecología + empleo" y "agroecología + ingresos" no representaban más que el 8,2 por ciento de los resultados generales de la búsqueda relativa a la "agroecología".¹

¹ Sobre la base del análisis de la base de datos Scopus realizado el 21 de mayo de 2015. Los resultados acumulativos son de 1995 a 2015.



ALCANCE Y LÍMITES

El presente capítulo constituye un primer intento de considerar diferentes formas de documentar los efectos socioeconómicos de la agroecología. Representa un esfuerzo inicial por comprender los efectos de las prácticas agroecológicas a nivel de granja. Por tanto, los resultados no son definitivos.

Se llevó a cabo una búsqueda en Scopus para encontrar trabajos científicos que tratan del aporte de las prácticas agroecológicas a un conjunto de indicadores socioeconómicos, que contribuyen a los medios de vida sostenibles de los agricultores. Luego, se realizó un análisis de recuento de votos de la investigación identificadas, que presentamos a continuación, incluido un examen de los problemas metodológicos. El análisis del recuento de votos va acompañado de una serie de estudios de casos complementarios.

Reconocemos varias limitaciones de este análisis inicial. Primero, optamos por ajustarnos al Marco de los medios de vida sostenibles (Marco de los MVS), planteado por muchas iniciativas e investigadores. El Marco de los MVS representa una de las herramientas más reconocidas para el análisis de la pobreza desde una perspectiva pluridimensional, que permite comprender mejor las relaciones sociales y económicas a nivel de agricultor. El Marco de los MVS se ha utilizado durante muchos años en las zonas rurales (Nelson *et al.*, 2010), incluso en las evaluaciones de la FAO (Baumann, 2002; Cleary *et al.*, 2003; Seshia y Scoones, 2003; Tayyib *et al.*, 2007; Garibaldi y Dondo, 2014). Sin embargo, dada nuestra necesidad de centrarnos en aspectos específicos de los medios de vida sostenibles, el análisis se limitó en gran parte a los recursos de capital a nivel de hogar², sin abordar explícitamente otros importantes recursos, como la tenencia de la tierra, las características ambientales y los sistemas de gobernanza, que pueden tener repercusiones significativas en los activos de los hogares. Reconocemos esta limitación de nuestro análisis y enfoque, y proponemos que estos aspectos se examinen en investigaciones posteriores.

Segundo, nuestro análisis inicial se basa estrictamente en una búsqueda bibliográfica en Scopus, mediante el empleo de un vocabulario controlado de términos de búsqueda. Se recurrió a este método para utilizar criterios de identificación de información rigurosamente objetivos. Al mismo tiempo, este enfoque puede pasar por alto otras esferas de información. Por ejemplo, una limitación importante es la omisión de la literatura gris que se origina a nivel comunitario. Esta es a menudo una fuente importante de intercambio de información, en particular en el ámbito de la agroecología.

² En este estudio se han identificado indicadores pertinentes a nivel de granja/comunidad, aunque no todos se han incluido en el análisis cuantitativo inicial debido a las limitaciones de datos (véase el Cuadro 1).



MARCO DE LOS MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLES E INDICADORES

El Marco de los MVS utiliza cinco tipos de activos (humano, natural, financiero, físico y social) para estructurar el análisis de la sostenibilidad de los medios de vida. En el Cuadro 1 figura la definición de cada activo, junto con los indicadores utilizados en el presente estudio.

Cuadro 1. Descripción de los activos de medios de vida y los indicadores socioeconómicos conexos a nivel de granja

ACTIVOS DE MEDIOS DE VIDA:	INDICADORES POTENCIALES USADOS EN ESTE ESTUDIO:
Capital humano: representa las competencias, conocimientos, aptitud para el trabajo y buen estado de salud que, en su conjunto, permiten a los agricultores seguir diferentes estrategias de subsistencia y lograr sus objetivos en materia de medios de vida.	Productividad de la mano de obra
	Demanda de mano de obra
	Porcentaje de agricultores (desglosados por sexo) que, tras participar en una actividad de capacitación, decidieron incorporar la agroecología en sus prácticas agrícolas*
Capital natural: es el término utilizado para las reservas de recursos naturales, de las que se derivan los flujos de recursos y los servicios útiles para la subsistencia (por ejemplo, ciclo de los nutrientes, protección contra la erosión).	No tomado en consideración en este estudio, pero ampliamente estudiados en términos de rendimiento ecológico de las prácticas agroecológicas.
Capital financiero: indica los recursos financieros que los agricultores utilizan para lograr sus objetivos en materia de medios de vida. Existen dos fuentes principales de capital financiero: » Las reservas disponibles » Las afluencias regulares de dinero	Rendimiento
	Rentabilidad de la granja
	Estabilidad de los ingresos*
	Reconocimiento/evaluación de los costos de transición de sistemas convencionales a sistemas agroecológicos*
Capital físico: comprende la infraestructura básica y los bienes de producción necesarios para contribuir a los medios de vida: » La infraestructura consiste en cambios en el entorno físico que ayudan a los agricultores a atender sus necesidades básicas y a mejorar su productividad. » Bienes de producción son las herramientas y equipo que los agricultores usan para operar de manera más productiva.	No tomado en consideración en este estudio
Capital social: en el contexto del Marco de los MVS, se refiere a los recursos sociales en los que se basan los esfuerzos de los agricultores por lograr sus objetivos de subsistencia. Se desarrolla a través de: » Redes y conexiones » Afiliación a grupos formalizados » Relaciones de confianza y reciprocidad	Acceso al mercado para los productos de la agroecología*
	Número y calidad de grupos registrados (desglosados por sexo) en una comunidad dada*
	La presencia de procedimientos/normas formales que permiten a las partes interesadas influir en los procesos de toma de decisiones*

* Los datos cuantitativos sobre estos indicadores no se han incluido en esta fase inicial del análisis

Fuente: DFID, 1999



Se seleccionaron diez indicadores para observar los efectos y tendencias generales de las prácticas agroecológicas con respecto al Marco de los MVS. Se recopiló y analizó información cuantitativa para los siguientes indicadores:

- » **Rendimiento:** se refiere a la medición del volumen de los productos obtenidos en una granja;
- » **Rentabilidad de la granja agrícola:** es la diferencia entre el ingreso bruto total y los gastos;
- » **Demanda de mano de obra:** es la cantidad de la demanda de mano de obra en el mercado;
- » **Productividad de la mano de obra:** es igual al coeficiente entre la medición del volumen de producción (rendimiento) y la medición de los insumos utilizados, que puede ser el número total de horas trabajadas o el empleo total.

En este análisis inicial no consideramos más que tres de los cinco activos del Marco de los MVS (capital humano, capital financiero y capital social), y los indicadores de estos activos que pertenecen a los recursos de capital a nivel de hogar. Aunque reconocemos que los indicadores de nivel macro también tienen gran importancia para los medios de vida de los agricultores y pastores (véase, por ejemplo, Nkonya *et al.*, 2004), un análisis de este tipo está fuera del alcance del presente estudio. Desde luego, los factores que afectan a los ingresos y los medios de subsistencia agrícolas son mucho más amplios e interconectados. En estudios futuros, valdría la pena tener en cuenta la gran variedad de estos factores.

PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

La selección de un conjunto de prácticas agroecológicas para incluirlas en el presente estudio plantea considerables problemas. Como se destacó en este volumen, la tecnología no es un paquete de prácticas de carácter técnico, y las opciones de gestión que afectan a estas prácticas se basan siempre en el contexto específico de cada lugar (Tittonell, 2015). Las prácticas mismas no son entidades distintas en un enfoque agroecológico; la agroecología es un conjunto de principios que permite que los agricultores gestionen sistemas complejos y encuentren sinergias entre las prácticas. Sin embargo, el proceso de transición a los sistemas agroecológicos comienza con la sustitución de las prácticas convencionales con prácticas más eficientes y alternativas (Gliessman, 2015). Por tanto, teniendo en cuenta estas advertencias, clasificamos las prácticas agroecológicas como prácticas que: i) reducen la dependencia de insumos agrícolas externos, y ii) aumenta la capacidad productiva de los componentes del sistema biótico.

Como primera medida, se definió una lista inicial de prácticas agroecológicas, basándose principalmente en los informes de Milder *et al.* (2012) y Garbach *et al.* (2014). Debido a limitaciones de tiempo, en esta fase del análisis no se consideró más que un subconjunto de todas las prácticas identificadas. A continuación, figura una descripción de las prácticas efectivamente consideradas:

- » **Diversificación de cultivos:** se refiere a la incorporación de nuevos cultivos o sistemas de cultivo en la producción agrícola en una granja determinada, teniendo en cuenta los diferentes rendimientos de los cultivos de valor agregado con oportunidades de comercialización complementarias (Christiansen *et al.*, 2011).



- » **Siembra directa:** las semillas se siembran directamente en el campo principal (Eskandari y Attar, 2015). Por lo general, las semillas se siembran directamente en la cubierta vegetal permanente: residuos de los cultivos anteriores dejado sobre el terreno, además de la cobertura muerta y la cobertura viva. (AFD/FFEM, 2007).
- » **Labranza mínima:** tiene como objetivo reducir al mínimo la perturbación del suelo mediante la reducción de las pasadas, la menor profundidad de laboreo o su abandono total, por ejemplo. La definición de labranza mínima también comprende las prácticas de reducción de la labranza o la labranza cero (Rusinamhodzi *et al.*, 2011).
- » **Cultivo perenne:** los cultivos perennes son cultivos que están vivos todo el año y se cosechan muchas veces antes de morir. En cambio, los cultivos anuales mueren todos los años y deben sembrarse de nuevo. Los cultivos perennes pueden tener períodos de muerte regresiva, pero vuelven a crecer al año siguiente. Desde un punto de vista técnico, los cultivos perennes pueden vivir solo dos años, aunque los que viven tres años o más a menudo se consideran 'cultivos perennes verdaderos' (Batello *et al.*, 2014).
- » **Captación del agua:** estructuras como los estanques de percolación o los diques de consolidación se construyen para ayudar a elevar la capa freática y recargar los pozos perforados en las tierras agrícolas cercanas (Kaushal *et al.*, 2005).
- » **Eficiencia en el uso del agua (prácticas):** se refiere a las mejoras de la eficiencia obtenidas mediante una selección idónea de cultivos, calendarios de riego adecuados, técnicas de riego eficaces y el uso de fuentes alternativas de agua para el riego, como el agua reciclada. Aunque no es una práctica per se, muchas prácticas agroecológicas diferentes (cubierta del suelo permanente, fijación biológica del nitrógeno, etc.) pueden influir de manera positiva en la eficiencia en el uso del agua; por consiguiente, el término "eficiencia en el uso del agua" se utilizó como un término de búsqueda para capturar esta categoría de prácticas.

METODOLOGÍA

Análisis del recuento de votos

Para el análisis del recuento de votos de la literatura científica, se buscaron en la base de datos de Scopus³ artículos examinados por pares y documentos de las actas de conferencias. Los términos de búsqueda utilizados combinaron prácticas individuales (siembra directa, labranza mínima, cultivo perenne, diversificación de cultivos, captación del agua y eficiencia en el uso del agua) y palabras clave (mano de obra, rentabilidad, ingreso, costo, acceso al mercado y empoderamiento), que se seleccionaron con arreglo a los indicadores descritos anteriormente. Las prácticas y los indicadores se seleccionaron mediante un examen de la literatura existente y un proceso posterior de consulta con expertos internacionales en materia de agroecología. En esta primera fase del análisis, nos concentramos principalmente en las prácticas relacionadas con la producción de cultivos (por ejemplo, labranza mínima y siembra

³ Disponible en: www.scopus.com



directa). Sin embargo, reconocemos que las prácticas forestales y los sistemas integrados de producción agropecuaria son importantes para la agroecología, por lo que se incluirán en una futura ampliación de este trabajo.

No todas las combinaciones de 'prácticas agroecológicas' y 'palabras clave' generaron un lista completa de opciones posibles y, debido a la gran cantidad de literatura encontrada con algunas combinaciones de palabras, no se tomaron en cuenta más que los 10 mejores resultados, según la valoración de Scopus en el momento del análisis. Por tanto, hasta ahora se ha examinado solo un parte del conjunto total de documentos pertinentes, y los resultados presentados deben considerarse preliminares. En el momento de redacción de este informe, se habían examinado 42 documentos, con datos extraídos de 18 de estos documentos que cumplían los siguientes criterios: i) los resúmenes de los documentos se referían, al menos, a una de las prácticas agroecológicas mencionadas anteriormente, y ii) el estudio proporcionaba información importante sobre los indicadores socioeconómicos seleccionados para este trabajo. Los datos sobre los rendimientos no bastan por sí solos para cumplir con estos requisitos, dado que se necesitan otros indicadores, como la rentabilidad de la granja o la productividad de la mano de obra para una evaluación más exhaustiva. Dentro de estos 18 estudios, se presentaron numerosas comparaciones efectivas, dado que varios estudios incluían más de una comparación pertinente entre prácticas agroecológicas y convencionales.

Se ha elaborado un marco analítico para orientar la extracción sistemática de datos de los documentos examinados. Como parte de este marco, se creó una base de datos, que se utilizó para realizar los análisis cuantitativos y cualitativos que figuran más adelante. La base de datos contiene información sobre:

i) autor, fuente y fecha de publicación de los documentos examinados; ii) prácticas agroecológicas o conjunto de prácticas consideradas; iii) indicadores socioeconómicos (grupo tratado y base de comparación), y iv) principales constataciones y conclusiones del autor o los autores de los documentos originales.

Para el análisis de los datos cuantitativos disponibles se eligió la técnica del recuento de votos, aplicada ampliamente en la ecología y la biología evolutiva. Se prefirió el método del recuento de votos a la meta-regresión porque respondía mejor al amplio alcance del análisis realizado. Por consiguiente, se pudieron incluir más estudios que en un meta-regresión, que se limita a estudios que contienen un documentación adecuada de métodos. (Prokopy *et al.*, 2008). El método del recuento de votos se ha utilizado ampliamente para investigar la adopción por parte de los agricultores de la agricultura de conservación y las mejores prácticas de gestión (Knowler y Bradshaw, 2007; Prokopy *et al.*, 2008), por lo que nos pareció apropiado para nuestro análisis.

El análisis comprendió las siguientes fases. Primero, el número de estudios positivos (que mostraban los beneficios de las prácticas agroecológicas frente a las convencionales) se comparó con el número de estudios negativos (que mostraban los costos o disminuciones en los valores de los indicadores de las prácticas agroecológicas frente a las convencionales). Luego, se calcularon las frecuencias absoluta, relativa y acumulativa para comparar e integrar los resultados de numerosos estudios e identificar patrones generales (Milder *et al.*, 2012). Además,



con objeto de observar las tendencias generales entre la adopción de prácticas agroecológicas y los indicadores socioeconómicos, se calculó la variación porcentual entre las prácticas agroecológicas y convencionales.

La variación porcentual se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \Delta x = 100 * (\Delta x / x_c);$$

Where $\Delta x = x_a - x_c$;

x_a = valor obtenido adoptando prácticas agroecológicas;

x_c = valor obtenido adoptando convencionales.

El umbral del recuento de votos se basa en la variación porcentual, a saber:

Flecha \uparrow (aumento, estudios positivos): si la variación porcentual es $> +5\%$;

Flecha \leftrightarrow (neutral, estudios neutrales): si la variación porcentual se sitúa entre -5% y $+5\%$;

Flecha \downarrow (descenso, estudios negativos): si la variación porcentual es $< -5\%$.

Estudios de casos

Además del enfoque objetivo del método del recuento de votos, en el examen de los resultados que se presenta más adelante se introducen varios estudios de casos que facilitan información sobre las repercusiones agroecológicas/socioeconómicas. Estos estudios de casos se basan en la presentación hecha por Gaëtan Vanloqueren en el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición. Aunque todos los estudios de casos son muy pertinentes, somos conscientes de que no se refieren más que a un subconjunto de los temas examinados en el presente capítulo.

SUPUESTOS Y LIMITACIONES

Los supuestos y limitaciones del análisis del recuento de votos realizado en este estudio son los siguientes:

- » Los datos procedentes del mismo experimento mencionado en más de una publicación se calcularon una vez.
- » El sobreprecio de los productos orgánicos no se ha tenido en cuenta en ninguno de los estudios examinados que analizan la rentabilidad de la granja.
- » Respecto de los costos extraídos de los estudios examinados, no se han tenido en cuenta las diferencias entre los costos fijos y variables.
- » La comparación entre prácticas agroecológicas y convencionales se ha considerado con arreglo al principio *ceteris paribus* (en igualdad de circunstancias); es decir, que todas las otras condiciones se mantienen constantes.



- » La base de comparación para la agricultura convencional se tomó del documento examinado. Por tanto, cambia de un documento a otro.
- » sistemas agroecológicos no se han considerado directamente en el análisis. Este estudio se centra en un conjunto limitado de indicadores sociales y económicos, en consonancia con los puntos clave planteados durante el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición. Reconocemos la necesidad de considerar estos indicadores en un marco holístico. Sin embargo, muy poco de los estudios identificados reunirían las condiciones si aplicáramos estos criterios desde el comienzo del análisis.
- » El recuento de los votos proporciona un análisis de la adopción de algunas prácticas; no un análisis de los sistemas agroecológicos en su conjunto asociados con las prácticas seleccionadas. El análisis del recuento de los votos no distingue entre los efectos sobre los indicadores socioeconómicos a nivel de granja en países de ingresos bajos, medios y altos. Por consiguiente, facilita un panorama general de las repercusiones socioeconómicas de las prácticas agroecológicas, sin proporcionar un desglose de estos efectos en diferentes grupos de ingresos.

TENDENCIAS GENERALES BASADAS EN EL ANÁLISIS DEL RECUENTO DE VOTOS Y LOS ESTUDIOS DE CASOS

Agroecología y rendimiento

La medida económica estándar y más documentada de comparación de los métodos de producción alternativos (a menudo orgánicos) con los sistemas convencionales se centra en los rendimientos. Con respecto a la agricultura convencional, numerosos estudios han observado que las prácticas agroecológicas mantienen o aumentan los rendimientos de los cultivos (Hobbs y Gupta, 2004; Pretty *et al.*, 2006; Badgley *et al.*, 2007; Kassam *et al.*, 2009; Ponisio *et al.*, 2015). En nuestro examen del recuento de votos, las relaciones positivas entre prácticas agroecológicas y rendimientos encuentran apoyo: el 60 por ciento de las comparaciones (24 de 40) incluidas en el análisis del recuento de votos muestra un incremento de los rendimientos de los cultivos cuando se utilizan prácticas agroecológicas en lugar de convencionales (véase la Figura 1).

Agroecología e ingresos/rentabilidad de la granja

Posiblemente, para las empresas agrícolas individuales tiene mayor importancia que los resultados del análisis del recuento de votos y de los estudios de casos concretos existentes indiquen un efecto positivo de las prácticas agroecológicas en los ingresos o la rentabilidad de la granja. El análisis del recuento de votos indica que en el 56 por ciento de las comparaciones pertinentes (22 de 39) se observó un aumento de la rentabilidad en la granja relacionado con el uso de prácticas agroecológicas (véase la Figura 1). Varios estudios sobre el impacto de la agroecología en los ingresos confirman este hecho. Por ejemplo, los casos de la silvicultura en Zambia (Ajayi *et al.*, 2009), el sistema de cultivo 'rechazo-atracción' del maíz en África oriental (Khan *et al.*, 2011),



el Sistema de intensificación del arroz en varios lugares (SRI-Rice, 2014) y la integración de los animales en la producción de cultivos en África oriental (Altieri y Nicholls, 2012). En el Brasil, las barreras vegetales en contornos, la reducción de la labranza, la construcción de terrazas y el manejo integrado de los nutrientes aumentaron los ingresos netos de la granja en más del 100 por ciento, mientras que la agricultura de conservación y la agroforestería aumentaron los ingresos netos de la granja en más del 160 por ciento (Branca *et al.*, 2011). En un estudio en Filipinas, se observó que los ingresos de los agricultores orgánicos eran 1,5 veces más elevados que los ingresos netos de los agricultores convencionales (Altieri y Nicholls, 2012).

Agroecología y demanda de mano de obra

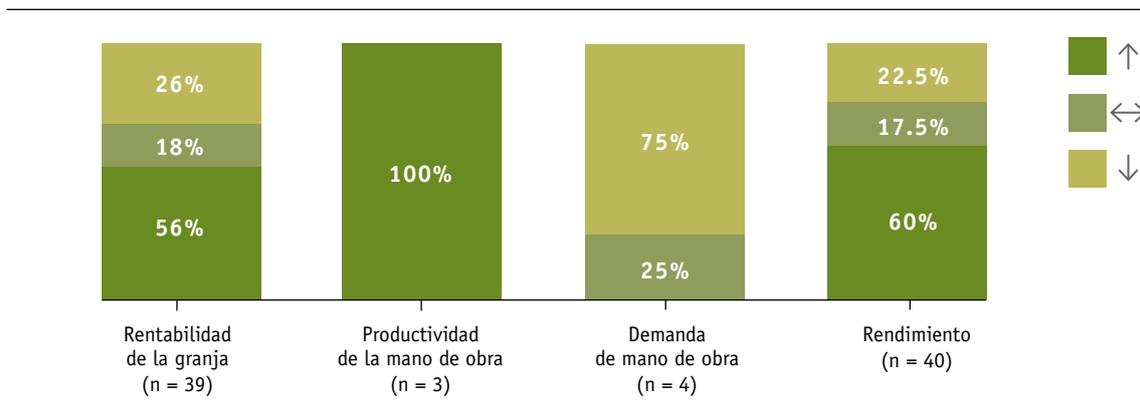
In terms of employment generation there are case studies pointing to the creation of employment. En lo que se refiere a la generación de empleo, existen estudios de casos que señalan la creación de empleo a través de prácticas agroecológicas. Digno de mención a este respecto es el caso de los jóvenes empleados para la rehabilitación de la tierra en Burkina Faso (Pretty *et al.*, 2011). Además, al aumentar la resiliencia de los sistemas de producción, las prácticas agroecológicas pueden contribuir en mayor medida que los sistemas de producción convencionales a la conservación de los puestos de trabajo (Holt-Giménez, 2002; IPCC, 2007). Sin embargo, el análisis del recuento de votos muestra una disminución de la demanda de mano de obra cuando se utilizan prácticas agroecológicas en el 75 por ciento de las comparaciones (3 de 4, véase la Figura 1). Esto debe aclararse, pues en tres de las cuatro comparaciones incluidas se consideraban específicamente prácticas relacionadas con la agricultura de conservación. Se sabe que la agricultura de conservación reduce la carga de trabajo y ahorra energía en algunos casos (Eskandari y Attar, 2015). La práctica de la siembra directa, combinada con la labranza cero y la cobertura del suelo con materia orgánica, hace que la agricultura de conservación tenga un coeficiente de mano de obra considerablemente menor que la agricultura convencional y, además, que sea más eficaz en función de los costos. Dawe (2005) estimó que se necesitaban 5 personas al día por hectárea para la siembra al voleo, frente a las 25-50 personas al día por hectárea que se necesitan para el trasplante. Newby *et al.* (2011), a partir de una encuesta en la República Democrática Popular Lao, llegaron a la conclusión de que la agricultura de conservación suponía un ahorro de alrededor de 30 personas al día por hectárea. El panorama general sobre la creación de empleos muestra que, por un lado, una práctica agroecológica individual puede reducir la demanda de mano de obra a nivel de granja, mientras que, por el otro, los sistemas de gestión agroecológicos en general (por ejemplo, los sistemas agroforestales) pueden favorecer la creación de oportunidades económicas y hacer que el paradigma del trabajo pase del ahorro de mano de obra a la generación de empleo.

Agroecología y productividad de la mano de obra

El examen de las tres comparaciones relacionadas con la productividad de la mano de obra muestra un aumento de la productividad asociado a las prácticas agroecológicas en los tres casos (3 de 3, véase la Figura 1). Sin embargo, las tres comparaciones provienen de un estudio sobre la



Figura 1. **Indicadores socioeconómicos (frecuencias relativas)**



agricultura de conservación; Lestrelin *et al.* (2011) facilitan resultados detallados de un estudio de seguimiento y evaluación de cuatro años realizado en 21 aldeas de la República Democrática Popular Lao sobre la productividad agroeconómica de los sistemas de cultivos basados en la siembra directa y la cobertura del suelo con materia orgánica frente a los sistemas convencionales basados en la labranza. Por término medio, la adopción de prácticas agroecológicas aumentó la productividad de la mano de obra en alrededor de 3,33 dólares EE.UU. por día.

APLICACIÓN DE UNA PERSPECTIVA SOCIOECONÓMICA AL EVALUAR LA AGROECOLOGÍA

Aunque un análisis de los indicadores económicos puede ser útil para evaluar las prácticas agroecológicas, una perspectiva socioeconómica más amplia ofrece un marco más sólido para medir la contribución de la agroecología. Una perspectiva socioeconómica puede ayudar a examinar todo el potencial que encierra la agroecología, más allá de la seguridad alimentaria, para los sistemas alimentarios sostenibles que mejoren el bienestar humano. En este contexto, el Grupo interdisciplinario de investigación agroecológica (GIRAF) de Bélgica señaló los cinco principios socioeconómicos siguientes en que se sustenta la agroecología (Stassart *et al.*, 2012):

- » La agroecología tiene que ver con la organización social que genera conocimientos colectivos y adaptabilidad a través de redes en las que participan los productores (por ejemplo, organizaciones de base y bancos de semillas comunitarios);
- » Los conocimientos desempeñan un papel esencial en la agroecología, al reconocer la diversidad de competencias y conocimientos (por ejemplo, conocimientos nativos);
- » La agroecología tiene que ver con el fomento de la autonomía que permite que los agricultores dependan menos de las fluctuaciones del mercado (por ejemplo, diversificación de cultivos);
- » La agroecología trata de mejorar la igualdad social en los sistemas alimentarios mediante mecanismos de solidaridad (por ejemplo, sistemas de fijación de precios a lo largo de la cadena alimentaria, y cooperativas multinacionales de agricultores);



» La agroecología procura mejorar y fortalecer la democracia en varios niveles: el poder de los miembros dentro de una organización no se basa en los activos de que dispone cada uno, y las decisiones se toman mediante un proceso democrático.

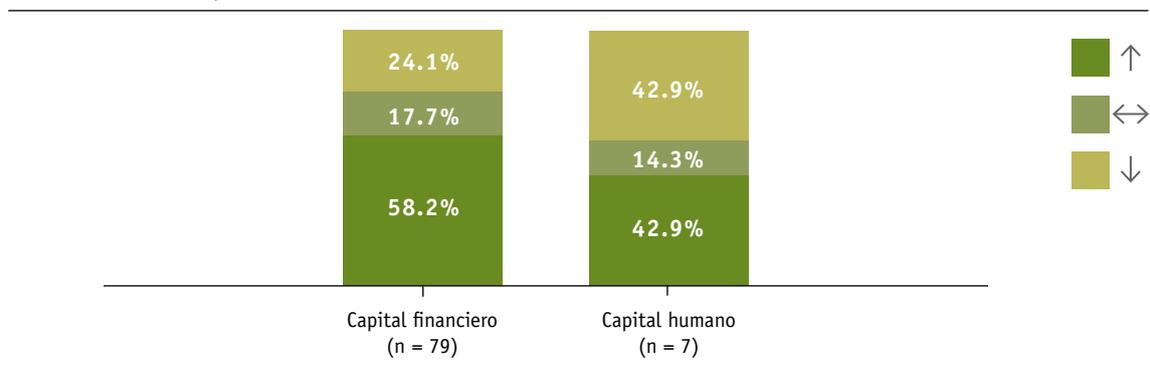
Aunque no se pudo realizar un análisis cuantitativo del recuento de votos para algunos indicadores (véase más arriba), los documentos de Kaushal *et al.* (2005) y Lestrelin *et al.* (2011) son valiosos puntos de entrada para seguir examinando los principios socioeconómicos de la agroecología elaborados por Stassart *et al.* (2012). Los posibles beneficios socioeconómicos figuran junto con otras externalidades positivas agroecológicas, como la mejora de la nutrición a través de sistemas de producción más variados, y externalidades positivas ambientales, entre ellas la mejora de la calidad de los suelos y el agua (Garrity *et al.*, 2010). Como resulta claro de los informes de los estudios de casos, el aspecto de la organización social de la agroecología es otra externalidad positiva que refuerza el capital social y empodera a los productores de alimentos y sus comunidades (Kaushal *et al.*, 2005; Chikowo *et al.*, 2011).

RESULTADOS DEL MARCO DE LOS MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLES

Basándose en 86 comparaciones ha sido posible reconocer algunas tendencias generales relacionadas con la adopción de prácticas agroecológicas de acuerdo con el marco de los MVS. Las frecuencias absolutas de los indicadores que recaen dentro de la misma categoría de activos (por ejemplo, capital financiero o capital humano), se han sumado bajo ese activo, y para cada categoría de activo se han calculado las frecuencias relativas. Hasta ahora, sólo dos de tres activos han proporcionado suficientes datos cuantitativos: capital financiero y capital humano. Aunque el capital social se incluyó en el análisis general, en el presente estudio no pudo tenerse en cuenta por falta de datos cuantitativos.

En la Figura 2 se pueden observar las frecuencias relativas de las comparaciones que se refieren al capital financiero y el capital humano. Por un lado, con respecto a la agricultura convencional, el capital financiero aumentó con la utilización de prácticas agroecológicas en

Figura 2. Efectos de la adopción de prácticas agroecológicas en el Marco de los MVS (frecuencias relativas)





un 58,2 por ciento de las comparaciones (46 de 79). Por el otro, el capital humano muestra un equilibrio entre las prácticas agroecológicas y convencionales, con un aumento en el 42,9 por ciento de las comparaciones (3 de 7) que adoptaron prácticas agroecológicas.

Kaushal *et al.* (2005) proporcionan datos cualitativos sobre un impacto positivo general de los sistemas de gestión forestal comunitaria en la influencia en los procesos de toma de decisiones. Estos datos apuntan a un efecto positivo de los sistemas agroecológicos en el capital social pero, en cuanto estudio individual, también apunta a la necesidad de aumentar las investigaciones sobre estas relaciones.

CONCLUSIÓN

El presente estudio ha encontrado datos preliminares que confirman la contribución positiva de la agroecología a los indicadores sociales y económicos. Sin embargo, muchas de las posibles dimensiones de la agroecología siguen sin documentarse adecuadamente. Recomendamos intensificar los esfuerzos para documentar los efectos socioeconómicos, y no simplemente económicos, de la agroecología. Estos esfuerzos no sólo deben prestar atención a los indicadores de nivel micro, como los ingresos y la rentabilidad, deben considerar también las cuestiones de nivel medio y de nivel macro, como el empleo total o la equidad y la gobernanza. Pese a que no se ha examinado hasta ahora más que un número limitado de documentos, los datos indican que la agroecología mejora el capital financiero, el capital humano y el capital social, y contribuye a los medios de vida sostenibles a nivel de agricultores. Mediante el fortalecimiento de esta base de datos, es posible contribuir a la incorporación de la agroecología como ciencia, práctica y movimiento, y a mejorar su eficacia.



REFERENCIAS

- AFD/FFEM.** 2007. *Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC)*. AFD (French Development Agency) & French Global Environment Facility (FFEM). Paris (disponible en: <http://agroecologie.cirad.fr/>).
- Ajayi, CO., Akinnifesi, F.K., Sileshi, G. & Kanjipite W.** 2009. Labour inputs and financial profitability of conventional and agroforestry-based soil fertility management practices in Zambia. *Agrekon*, 48: 246-292.
- Altieri, M.A.** 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Altieri, M.A. & Nicholls, CI.** 2012. Agro-ecological approaches to enhance resilience. *Farming Matters*, 28: 14-17.
- Awan, M.I., van Oorta, P.A.J., Ahmadb, R., Bastiaansa, L. & Meinkea, H.** 2014. Farmers' views on the future prospects of aerobic rice culture in Pakistan. *Land Use Policy*, 42: 517-526.
- Badgley, C, Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I.** 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2): 86-108.
- Baltazar, M.D., Ignacio, J.C, Thomson, M.J., Ismail, A.M., Mendiolo, M.S. & Septiningsih, E.M.** 2014. QTL mapping for tolerance of anaerobic germination from IR64 and the *aus* landrace Nanhi using SNP genotyping. *Euphytica*, 197: 251-260.
- Batchelor, C, Ratna Reddy, V., Linstead, C, Dhar, M., Roy, S. & May, R.** 2014. Do water-saving technologies improve environmental flows? *Journal of Hydrology*, 518: 140-149.
- Batello, C, Wade, L.J., Cox, T.S., Pogna, N., Bozzini, A. & Choptiany, J.** 2014. *Perennial Crops for Food Security: Proceedings of the FAO Expert Workshop*. Roma. 390 pp.
- Baumann, P.** 2002. *Improving access to natural resources for the rural poor. A critical analysis of central concepts and emerging trends from a sustainable livelihoods perspective*. FAO Livelihood Support Programme (LSP) Working Paper. Roma.
- Branca, G., McCarthy, N., Lipper, L. & Jolejole, M.C.** 2011. *Climate-Smart Agriculture: A synthesis of Empirical Evidence of Food Security and Mitigation Benefits from Improved Cropland Management*. Mitigation of Climate Change in Agriculture Series 3. Roma, FAO.
- Cepeda, M.A. & Gómez, B.L.** 2010. Respuesta de la canola (*Brassica napus*) a diferentes sistemas de labranza de conservación en seco en la Meseta Purhépecha, Michoacán, México. *ITEA*, 106(4): 282-293.
- Chauhan, B.S.** 2013. Effect of tillage systems, seeding rates, and herbicides on weed growth and grain yield in dry-seeded rice systems in the Philippines. *Crop Protection*, 54: 244-250.
- Chauhan, B.S., Singh, R.G. & Mahajan, G.** 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Protection*, 38: 57-65.
- Chikowo, R., Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2011. *Going through paces: Empowering communities to use improved crop production practices to adapt to climate change and variability through field-based Learning Centres in Zimbabwe*. A SOFECSA technical annual report for the sub-Saharan Africa Challenge Program (SSA-CP) prepared for the Forum for Agricultural Research in Africa (FARA). Harare, Soil Fertility Consortium for Southern Africa (SOFECSA), CIMMYT-Zimbabwe.
- Christiansen, L, Olhoff, A. & Traerup, S.** (eds.) 2011. *Technologies for Adaptation: Perspectives and Practical Experiences*. Roskilde, Denmark, UNEP Risø Centre.
- Cleary, B.D., Baumann, P., Bruno, M., Flores X. & Warren, P.** 2003. *People-centred approaches. A brief literature review and comparison of types*. FAO Livelihood Support Programme (LSP) Working Paper. Roma.



- Dawe, D.** 2005. Increasing water productivity in rice-based systems in Asia-past trends, current problems, and future prospects. *Plant Production Science*, 8: 221-230.
- de Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M.** 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agric. Syst.*, 108:1-9.
- Dewar, J.A.** 2007. *Perennial polyculture farming: seeds of another agricultural revolution?* Santa Monica, CA, USA, RAND Corporation.
- DFID.** 1999. *Sustainable Livelihoods Guidance Sheets*. U.K. Department for International Development (disponible en: www.eldis.org/vfile/upload/l/document/0901/section2.pdf).
- Eskandari, H. & Attar, S.** 2015. Energy comparison of two rice cultivation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42: 666-671.
- Fan, Y., Wang, C. & Nan, Z.** 2014. Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China Yubing. *Agricultural Water Management*, 146: 335-345.
- FAO.** 2015. *World fertilizer trends and outlook to 2018*. Roma (disponible en: www.fao.org/3/a-i4324e.pdf).
- Fukai, S. & Ouk, M.** 2012. Increased productivity of rainfed lowland rice cropping systems of the Mekong region. *Crop & Pasture Science*, 63: 944-973.
- Garbach, K., Vu Thanh, T.A., Bucheri, D., Ravanera, R., Boualaphanh, C., Ketelaar, J.W. & Gemmill-Herren, B.** 2014. *The multiple goods and services of Asian rice production systems*. Roma, FAO.
- Garibaldi, L. & Dondo, M.B.** 2014. *Socioeconomic valuation of Pollinator friendly practices in the production of cotton and cashew (Brazil)*. Conservação e manejo de polinizadores para uma agricultura sustentável através de uma abordagem ecossistêmica. GEF Pollinators Project.
- Garrity, D.P., Akinnifesi, F.K., Ajayi, CO., Weldesemayat, S.G., Mowo, J.G., Kalinganire, A., Larwanou, M. & Bayala, J.** 2010. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security*, 2:197-214.
- Gemtos, T.A., Galanopoulou, S. & Kavalaris, C.** 1998. Wheat establishment after cotton with minimal tillage. *European Journal of Agronomy*, 8: 137-147.
- Gliessman, S.R.** 2015. Agroecology: a global movement for food security and sovereignty. En *FAO. Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional de la FAO* Roma, FAO.
- Hobbs, P.R. & Gupta, R.K.** 2004. Problems and challenges of no-till farming for the rice-wheat systems of the Indo-Gangetic Plains in South Asia. In R. Lai, P.R. Hobbs, N. Uphoff & D.O. Hansen, eds. *Sustainable Agriculture and the Rice-Wheat System*, pp. 101-119. Columbus, OH, USA, Ohio State University.
- Holt-Giménez, E.** 2002 Measuring farmers' agroecological resistance after hurricane Mitch in Nicaragua: A case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*, 93(1-2): 87-105.
- IPCC.** 2007. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- Johansen, C, Haque, M.E., Bell, R.W., Thierfelder, C. & Esdaile, R.J.** 2012. Conservation agriculture for small holder rainfed farming: Opportunities and constraints of new mechanized seeding systems. *Field Crops Research*, 132: 18-32.
- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. & Pretty, J.** 2009. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agriculture Sustainability*, 7: 292-320.
- Kaushal, K.K., Melkani, V.K. & Kala J.C.** 2005. Sustainable poverty alleviation through a forestry project in Tamilnadu State of India. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 12: 347-352.



- Khan, Z., Midega, C., Pittchar, J., Pickett, J. & Bruce, T.** 2011. Push-pull technology: a conservation agriculture approach for integrated management of insect pests, weeds and soil health in Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 162-170.
- Knowler, D. & Bradshaw, B.** 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 1: 25-48.
- Lestrelin, G., Quoc, H.T., Jullien, F., Rattanatrak, B., Khamxaykhay, C. & Tivet, F.** 2011. Conservation agriculture in Laos: Diffusion and determinants for adoption of direct seeding mulch-based cropping systems in smallholder agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27(1): 81-92.
- Levard, L. & Apollin, F.** 2013. *Répondre aux défis du XXI^e siècle avec l'agro-écologie: pourquoi et comment?* Coordination Sud (disponible en: www.coordinationsud.org/document-ressource/repondre-aux-defis-du-xxie-siecle-avec-lagro-ecologie-pourquoi-et-comment/).
- Maruthi Sankar, G.R., Sharma, K.L., Gabhane, V.V., Nagdeve, M.B., Pushpanjali, O.M., Gopinath, K.A., Shinde, R., Ganvir, M.M., Karunakar, A.P., Chorey, A., Mishra, P.K., Venkateswarlu, B., Singh, A.K., Suma Chandrika, M. & Sammi Reddy, K.** 2014. Effects of Long-Term Fertilizer Application and Rainfall Distribution on Cotton Productivity, Profitability, and Soil Fertility in a Semi-arid Vertisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45: 362-380.
- Milder, J.C., Garbach, K., DeClerck, F.A.J., Driscoll, L. & Montenegro, M.** 2012. *An assessment of the multi-functionality of agroecological intensification.* A report prepared for the Bill and Melinda Gates Foundation. Ecoagriculture Partners.
- Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H. & Howden, S.M.** 2010. The vulnerability of Australian agriculture to climate variability and change: Part I. Conceptualising and measuring vulnerability. *Environmental Science & Policy*, 13: 8-17.
- Newby, J., Cramb, R. & Manivong, V.** 2011. *Economic analysis of productivity interventions in rainfed lowland rice systems.* 28th International Rice Research Conference, Hanoi, Vietnam, November 2010.
- Nkonya, E., Pender, J., Jagger, P., Sserunkuuma, D., Kaizzi, C. & Ssali, H.** 2004. *Strategies for sustainable land management and poverty reduction in Uganda.* International Food Policy Research Institute (IFPRI) Research Report No. 133. Washington D.C.
- Poniso, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., de Valpine, P. & Kremen, C.** 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B*, 282: 20141396.
- Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., Penning de Vries, F.W.T. & Morison, J.I.L.** 2006. Resource-Conserving Agriculture Increases Yields in Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4): 1114-1119.
- Pretty, J.N., Toulmin, C. & Williams, S.** 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 5-24.
- Prokopy, L.S., Floress, K., Klotthor-Weinkauff, D. & Baumgart-Getz, A.** 2008. Determinants of Agricultural Best Management Practice Adoption: Evidence from the Literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(5): 300-311.
- Qin, S., Zhanga, J., Daib, H., Wang, D. & Li, D.** 2014. Effect of ridge-furrow and plastic-mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi-arid area Shuhao. *Agricultural Water Management*, 131: 87-94.
- Rathore, V.S., Singh, J.P., Meel, B. & Nathawat, N.S.** 2014. Agronomic and economic performances of different cropping systems in a hot, arid environment: A case study from North-western Rajasthan, India. *Journal of Arid Environments*, 105: 75-90.
- Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., van Wijk, M.T., Rufino, M.C., Nyamangara, J. & Giller, K.E.** 2011. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions. *Agronomy Sust. Development*, 31(4): 657-673.
- Sandri, D., Pereira, J.A. & Boasorte Vargas, E.** 2014. Production costs and Profitability of watermelon under different water depths and irrigation systems. *IRRIGA*, 19(3): 414-429.



- Seshia, S. & Scoones, I.** 2003. *Understanding access to seeds and plant genetic resources. What can a livelihoods perspective offer?* FAO Livelihood Support Programme (LSP) Working Paper. Roma.
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J.A.** 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485: 229-232.
- Smith, R.G., Barbercheck, M.E., Mortensen, D.A., Hyde, J. & Hulting, A.G.** 2011. Yield and Net Returns during the Transition to Organic Feed Grain Production. *Agronomy Journal*, 103(1): 51-59.
- SRI-Rice.** 2014. *Estimation of the spread of and impact of SRI ideas and use as of end of 2013.* International Rice Congress, Bangkok, 27-31 October. Cornell University.
- Stassart, P.M., Baret, P., Grégoire, J.C., Hance, T., Mormont, M., Reheul, D., Vanloqueren, G. & Visser, M.** 2012. Trajectoire et potentiel de l'agroécologie, pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In D. Van Dam, M., Streith, J., Nizet & P.M. Stassart, eds. *Agroécologie. Entre pratiques et sciences sociales*, pp. 25-51. Educagri éditions. Paris.
- Tayyib, S., Rocca, V. & Bossanyi, Z.** 2007. *Core gender indicators for assessing the socio economic status of agricultural and rural population.* FAO Regional Office for Europe and Central Asia (disponible en: www.fao.org/fileadmin/user_upload/Europe/documents/WPW/gender_files/Gender_Indicators_en.pdf).
- Tittonell, P.** 2015. Food security and ecosystem services in a changing world: it is time for agroecology. En FAO. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición: Actas del Simposio Internacional.* Roma, FAO.
- Uphoff, N.** 2008. The system of rice intensification (SRI) as a system of agricultural innovation. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 10(1): 27-40.
- Wezel, A. & Soldat, V.** 2009. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1): 3-18.



20

APRENDER E INNOVAR JUNTOS:

UNA ASOCIACIÓN ENTRE AGRICULTORES, CIENTÍFICOS Y ORGANIZACIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS



21

LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE NILGIRI:

UN ESTUDIO DE CASO EN LA INDIA



22

LAS EXPERIENCIAS DE ACCIONAID EN MATERIA DE AGROECOLOGÍA



23

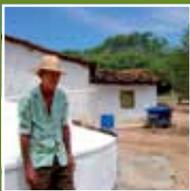
SISTEMAS SILVOPASTORALES INTENSIVOS:

GANADERÍA EXTENSIVA SOSTENIBLE Y GESTIÓN AMBIENTAL



24

NUEVOS ENFOQUES PARA HACER FRENTE A LOS RETOS DE LA AGROECOLOGÍA EN UN CONTEXTO DE AGRICULTURA INTENSIVA



25

LA AGROECOLOGÍA EN LAS REGIONES SEMIÁRIDAS:

PRÁCTICAS Y ENSEÑANZAS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL



26

NATURALEZA VIVA



27

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA URBANOS Y PERIURBANOS



28

AGRICULTURA INTENSIVA Y REGENERADORA SONGHAI:

UN SISTEMA AGROECOLÓGICO QUE DESPLIEGA EL CAPITAL AMBIENTAL DE ÁFRICA

ESTUDIOS DE CASOS

La Agroecología en la práctica





20

APRENDER E INNOVAR JUNTOS: UNA ASOCIACIÓN ENTRE AGRICULTORES, CIENTÍFICOS Y ORGANIZACIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS

Gurbir S. Bhullar

Científico Superior del Departamento de Cooperación Internacional, Instituto de Investigación sobre Agricultura Orgánica (FiBL), Frick, Suiza

Teléfono: (+41) 06 28657258; Correo electrónico: gurbir.bhullar@fibl.org



© bioRe-FiBL



Resumen

A diferencia del enfoque de arriba-abajo de la investigación convencional, los métodos de investigación participativos ofrecen un enfoque de abajo-arriba, en el que todas las partes interesadas colaboran desde el comienzo en los proyectos de investigación. La integración de los usuarios finales de la investigación (es decir, los agricultores) favorece la aceptación y adopción de las innovaciones y el mejor uso posible de los conocimientos locales disponibles. El Instituto de Investigación sobre Agricultura Orgánica (FiBL) de Suiza, una de las principales instituciones mundiales en materia de investigación sobre agricultura orgánica, participa en numerosos proyectos internacionales, que comprenden actividades de investigación, consultoría, capacitación y cooperación para el desarrollo. Con el objetivo de facilitar información científica fiable mediante el análisis comparativo de varios sistemas de gestión agrícola (por ejemplo, convencional, orgánico, biodinámico), el FiBL emprendió un programa de investigación a largo plazo en 2007, denominado 'Comparación de sistemas agrícolas en las regiones de los trópicos' (SysCom). Un componente importante del programa es la investigación participativa en la granja (IPG), junto con experimentos a largo plazo que se llevan a cabo en cuatro lugares de investigación en tres países tropicales (Kenia, India y Bolivia).

La IPG implica la participación activa de varias partes interesadas, entre ellos, agricultores locales, extensionistas, asociados comerciales/industriales e investigadores, en la determinación del problema, el examen de las posibles soluciones y la experimentación de las innovaciones propuestas. Los experimentos se ejecutan en las granjas de investigación (ensayos madres) y en los campos de los agricultores (ensayos hijos). En nuestro trabajo de IPG, el aprovechamiento de los conocimientos locales y de los recursos disponibles localmente es una prioridad. Nuestras actividades de investigación participativa sobre plaguicidas orgánicos caseros y el aumento de la disponibilidad de fósforo han tenido un éxito notable. Hemos elaborado una metodología para producir compost enriquecido con fosfato natural acidulado, utilizando materiales disponibles localmente, y hemos estandarizado las metodologías para la preparación de varios plaguicidas botánicos. Para atender la fuerte demanda de semillas de algodón orgánico, emprendimos actividades participativas de fitomejoramiento, que se han convertido en un proyecto de fitomejoramiento en gran escala (Proyecto de Algodón Verde).

Además de los agricultores locales, colaboramos con un asociado industrial (bioRe India) en el estado de Madhya Pradesh, en la India; bioRe asegura el suministro de insumos agrícolas y la



compra y comercialización del algodón orgánico producido por los agricultores locales. Un comité de coordinación de los donantes, compuesto de varios órganos de financiación públicos y privados, apoya financieramente el programa SysCom. El respaldo de una Junta de asesoramiento

científico cualificada asegura que las investigaciones realizadas en SysCom se ajusten a las normas internacionales. El presente estudio de caso describe los buenos resultados obtenidos por esta asociación de agricultores, investigadores e instituciones públicas y privadas.

FIBL SUIZA

El FiBL es una de las principales instituciones mundiales de investigación y consultoría en materia de agricultura orgánica. Entre su puntos fuertes figuran las investigaciones interdisciplinarias estrechamente relacionadas y la rápida transferencia de los conocimientos de la investigación a los servicios de extensión y la práctica agrícola. Comprometido con el fomento internacional de la agricultura orgánica, el FiBL colabora estrechamente con la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) y otras organizaciones internacionales. Además de sus conocimientos especializados en prácticas agrícolas, manejo orgánico del suelo, producción vegetal, sanidad animal holística, etología animal, cría de animales, análisis socioeconómico, examen exhaustivo del mercado orgánico, y elaboración y producción de alimentos orgánicos, el FiBL atribuye gran importancia a la transferencia de conocimientos a las prácticas agrícolas. A estos efectos, promueve actividades de asesoramiento, cursos de capacitación e informes de expertos, incluida la divulgación mediante diversas publicaciones periódicas, la revista mensual *bioaktuell*, folletos técnicos, libros de referencia, vídeos y material internet. Dado que sus competencias en agricultura orgánica son solicitadas mundialmente, el FiBL colabora en numerosos proyectos internacionales de investigación, consultoría, capacitación y cooperación para el desarrollo, entre otros.

EL PROGRAMA SYSCOM

En el siglo anterior, la disponibilidad mundial de alimentos aumentó de manera neta gracias a la intensificación de la producción agrícola basada en prácticas agrícolas convencionales de alto consumo energético (Trewavas, 2002; Tschamtké *et al.*, 2005). Este incremento ha ido acompañado de un deterioro de los recursos naturales, provocado por el uso ineficiente de fertilizantes, plaguicidas y energía fósil (Pimentel, 1996; Singh, 2000; Rigby y Cáceres, 2001; Badgley *et al.*, 2007). Seguir con el mismo enfoque sería insostenible. Es preferible adoptar un enfoque más sistémico como la agricultura orgánica, porque se basa en el uso eficiente de los recursos disponibles y el aprovechamiento de tecnologías adaptadas localmente. El enfoque sistémico es especialmente prometedor en ecosistemas tropicales expuestos a riegos



con poblaciones cada vez más numerosas. Sin embargo, la agricultura orgánica es objeto de críticas por no ser capaz de “alimentar al mundo”, y por la baja productividad de la mano de obra y los elevados riesgos de producción (Kirchmann *et al.*, 2008; Seufert *et al.*, 2012). Las ventajas de los sistemas de producción orgánica en lo que se refiere a la eficiencia en el uso de los recursos, funcionamiento del ecosistema, conservación de la fertilidad del suelo e impacto económico han sido demostradas por una amplia variedad de estudios realizados en entornos templados, principalmente en países industrializados (Offermann y Nieberg, 2000; Stolze *et al.*, 2000; Maeder *et al.*, 2002; Pimentel *et al.*, 2005). En los últimos años, la agricultura orgánica también ha ganado terreno en los países en desarrollo, aunque las pruebas empíricas de sus ventajas comparativas en ambientes tropicales son más bien limitadas. A fin de establecer una base científica para determinar la eficacia y el potencial de la agricultura orgánica con respecto a los sistemas de producción convencionales en los trópicos, el FiBL está aplicando el programa a largo plazo SysCom para comparar sistemas de producción agrícola en Kenia, la India y Bolivia. El programa se basa en la realización de experimentos a largo plazo que ponen en evidencia y siguen de cerca los efectos de los cambios de contexto a lo largo del tiempo, junto con el enfoque de la IPG que se propone fomentar innovaciones tecnológicas y prácticas de gestión adaptadas a las condiciones de los agricultores locales.

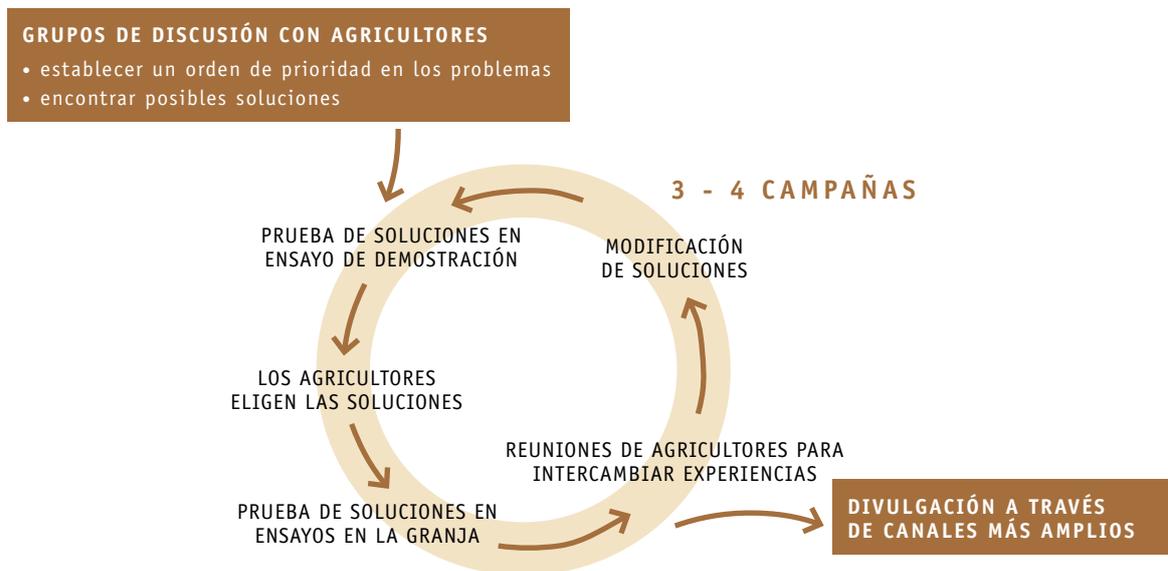
Puesto en marcha en 2007, el programa SysCom es coordinado por el FiBL, mientras que la ejecución de las actividades de los proyectos en los países asociados está a cargo de instituciones locales. El Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (ICIPE), la bioRe Association y la consultora Ecotop son los principales asociados locales en Kenia, la India y Bolivia, respectivamente. En Kenia, los tratamientos convencionales y orgánicos se aplican a dos niveles de insumos en una rotación de cultivos de tres años (seis campañas) con maíz, frijoles, hortalizas y papas en dos sitios sobre el terreno. En Bolivia, se están estudiando los sistemas de producción de cacao convencional y orgánico en sistemas de monocultivo (a pleno sol) y orgánico (sombreado). En la India, el ensayo compara sistemas de producción de algodón orgánico, biodinámico, convencional y algodón Bt modificado genéticamente en una rotación de cultivos de dos años con algodón, soja y trigo como cultivos principales.

INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA EN LA GRANJA

Un componente importante del programa SysCom es el uso del enfoque de IPG para encontrar soluciones adaptadas localmente a los principales retos de producción que afrontan los agricultores. La IPG implica la participación activa de varias partes interesadas – en especial, los agricultores como usuarios finales de la investigación – a lo largo de todo el proceso de desarrollo de las innovaciones. Nos valemos de un ciclo de innovación compuesto de las fases clave de definición del problema, examen de las posibles soluciones y experimentación de las innovaciones propuestas (Figura 1). Los debates en grupos de discusión, las reuniones de agricultores y las visitas sobre el terreno ayudan a establecer un orden de prioridad en los problemas y encontrar posibles soluciones, aprovechando así realmente los conocimientos locales y los recursos disponibles localmente.



Figura 1. Ciclo de innovación utilizado en la investigación en la granja



Se utiliza el concepto de ensayo ‘madre-hijo’ para ejecutar los experimentos en las granjas de investigación (ensayos madres) y en los terrenos de los agricultores (ensayos hijos). Los ‘ensayos madres’ se organizan para probar las posibles soluciones encontradas en un entorno científico. Por el otro lado, los ‘ensayos hijos’ se ejecutan en los terrenos de los agricultores locales para poner a prueba estas innovaciones en condiciones reales en la granja, que presenta situaciones más realistas. Los agricultores, si bien llevan a cabo los ensayos en la granja bajo la orientación del personal de investigación, también participan en cada fase de la experimentación, desde la planificación hasta la evaluación de los ensayos en la granja. El enfoque de la IPG ofrece a los agricultores la oportunidad de adquirir experiencia en evaluaciones críticas de nuevas tecnologías y en la superación de los retos planteados por la aplicación de estas tecnologías mediante la adaptación posterior de las mismas para que satisfagan sus exigencias particulares. En el caso en que resulte claro que los agricultores necesitan saber más para experimentar por sí mismo, se les ofrecen cursos de capacitación personalizados.

COLABORACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS

Además de los agricultores locales, la participación activa de varias partes interesadas, como investigadores, extensionistas, asociados comerciales/industriales e instituciones públicas, es un rasgo característico del programa SysCom. La ventaja que ofrece esta arreglo estructural es particularmente manifiesta en el caso de la India, donde el proyecto se planifica en colaboración estrecha con las instituciones bioRe Association y bioRe India Ltd en el estado de Madhya Pradesh (Figura 2). La bioRe Association es un órgano de agricultores que lleva a cabo actividades



de importancia social, como la prestación de servicios de atención sanitaria y educativos en zonas rurales de Madhya Pradesh. La dirección de investigación de bioRe Association tiene como objetivo proponer soluciones locales para la producción agrícola sostenible, con una atención preferente por el algodón, que es el cultivo comercial más importante de la región. La compañía bioRe India Ltd. compra el algodón orgánico en rama y lo elabora para exportarlo a los mercados internacionales. Además de mantener un estricto control de calidad, suministrar semillas e insumos agrícolas, y organizar la certificación para los agricultores orgánicos, el equipo de extensión y capacitación de bioRe también apoya a los agricultores para que obtengan una producción óptima del algodón cultivado orgánicamente. Remei AG, uno de los asociados comerciales más importantes de bioRe, produce tejidos orgánicos para la marca Naturatine de la cooperativa Coop, un importante minorista del mercado suizo. En virtud de este acuerdo, bioRe asegura el acceso al mercado mundial de los pequeños agricultores orgánicos. Además, la Coop es un importante donante de los proyectos de investigación y desarrollo dirigidos por la bioRe Association. Junto con el apoyo constante de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC), el Servicio de Liechtenstein para el Desarrollo (LED) y la Biovision Foundation, el Fondo de Sostenibilidad de la Coop financió el programa SysCom hasta 2014. A partir de 2015, el Fondo de Sostenibilidad de la Coop apoya las actividades de investigación en la India por medio de un nuevo proyecto, denominado sostenibilidad a largo plazo de la producción de algodón orgánico en la India, que está estrechamente relacionado con el programa SysCom. Se trata de un modelo ejemplar de integración de la investigación en las cadenas de valor agrícolas, que se publicará en el siguiente manual de la FAO *Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles*. En el marco de esta cooperación para la investigación, la gestión básica del proyecto y las actividades de investigación están a cargo del personal de investigación de bioRe bajo la supervisión de los investigadores del FiBL. Además, las actividades de investigación se realizan en colaboración con distintas universidades e instituciones de investigación públicas.

Por ejemplo, los proyectos de tesis para doctorado y máster se llevan a cabo en colaboración con el instituto gubernamental Holkar Science College, en Indore; el Instituto Federal Suizo de Tecnología (ETH), en Zúrich, y la Universidad de Hohenheim. Asimismo, se han emprendido varios proyectos de estudiantes de licenciatura en colaboración con la Escuela de Agricultura, Bosques y Ciencias Alimentarias de Suiza, la Universidad de Zúrich de Ciencias Aplicadas y otras instituciones académicas de Europa. Una Junta de asesoramiento científico, integrada por científicos agrícolas de renombre internacional, apoya las actividades de investigación ejecutadas en el marco del programa SysCom y garantiza el mantenimiento de estándares elevados.

LOGROS DE LAS INVESTIGACIONES PARTICIPATIVAS EN LAS GRANJAS

Mediante el uso del enfoque participativo, se identificaron dos problemas importantes que afrontan los agricultores de algodón orgánico: la nutrición de los cultivos y la lucha contra las plagas. En las sesiones de intercambio de ideas también examinamos varias oportunidades para superar estos problemas mediante el aprovechamiento de materiales locales. A fin de mejorar el suministro de



nutrientes para la producción orgánica, se llevaron adelante, de forma paralela, dos líneas de acción: i) la mejora de la gestión del estiércol de granja, y ii) el uso eficiente de fosfato natural en suelos con pH elevado. En lo que se refiere a la primera línea de acción, se estandarizó un proceso de compostaje adaptado localmente, en colaboración con los agricultores. En cuanto a la segunda línea de acción, experimentamos varios productos locales para acidular el fosfato natural con objeto de aumentar la disponibilidad de fósforo en la agricultura orgánica. Los experimentos realizados en la granja de investigación de bioRe pusieron de manifiesto que el suero de mantequilla era el mejor producto disponible localmente para acidular el fosfato natural. Posteriormente, las dos líneas de acción se combinaron mediante la incorporación del fosfato natural acidulado en el compost adecuadamente preparado. Los ensayos sobre el terreno se realizaron en la estación de investigación y en los terrenos de los agricultores, utilizando el concepto de ensayo madre-hijo, que culminó en la estandarización de la metodología para la preparación de compost enriquecido con fosfato natural. Para motivar a los agricultores locales y alentar su participación, en 2013 se organizó un concurso. Todos los agricultores mostraron un gran compromiso y participación; el agricultor que produjo el mejor estiércol utilizando la metodología estandarizada recibió como premio un vaca y una ternera; otros agricultores también recibieron premios de consolación. Se están realizando nuevos ensayos agronómicos en los terrenos de los agricultores para cuantificar el efecto de la metodología en el rendimiento y la calidad de varios cultivos.

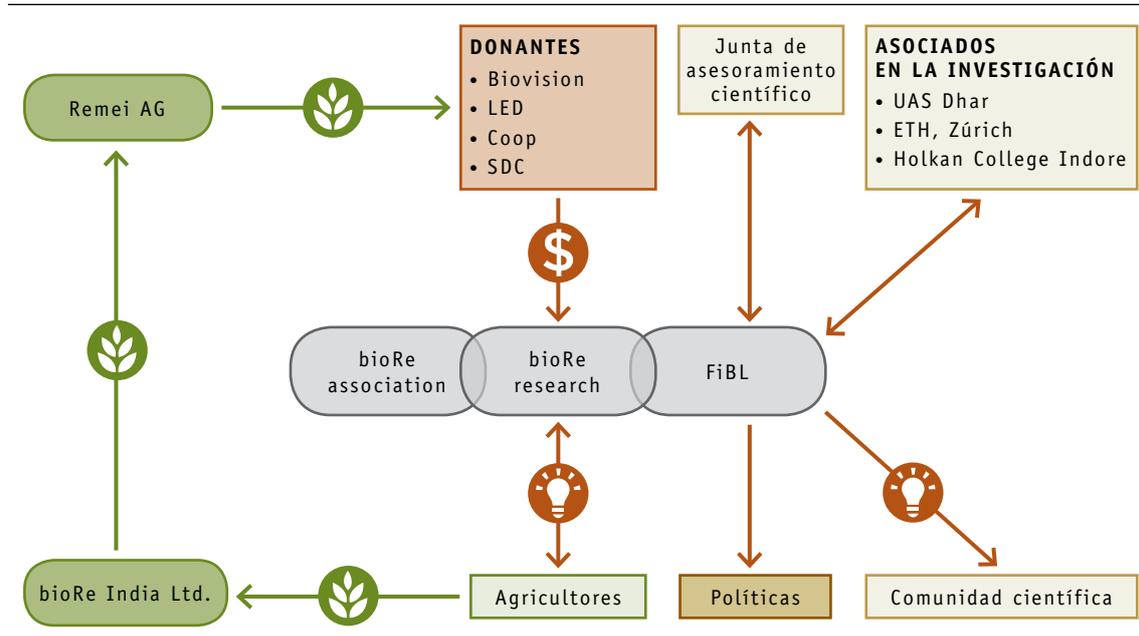
De una manera similar, aprovechando de la mejor forma posible los conocimientos locales disponibles, estandarizamos las metodologías de preparación de varios plaguicidas botánicos. Estas formulaciones y sus dosis se están ensayando contra determinadas plagas (por ejemplo, el gusano verde de las cápsulas, los gusanos cortadores y los insectos chupadores). Debido a la necesidad urgente de semillas de algodón de alta calidad por parte de los agricultores orgánicos de la India, en 2010 comenzaron a realizarse ensayos de IPG con cultivares de algodón, que desde entonces se han convertido en una importante cuestión nacional. Esta investigación preliminar dio lugar al desarrollo del proyecto Algodón Verde, un proyecto en gran escala asociado para la evaluación y mejoramiento participativos de cultivares de algodón, destinado a obtener cultivares adaptados localmente y la soberanía de semillas (Messmer *et al.*, 2013), ejecutado en colaboración con organizaciones no gubernamentales (ONG) e instituciones públicas y privadas.

DIVULGACIÓN Y EXTENSIÓN

La combinación de los métodos de IPG y experimentos a largo plazo ha sido eficaz en ofrecer una plataforma adecuada para brindar soluciones prácticas a la comunidad agrícola. Los experimentos a largo plazo funcionan como importantes puntos focales de información y debate sobre prácticas agrícolas sostenibles, que cada año atraen a centenares de visitantes, entre ellos, agricultores, extensionistas e investigadores. La participación directa de los agricultores y otras partes interesadas en el enfoque de la IPG ayuda de dos formas. Primero, garantiza el éxito de la tecnología desarrollada al tener en cuenta los intereses de los agricultores desde el comienzo del proceso. Segundo, mediante la participación de los agricultores, la nueva tecnología se difunde efectivamente de boca a boca.



Figura 2. Participación de diferentes partes interesadas en el proceso de investigación



Al mismo tiempo, los agricultores y los extensionistas reciben capacitación en estrategias de seguimiento de plagas. Hemos preparado varios prospectos y folletos para los agricultores y extensionistas, que pueden bajarse gratuitamente de nuestro sitio Web (www.systems-comparison.fibl.org/en/scp-publications/leaflets-brochures.html). Además, el programa SysCom ha contribuido considerablemente al fomento de capacidad mediante la formación del personal del proyecto, de 19 estudiantes de licenciatura y maestría, de seis estudiantes de doctorado y de varios pasantes en los tres países. Para divulgar los resultados de la investigación, se publicaron tres artículos especializados en revistas científicas, junto con 45 contribuciones a conferencias y 30 comunicados de prensa y de radio a nivel nacional e internacional.

AGRADECIMIENTOS

El programa de comparación a largo plazo de los sistemas agrícolas cuenta con el apoyo financiero de la Biovision Foundation, el Fondo de Sostenibilidad de la Coop, el Servicio Liechtenstein para el Desarrollo (LED) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC). Se reconoce con agradecimiento los aportes conceptuales e intelectuales de la Junta de asesoramiento científico de SysCom, Dionys Forster, Monika Messmer, Christian Andres y otros interesados.



REFERENCIAS

- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I.** 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22: 86-108.
- Kirchmann, H., Bergström, L., Kätker, T., Andrén, O. & Andersson, R.** 2008. Can organic crop production feed the world? In H. Kirchmann & L. Bergström, eds. *Organic Crop Production - Ambitions and Limitations*, pp. 39-72. Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Maeder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. & Niggli, U.** 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296: 1694-1697.
- Messmer, M., Wele, D., Shrivastava, Y., Verma, R., Ambatipudi, A., Prasad, S.R. & Patil, S.S.** 2013. *Green Cotton: Participatory Cotton Breeding for Organic Farming and Securing of Genetic Diversity of non-GM Cotton in India* (disponible en: www.greencotton.org).
- Offermann, F. & Nieberg, H.** 2000. Economic performance of organic farms in Europe. *Organic farming in Europe: Economics and Policy*. Vol. 6. University of Hohenheim, Germany.
- Pimentel, D.** 1996. Green revolution agriculture and chemical hazards. *Science of the Total Environment*, 188: S86-S98.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. & Seidel, R.** 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience*, 55: 573-582.
- Rigby, D. & Cáceres, D.** 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural systems*, 68: 21-40.
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J.A.** 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485: 229-232.
- Singh, R.B.** 2000. Environmental consequences of agricultural development: a case study from the Green Revolution state of Haryana, India. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 82: 97-103.
- Stolze, M., Pierr, A., Häring, A. & Dabbert, S.** 2000. The environmental impacts of organic farming in Europe. *Organic farming in Europe: Economics and Policy*. Vol. 6. University of Hohenheim, Germany.
- Trewavas, A.** 2002. Malthus foiled again and again. *Nature*, 418: 668-670.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Krüess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C.** 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857-874.



21

LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE NILGIRI: UN ESTUDIO DE CASO EN LA INDIA

Mathew John¹, Snehlata Nath, Robert Leo

Keystone Foundation, Kotagiri, India

¹ Autor para correspondencia

Teléfono: +914266272277, +919443327360; Correo electrónico: mathew@keystone-foundation.org



© Keystone



ORGANIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La Fundación Keystone colabora en iniciativas de desarrollo ecológico con comunidades indígenas en la Reserva de la Biosfera de Nilgiri, situada en los Ghats occidentales, en su mayor parte en el estado de Tamil Nadu, y parcialmente en los estados de Karnataka y Kerala. La Fundación ha establecido estrategias y prácticas de conservación de la biodiversidad que tienen en cuenta los medios de vida de las comunidades dependientes de los bosques. Actualmente, ejecuta programas relacionados con las abejas y la biodiversidad forestal, la agricultura tradicional y orgánica y la gobernanza ambiental de humedales, el desarrollo del mercado de productos orgánicos y la gobernanza cultural y local (véase: www.keystone-foundation.org).

La Reserva de la Biosfera de Nilgiri, en los Ghats occidentales, alberga bosques tropicales húmedos, secos, perennes y de montaña (shola). En los Ghats occidentales, y en especial en Nilgiri, existe una rica flora y fauna, en su mayor parte endémica en la región, por ejemplo, el macaco de cola de león y el tahr del Nilgiri que se encuentran amenazados. Sin embargo, el ecosistema forestal de Nilgiri se halla bajo presión debido a la invasión de plantaciones de té y café, los cultivos hortícolas comerciales, la explotación maderera ilegal, y las plantaciones de árboles comerciales con especies exóticas introducidas por el Departamento Forestal.

La Reserva de la Biosfera de Nilgiri alberga un gran número de comunidades indígenas *Adivasi*, en su mayor parte habitantes de los bosques y cazadores-recolectores cuyos medios de vida dependen de los recursos naturales. Estos grupos étnicos están formados por pequeñas poblaciones y viven en concentraciones geográficas. En los últimos 200 años se han producido cambios significativos en el uso de la tierra en el bosque de Nilgiri, con una tendencia constante a la producción de especies y cultivos comerciales, tanto en el bosque como en las tierras agrícolas. Las comunidades Kurumba e Irula cultivan mijo menor, hortalizas y árboles frutales en sus parcelas comunitarias. La variabilidad de las precipitaciones y los daños causados a los cultivos por las incursiones de animales silvestres son dos factores que amenazan la seguridad alimentaria de estas comunidades. Muchas veces, debido a estas amenazas, las comunidades se han visto forzadas a suspender las prácticas agrícola, y vastas extensiones de tierra se encuentran en barbecho o en estado semisilvestres. Además, para las comunidades la recolección de productos forestales no maderables (PFNM) es una actividad tradicional importante, pues les permite atender sus necesidades de medios de vida. Anteriormente, toda la familia iba al bosque a recoger uva espina, jaboncillo, agallas, cortezas, raíces y hojas de palmera (según la estación), que luego vendían a pequeños comerciantes. Sin embargo, debido a las restricciones a los movimientos de los *Adivasi* y a las fluctuaciones en los rendimientos de los productos forestales, esta actividad ya no es tan productiva como antes.

LAS COMUNIDAD Y LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS TRADICIONALES DE LOS KURUMBAS

Los kurumbas están clasificados como una comunidad de cazadores-recolectores. Tradicionalmente viven de los recursos forestales y practicando el cultivo a la manera 'antigua'; algunas de estas prácticas perduran hasta ahora. En este sistema, la tierra se desbroza en el mes de abril y se



siembran cultivos alimentarios como *ragi* (coracán), leguminosas, verduras de hoja y cultivos oleaginosos (sésamo). Esta temporada se conoce popularmente con el nombre de *kar pattam*. El segundo ciclo de siembra comienza en la segunda semana de julio, que es una campaña agrícola importante para todos los agricultores. Durante este ciclo, se producen varios cultivos diferentes, que se cosechan en una secuencia continua de agosto a finales de diciembre. Este sistema tradicional de agricultura se practica localmente con numerosas ceremonias, participación comunitaria, rituales, gobernanza tradicional, controles de gestión de semillas y plagas. Históricamente, este sistema ha garantizado la seguridad alimentaria y nutricional de los kurumbas.

Cuando vivían en los bosques, los cocimientos comunitarios de los kurumbas orientaban sus prácticas, como se refleja en los aspectos culturales relacionados con su cocina, el nacimiento, el matrimonio y la muerte, los huertos sagrados, los rituales y ceremonias. La comunidad conserva algunas creencias y tabúes en relación con sus terrenos y cultivos de mijo. Sin embargo, el desplazamiento, comenzado en el decenio de 1960 debido a varias razones, ha provocado la pérdida gradual de estos conocimientos y tradiciones.

ARACTERÍSTICAS DE LAS PRÁCTICAS Y CONOCIMIENTOS TRADICIONALES DE LOS KURUMBAS

El papel de las mujeres y los hombres en la agricultura

La práctica del cultivo del mijo entre los kurumbas fue la espina dorsal de su cultura y su agricultura, y de su relación con la tierra y los bosques. El cultivo del mijo era principalmente una ocupación de mujeres, quienes, tras desempeñar un papel importante en la siembra, el deshierbe y la recolección, se encargaban de las actividades posteriores a la cosecha, el almacenamiento y el consumo a lo largo de todo el año. Los hombres y mujeres desempeñaban un papel importante en este sistema, en el que además participaban otros miembros de la familia. Los granos se intercambiaban entre parientes y durante las cosechas se realizaban muchas visitas para comer exquisiteces en el campo, como maíz tostado y amaranto reventado con miel, entre otras.

Diversidad de cultivos

La comunidad cultivaba una amplia variedad de cultivos principales (*tenai kadu*), que comprendían cereales y hortalizas. Debido a su proximidad con las zonas forestales, también utilizaban muchas variedades silvestres en sus campos de mijo (para la lista de cultivos y alimentos silvestres, entre ellos cereales, leguminosas, hortalizas y frutas, véase el Cuadro 1). Para los kurumbas, disponer de esta gran diversidad de alimentos en un solo campo, junto con los conocimientos en materia de selección y almacenamiento de semillas, métodos de almacenamiento, diferentes recetas de cocina y sus factores nutricionales, era particularmente valioso.

Entre las poblaciones indígenas de la Reserva de la Biosfera de Nilgiri, los sistemas agrícolas intensivos no eran comunes, sino los sistemas de cultivo con una elevada biodiversidad y basados en los conocimientos tradicionales. Las prácticas estaban estrechamente entrelazadas con los



cocimientos comunitarios de medicina, crianza de niños y alimentación cotidiana. Sus prácticas agrícolas tradicionales destacaban el papel del *mannukaran* (experto agrícola), que tenía un gran conocimiento sobre suelos, temporadas y semillas. Esto quería decir que la comunidad lograba hacer frente a las variaciones y aberraciones climáticas que hoy amenazan los cultivos comerciales de la zona.

Cuadro 1. **Diversidad de cultivos y alimentos silvestres cultivados por los kurumbas**

NÚMERO SERIADO	CEREALES	LEGUMINOSAS	HORTALIZAS	FRUTAS
1	<i>Amaranthus</i> spp.	<i>Avarai</i>	<i>Amaranthus</i> spp.	Banano
2	Coracán (<i>ragi</i>)	Frijol de tierra (<i>mochai</i>)	Maranta	Aguaymanto
3	Panizo común (<i>thenai</i>)	<i>Macrotyloma uniflorum</i> (<i>kollu</i>)	Frijoles	Guayaba
4	Mijo pequeño (<i>samai</i>)	<i>D. lablab</i> (<i>dora avarai</i>)	Berenjena (<i>kathirikai</i>)	Uva espina
5	Maíz (<i>makka cholam</i>)	<i>Ola avarai</i>	Ají pequeño (<i>jeeni malagai</i>)	Jaca
6		Guandul	Ají silvestre	
7			Cilantro (<i>kothamalli</i>)	
8			Verduras de hoja (<i>chukuti keerai</i>)	
9			Manathakkali	
10			Mostaza (<i>kadugu</i>)	
11			<i>Hemidesmus indicus</i> (sarasaparilla)	
12			Tomates (<i>thakalli</i>)	
13			Tomates pequeños	
14			Ñame (<i>Dioscorea</i> spp.)	

Diversidad ecológica

En los campos de mijo había muchas especies silvestres debido a su proximidad con las zonas forestales; esto tenía repercusiones positivas en la salud y la nutrición de las familias kurumbas, que vivían en armonía con la naturaleza (véase el recuadro más adelante). La no utilización de insumos químicos en los sistemas de producción agrícola que los kurumbas practicaban por tradición desempeñó un papel fundamental en la conservación de los ecosistemas de montaña, los recursos hídricos y una variedad de formas de vida, entre ellas organismos del suelo, insectos, aves y mamíferos (aunque las aves a menudo se consideraban un amenaza porque se alimentaban de panículas). La diversidad ecológica en estos sistemas mixtos agrícolas fue posible, entre otros, gracias a los polinizadores, los dispersores de semillas, la fertilidad de suelo y las incursiones de animales silvestres.



Nostalgia

"En nuestra antigua aldea teníamos tierras agrícolas comunes, donde nuestros padres cultivaban el mijo según una agricultura natural. Nuestros principales cultivos eran el coracán, el panizo común y el guandul (véase el Cuadro 1). Era una agricultura muy simple y sostenible. Teníamos una variedad de alimentos, que nos hacían muy resistentes. Nuestros padres eran robustos y muy fuertes; nosotros, los niños, también éramos fuertes. Podíamos caminar largas distancias, realizar trabajos duros (la generación actual casi no trabaja) y la eficiencia era nuestra característica. Disponíamos de abundantes verduras de hojas, frutas y otras hortalizas, además del mijo y las legumbres, que alimentaban nuestros cuerpos, nuestras mentes y nuestras almas. Nuestros platos tradicionales eran deliciosos. Las siguientes son algunas de las exquisiteces que todavía recordamos:

- *Ragi rotti, kaii, udur putti*
- *Samai: sapadu, upma, payasam*
- *Thenai: sapadu, kanji*
- *Makka choiam: kaii, pori, sutti, puiiungi vegavacchi chinna choiam: kaii, kanji*

En comparación con nuestros hijos, éramos muy sanos y de buena estatura; miles de actividades acompañaban nuestra vida cotidiana. Solíamos recoger diferentes frutas, tubérculos y verduras de hojas de nuestros campos y bosques. Nuestras familias eran muy cercanas. Estábamos siempre con nuestros padres y se observaba y hablaba mucho, lo que creaba relaciones profundas con nuestra cultura. "

(Janaki Amma, aldea de Pudukkadu, 24 de julio de 2009)

Soberanía alimentaria

Los sistemas de cultivos biodiversificados tradicionales de los kurumbas les proporcionaban seguridad alimentaria y de medios de vida. El mijo se consumía de tres a cinco meses, puesto que este era el rendimiento característico del mijo en una campaña. En esta región, el mijo no se vendía en el mercado libre. Las preparaciones de coracán y panizo común eran los alimentos básicos de los kurumbas, que aseguraban cerca de 17 comidas por mes (en general, las familias tribales comen dos veces al día, una por la mañana y otra por la tarde). Los alimentos no cultivados, como tubérculos naturales, hortalizas de hojas verdes, frutas silvestres y hongos recogidos en los campos de mijo y los bosques, eran importantes recursos alimenticios.

Seguridad de los medios de vida

A los parientes y miembros de la comunidad que contribuían con su mano de obra a las operaciones agrícolas, como el deshierbe o la cosecha, no se les pagaba en dinero sino en granos. La tierra tradicional se valoraba como un activo que se recuperaba del bosque y se protegían de la erosión, al tiempo que se conservaba la salud del suelo. El cultivo del mijo ocupaba amplias extensiones de tierras de secano, situadas en las pendientes de las colinas, que no necesitaban agua de regadío. El costo de preparación de la tierra y el cultivo eran menos caro



que el cultivo de hortalizas. Los tallos y el heno del coracán, el mijo pequeño y el panizo común se almacenaban como forraje para el ganado en el invierno (véase la Figura 1: Calendario de las actividades de subsistencia).

Aspectos culturales

El grano se ofrecía comunalmente a las deidades durante los rituales anuales. La primera cosecha de todos los tipos de mijo y cereales (un racimo de espigas/panículas) se ofrecía selectivamente a la deidad colocando el racimo en el templo durante el ritual o las festividades anuales. Luego, estos granos se compartían entre todos los miembros de la comunidad. La recolección y la trilla comunales, *samai okkal*, eran un acontecimiento en el que los hombres, mujeres y niños de la comunidad Kurumba participaban en la recolección y separación del mijo/grano. La trilla comenzaba a finales de la tarde y proseguía hasta que todo el grano recolectado estuviese trillado. De esta forma, la comunidad evitaba el sol más fuerte y se aseguraba la participación comunal debido a la disponibilidad de mano de obra durante la tarde. *Samai okkal* era una oportunidad para celebrar una fiesta cultural: canciones, actividades, música y percusiones tradicionales, narración de cuentos y de incidentes interesantes de la época en que se protegía el campo.

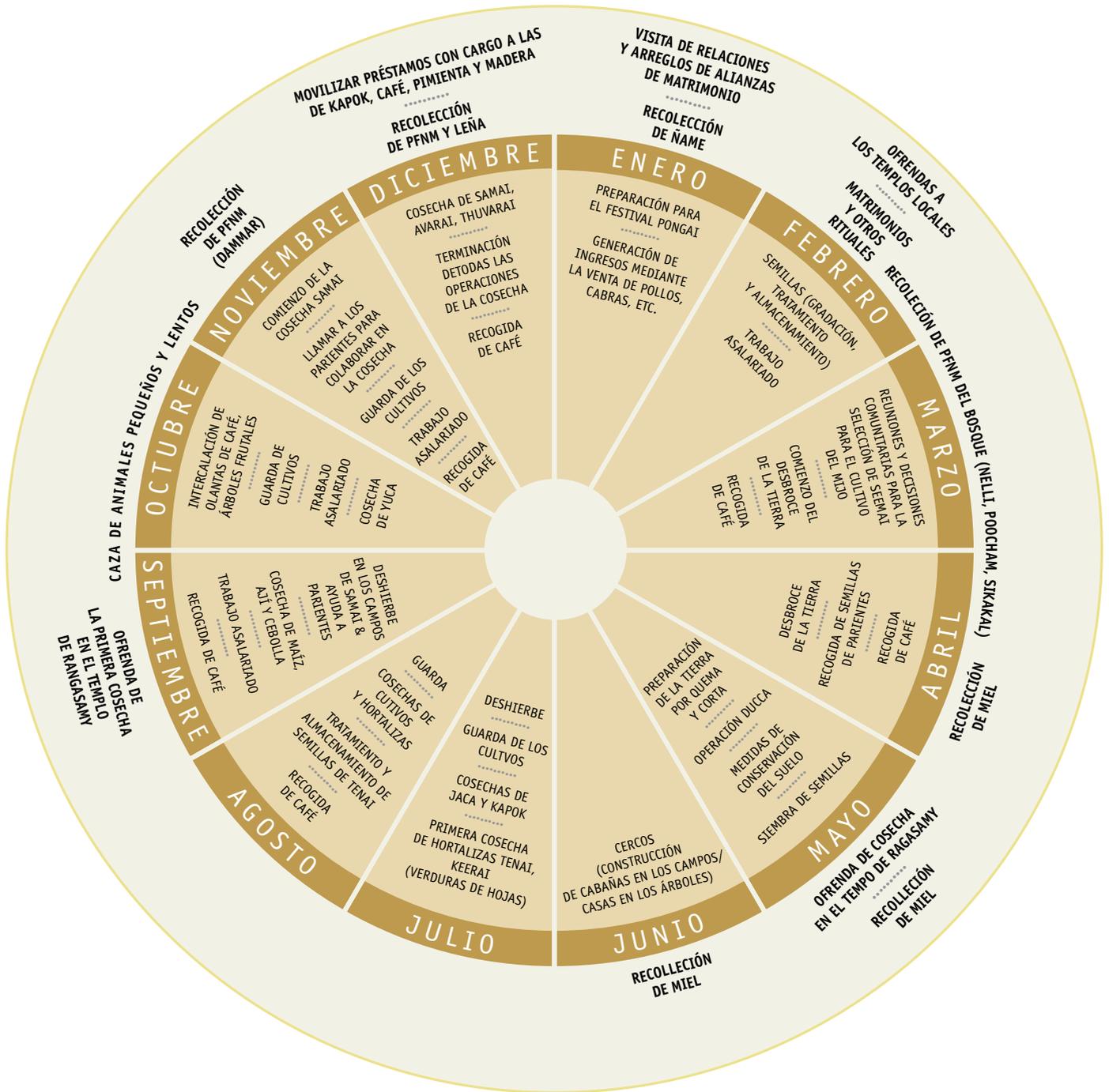
FACTORES QUE AMENAZAN EL SISTEMA DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES Y LOS RECURSOS GENÉTICOS DE LA COMUNIDAD KURUMBA

La migración ha causado grandes pérdidas para la comunidad. Ahora, a veces, los productores de alimentos se ven forzado a transformarse en compradores de alimentos. La independencia y dignidad de sus vidas se ha perdido. Los ataques de elefantes, atribuibles directamente al aumento de la urbanización en las estribaciones de las montañas, han dado lugar, algunas veces, al reasentamiento y la rehabilitación sin que se prestara atención a las necesidades y el estilo de vida de los kurumbas. Estos procesos están conduciendo a la pérdida de su herencia cultural. Los cambios de hábitat y medios de vida también han afectado a la transferencia de conocimientos por parte de los *mannukarans*, dado que estos dependen de las tierras cultivables de las que muchas zonas ya no disponen.

Las conversaciones con las mujeres kurumbas se centraron en la nutrición, especialmente en la de los hijos, que ahora viven de los alimentos que reciben del Sistema público de distribución (SPD). Según las mujeres, la falta de alimentos tradicionales ha tenido efectos negativos en la salud, dado que no se alimentan más que de arroz y legumbres producidos con insumos químicos. Ellas examinaron la posibilidad de que el SPD suministrara mijo, lo que enriquecería en gran medida su dieta. En Nilgiri, el cultivo del mijo se practica cada vez con menor frecuencia, lo que está amenazando las existencias de semillas y provocando la pérdida de diferentes variedades



Figura 1. Calendario de actividades de subsistencia en las comunidades kurumbas





de mijo de montaña (especialmente, variedades de mijo pequeño, frijol y amaranto). El SDP, que proporciona arroz en lugar de la dieta tradicional de los kurumbas basada en el mijo, está cambiando lentamente sus hábitos alimenticios y ocasionando una pérdida nutricional y cultural.

LAS INTERVENCIONES COMUNITARIAS DE LA FUNDACIÓN KEYSTONE

En las zonas en que la Fundación Keystone colabora con las comunidades locales, se requerirán grandes esfuerzos para revitalizar en el futuro las prácticas agrícolas y los derechos comunitarios sobre la tierra. La Ley de Derechos Forestales (2006) permite presentar reclamos para la restitución de derechos a las tierras tradicionales. Esta medida, junto con intervenciones tecnológicas adecuadas, como el microrriego y cercos alimentados por energía solar, puede contribuir a revitalizar los sistemas agrícolas diversificados tradicionales de los kurumbas, y a conservar los conocimientos de la generación más vieja. De ahí que la Fundación Keystone haga hincapié en la importancia de las cualidades nutricionales y los beneficios ambientales de estos alimentos y cultivos mediante la organización de ferias de alimentos y concursos de recetas entre los miembros de la comunidad, y la prestación de apoyo a los bancos de semillas comunitarios para ayudar a restablecer la diversidad genética y la agrobiodiversidad. A través de estos esfuerzos, la Fundación Keystone ayudará a que los conocimientos y prácticas tradicionales de los kurumbas se transmitan a la generación más joven.

Keystone ha emprendido la revitalización de la agricultura tradicional mediante la documentación de las prácticas, la creación de bancos de semilla y la promoción del policultivo en las tierras de las comunidades indígenas de la Reserva de la Biosfera de Nilgiri. Estas intervenciones han tenido amplias repercusiones en la propiedad, las pautas de uso de la tierra y los medios de vida de las comunidades:

- » los esfuerzos por integrar la agricultura y la ecología forestal han ayudado a conservar la biodiversidad. Un estudio en el que se comparaban las diferentes prácticas de uso de la tierra en la Reserva de la Biosfera de Nilgiri, realizado en 2006, reveló una elevada diversidad de insectos y aves en plantaciones mixtas, es decir, café con agricultura tradicional;
- » las especies maderables, medicinales, alimentarias, de fibras y para leña sembradas en las tierras de los *Adivasi* han aumentado las oportunidades de subsistencia de las familias. Cultivos de alto valor, como café, especias y frutas, se promovieron y produjeron orgánicamente para el mercado. Los bancos de semillas tradicionales garantizaron el intercambio gratuito y la acumulación de existencias de semillas;
- » las repercusiones culturales de los esfuerzos por revitalizar la agricultura tradicional han modificado el respeto dispensado a los líderes tradicionales como los *mannukaran*. Los miembros de comunidad trabajaron juntos para conservar las semillas, proteger los campos, celebrar las fiestas de la siembra y la cosecha, etc. Se fomentó la participación estrecha de los niños y jóvenes, haciéndolos regresar a sus tierras para que apreciaran el valor de su herencia cultural;



- » Las intervenciones comunitarias han fortalecido la soberanía alimentaria. Desde la perspectiva del bienestar general, esto ha contribuido a mejorar la salud y el bienestar de las familias *Adivasi*. Ha contribuido al renacimiento de la cocina y las recetas tradicionales y a la promoción de dietas más nutritivas. Además, estos esfuerzos han despertado el interés entre los *Adivasi* de otras zonas por seguir las iniciativas a su manera.

EL CAMINO POR RECORRER

Aunque las iniciativas de la Fundación Keystone han obtenido algunos buenos resultados, los kurumbas siguen afrontando muchas dificultades. Por ejemplo, la fertilidad del suelo sigue siendo escasa, las precipitaciones son muy irregulares, la incidencia de plagas es elevada bajo la cubierta forestal y el café difícilmente genera ganancias para las familias kurumbas. Otros problemas son la soberanía alimentaria, los bajos ingresos y la nutrición deficiente. Ante este escenario, para las comunidades es importante recuperar la biodiversidad en sus tierras. Desearían enriquecer las plantaciones de café con una variedad de árboles para obtener alimentos e ingresos. Sin embargo, los programas gubernamentales que promueven el cultivo del té y café, así como préstamos y subvenciones hortícolas, mal se adaptan a las tierras montañosas de los kurumbas, que han quedado desatendidas y en barbecho. Las intervenciones de la Fundación Keystone con la comunidad tratan de regenerar estas tierras en barbecho mediante la recuperación de la biodiversidad del sistema tradicional de cultivo del mijo.

Mirando hacia adelante, los esfuerzos encaminados a mejorar la agrobiodiversidad y la seguridad de los medios de vida de los kurumbas exigirán varias intervenciones a nivel comunitario y orgánico:

- » documentar la biodiversidad y sostener la agricultura en el contexto de la seguridad de los medios de vida;
- » investigar la productividad de las granjas y las explotaciones forestales, en particular de los rendimientos y las respuestas en el contexto de condiciones meteorológicas en evolución;
- » aumentar la diversidad de las especies arbóreas y de cultivos adecuados a las condiciones climáticas locales en las plantaciones de café situadas en tierras forestales para ofrecer una seguro natural del rendimiento de los cultivos contra las plagas y enfermedades y los caprichos de la naturaleza;
- » promover el intercambio de enseñanzas entre los agricultores, las organizaciones comunitarias y las redes asociadas;
- » promover la sostenibilidad con prácticas agrícolas sostenibles en pequeñas parcelas;
- » crear las condiciones para que los agricultores conserven sus propias semillas/recursos genéticos;
- » documentar e identificar razas locales para una cría de ganado viable;
- » incorporar los derechos de los agricultores y recolectores de PFNM en todos los niveles de la formulación y aplicación de políticas.



22

LAS EXPERIENCIAS DE ACTIONAID EN MATERIA DE AGROECOLOGÍA

Celso Marcatto¹, Sita Tiwari

ActionAid International

¹ Autor para correspondencia

Correo electrónico: celso.marcatto@actionaid.org



© IFPRI/ Milo Mitchell



ActionAid es un movimiento mundial de personas que trabajan juntas para promover los derechos humanos de todos y derrotar la pobreza. Venimos colaborando con más de 15 millones de personas en 45 países para lograr un mundo sin pobreza y sin injusticias. Trabajamos con las comunidades locales para entender sus problemas y ayudarlas a romper el ciclo de la pobreza. ActionAid ha prestado apoyo a programas agroecológicos locales en más de 30 países de Asia, África y América Latina.

La Agricultura sostenible resiliente al clima (ASRC) es una iniciativa que ActionAid viene aplicando, basándose en los conceptos y prácticas de la agroecología y en nuestro enfoque basado en los derechos humanos. Este enfoque de los derechos humanos se centra en el apoyo a las personas que viven en situación de pobreza para que tomen conciencia de sus derechos, se organicen para reclamarlos y exijan la rendición de cuentas de los titulares de los derechos. Nos basamos en el derecho internacional de derechos humanos y trascendemos nuestro enfoque jurídico o técnico para ayudar a las personas a examinar y encarar los desequilibrios de poder, y a tomar partido por las personas que viven en la pobreza.

ActionAid propone que la agroecología puede ser una herramienta para mejorar la soberanía alimentaria de los pequeños agricultores, hombres y mujeres, y mejorar su preparación para hacer frente a las repercusiones del cambio climático. Este enfoque se basa en la identificación de los principales problemas y riesgos a los que las comunidades locales hacen frente o probablemente harán frente en un futuro cercano. Luego, se formulan y aplican estrategias de adaptación específicas para cada lugar para reducir las vulnerabilidades y aumentar la productividad, la resistencia y la resiliencia de los pequeños sistemas de producción agrícola.

El punto de partida de nuestro enfoque son los conocimientos y prácticas de las comunidades mismas. Aunque no se puede considerar que los conocimientos locales son el remedio para todos los problemas, contienen ideas fundamentales que, de combinarse adecuadamente con el conocimiento científico y la tecnología moderna, pueden ayudarnos a diseñar y promover sistemas locales de producción de alimentos que se adapten mejor al cambio climático y se ajusten a los contextos y necesidades locales.

La agroecología no se debe considerar un modelo o un paquete tecnológico repetible en cualquier lugar en todo momento. Son muy pocas las prácticas que pueden aplicarse en un gran número de situaciones. Las alternativas auténticas son específicas a cada lugar; dependen en gran medida del contexto cultural, social y económico en que se generan. El enfoque de ActionAid tiene que ver más con la introducción de nuevas formas de pensar, que con la distribución de soluciones preestablecidas.

EL PROCESO DE TRANSICIÓN A UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Todos los agricultores pueden emprender un proceso de transición hacia un sistema de producción más sostenible, desde los agricultores tradicionales que utilizan grandes cantidades de insumos agrícolas externos, hasta los agricultores tradicionales que dependen principalmente de los insumos agrícolas internos y la fertilidad natural de los suelos.



Este proceso de transición requerirá un cierto tiempo; los sistemas agrícolas complejos no se pueden transformar repentinamente. Rediseñar los sistemas de producción supone aplicar una serie de pequeñas medidas, bien planificadas y realistas. Los agricultores tienen que tomarse un tiempo para experimentar y ensayar los pequeños cambios que están adoptando y comprobar si están produciendo resultados social, cultural, económica y ambientalmente positivos para validarlos.

La Iniciativa de ActionAid en materia de agroecología se basa en cuatro enfoques principales y en siete pilares. En la Figura 1 se presenta un resumen visual de los principales componentes de nuestra iniciativa:

Figura 1. **Enfoques y pilares de la Iniciativa de ActionAid en materia de agroecología**



UNA CASA, UN FOSO DE COMPOSTAJE: UN ESTUDIO DE CASO EN NEPAL

El distrito de Udayapur está situado en Nepal oriental. La región está formada por llanos y zonas montañosas, y muchas de las tierras agrícolas son proclives a las inundaciones. Las mujeres son las principales productoras de alimentos de la región. Colaboran en todas las fases de



la producción, desde la siembra hasta la cosecha. El acceso de las mujeres a la propiedad de la tierra (ya sea conjunta o individualmente) ha mejorado con el transcurso de los años en Udayapur, aumentando las oportunidades de las mujeres en la agricultura. Sin embargo, los cambios de las condiciones climáticas están afectando a la producción agrícola y obligando a los hombres a emigrar a otras partes en busca de trabajo. Como consecuencia, la carga de trabajo de las mujeres en la agricultura ha aumentado considerablemente.

Un problema importante al que hacen frente los agricultores de esta zona es el creciente uso de fertilizantes y plaguicidas químicos en la agricultura. Estos plaguicidas están perjudicando la salud de los agricultores y su medio ambiente. Los fertilizantes químicos también están teniendo repercusiones negativas en la estructura y la materia orgánica del suelo. Además de estos efectos, los plaguicidas y fertilizantes químicos son un insumo costoso para los pequeños agricultores, que para adquirirlos reducen los ingresos de que disponen para gastos en la educación y atención sanitaria de los miembros de sus familias.

La disponibilidad de semillas de buena calidad es otro reto para los agricultores de la región. Los agricultores recurren a los mercados para obtener varias semillas. A menudo, los deficientes mecanismos de control de calidad y el limitado conocimiento de las semillas importadas dan lugar a una baja productividad de los cultivos. Además, los pequeños agricultores tienen que vérselas con los problemas del cambio climático. Las fuentes de agua han comenzado a secarse y la imprevisibilidad de los monzones y las inundaciones han empezado a afectar a la producción de cultivos. Debido a estas cuestiones, y a los limitados ingresos de la agricultura, la emigración es elevada entre los hombres. Esta situación ha generado una falta de mano de obra agrícola en la zona, con el consiguiente aumento de la carga para las mujeres agricultoras.

En respuesta a estas cuestiones, ActionAid Nepal prestó apoyo a tres grupos de mujeres agricultoras en sus programas sobre derechos locales en el distrito de Udayapur. Estos grupos tienen como objetivo promover la agricultura sostenible en la región y reemplazar el uso de productos químicos en la agricultura. Los grupos se registraron en la Oficina de Desarrollo Agrícola del Distrito (ODAD) en 2013 y 2014. Esto les permitió tener acceso a los servicios de la ODAD, a los que les hubiera sido difícil acceder como agricultores individuales. La ODAD ha proporcionado a los grupos de agricultoras semillas y materiales de apoyo para el riego.

Los miembros de cada uno de los grupos de agricultoras aporta dinero a un plan de ahorros colectivo. Además, el Comité de desarrollo de las aldeas presta apoyo presupuestario a la comunidad para sesiones de capacitación sobre técnicas agrícolas orgánicas. Se han establecido círculos de reflexión-acción para que las agricultoras puedan intercambiar ideas y encontrar soluciones a sus cuestiones. ActionAid ha impartido capacitación sobre la importancia de la materia orgánica de los suelos, los efectos de los plaguicidas en el medio ambiente y la salud humana, y la necesidad de reducir la dependencia respecto de los insumos agrícolas externos.

Tras estas actividades de capacitación, los grupos propusieron una estrategia alternativa de promoción del compostaje y mejora de la utilización del estiércol, que evita la pérdida de nutrientes del suelo. Las agricultoras decidieron que todas las integrantes del grupo debían tener un foso de compostaje en su hogar. Por consiguiente, ActionAid Nepal facilitó una práctica agrícola colectiva denominada 'Una casa, un foso de compostaje' y se puso en marcha la campaña a nivel local en Udayapur.



ActionAid y las agricultoras trabajaron juntos en la preparación y aplicación del compost orgánico. Este se prepara en fosos mezclando residuos de cultivos, materiales de desecho y estiércol, con microorganismos eficaces que potencian la descomposición y el compostaje de los materiales. Los grupos también comenzaron a utilizar la orina de los animales y otros plaguicidas orgánicos como una alternativa a los productos químicos.

Los efectos beneficiosos de estos fosos de compostaje se han hecho notar en la comunidad y otros agricultores han comenzado a adoptar la práctica. Además, varias agricultoras han invertido en la combinación de producción de cultivos y cría de animales como una forma de aumentar sus opciones de medios de vida y sus alternativas económicas. Crían pollos y cabras por la carne y el estiércol, vacas por la leche, bueyes por el estiércol y para el arado de los campos, y búfalas por la leche y el estiércol. Estos animales, gracias a la venta de su carne y leche, representan una fuente adicional de ingresos. El estiércol que producen, además de permitirles ahorrar el dinero que hubieran invertido en fertilizantes químicos, es una fuente importante de nutrientes para las plantas y el suelo. Los agricultores también practican el policultivo, una alternativa que puede mejorar la resiliencia frente al cambio climático. Con objeto de hacer frente a los problemas de riego, los agricultores de la región han comenzado a utilizar tanques de captación de agua, riego por goteo y variedades de cultivos resistentes a la sequía.

Con el transcurso del tiempo, mediante la aplicación de estas técnicas agrícolas sostenibles, las pequeñas agricultoras de Udayapur han podido mejorar su productividad y la calidad de su producción. La utilización del compost ha mejorado la estructura y fertilidad del suelo y, al mismo tiempo, ha reducido la dependencia con respecto a los costosos fertilizantes químicos. Las nuevas prácticas han reducido considerablemente los costos de producción de las agricultoras, lo que implica que las mujeres pueden invertir más en la salud y educación de sus hijos. Además, el menor uso de fertilizantes y plaguicidas químicos ha mejorado la salud de las agricultoras, al garantizarles un entorno de trabajo más inocuo. El consumo de alimentos libres de sustancias químicas también ha tenido un impacto positivo en la salud de los miembros de sus familias.

Además, los grupos de agricultoras han podido aprovechar el plan de ahorros cooperativo para solicitar préstamos e invertir en actividades de generación de ingresos adicionales. De esta manera, el proceso de organizar a las agricultoras en cooperativas y grupos locales ha mejorado la solidaridad de la comunidad. Por otro lado, las actividades de fomento de capacidad de ActionAid en alternativas agrícolas sostenibles y sensibilización respecto de las responsabilidades de las instituciones gubernamentales pertinentes han contribuido al empoderamiento de las pequeñas agricultoras (véase más adelante el testimonio de las pequeñas agricultoras de Udayapur). Los grupos han logrado establecer relaciones con oficinas agrícolas locales, como la ODAD y los centros de servicios agrícolas, lo que les ha permitido obtener semillas para sus actividades agrícolas.

Para ampliar el uso de prácticas agrícolas sostenibles en la región, los agricultores todavía necesitan apoyo técnico adicional. Hace falta ejercer mayor presión e impulsar más actividades de promoción para garantizar que el Gobierno preste asistencia a los pequeños agricultores que adopten prácticas agrícolas sostenibles. Mirando al futuro, las comunidades están bien situadas cerca del mercado, lo que les ofrece la posibilidad de aumentar sus ingresos mediante la



venta de sus productos. Hay nuevas oportunidades para que los grupos trabajen con diferentes organizaciones agrícolas de la zona a fin de intercambiar lo aprendido y conseguir apoyo técnico y en materia de insumos.

Las mujeres de Udayapur describen los buenos resultados obtenidos con el uso de las nuevas técnicas agroecológicas:

"El suelo se trabaja con más facilidad y estoy convencida de que los cultivos están menos infestados por los insectos desde que comencé a utilizar el compost . "

(Ganga Devi Chaudhary, Presidenta del grupo de agricultoras de Ramkrishna)

"El uso de compost ha reducido mis gastos en la compra de fertilizantes. Además, he aprendido a proteger mis cultivos de las plagas utilizando las plantas disponibles localmente."

(Bindeswori Chaudhary, pequeña agricultora de Udayapur)

"He aplicado compost al cultivo de gombo. No he tenido que comprar fertilizantes químicos y he ahorrado dinero. Además, he observado que la calidad de suelo ha mejorado después de la aplicación del compost. "

(Ramsunair Chaudhary, pequeña agricultora de Udayapur)

Este es un ejemplo de la forma en que la agroecología y la agricultura colectiva pueden mejorar los medios de vida. La adopción de la campaña 'Una casa, un foso de compostaje' ha reducido los gastos de los agricultores y ha mejorado la estructura y fertilidad del suelo. A través de la adopción de esta práctica sostenible, la salud de las familias de Udayapur ha mejorado gracias a las prácticas agrícolas más seguras y el consumo de alimentos más inocuos y de mejor calidad. Aunque es necesario hacer más para asegurar que los grupos reciban servicios de extensión gubernamentales adecuados en materia de agricultura sostenible, ahora las pequeñas agricultoras se sienten más seguras de solicitar el apoyo del Gobierno.



23

SISTEMAS SILVOPASTORALES INTENSIVOS: GANADERÍA EXTENSIVA SOSTENIBLE Y GESTIÓN AMBIENTAL

**Enrique Murgueitio R.¹, Zoraida Calle, Julián Chará, Fernando Uribe,
Carlos H. Molina**

Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia

¹ Autor para correspondencia

Correo electrónico: enriquem@fun.dpav.org.co



© Neil Palmer/CIAT



Los sistemas silvopastorales son un tipo de agroforestería que posibilita la intensificación de la producción ganadera basándose en procesos ecológicos como la fotosíntesis, la fijación del nitrógeno y la solubilización del fósforo del suelo. Los sistemas silvopastorales se reconocen como un enfoque integral del uso sostenible de las tierras. Los sistemas silvopastorales intensivos (SSPi) son un tipo de sistema silvopastoral que combina el cultivo de alta intensidad de arbustos forrajeros (4 000-40 000 plantas por hectárea) con:

1. pastos tropicales mejorados;
2. especies arbóreas o palmeras en densidades de 100-600 árboles por hectárea

Estos sistemas se manejan bajo pastoreo de rotación con períodos de ocupación de 12-24 horas y períodos de descanso de 40-50 días (Calle *et al.*, 2012).

El SSPi es un ejemplo exitoso de integración y de intensificación ecológica de la producción. Desarrollado inicialmente en Colombia, el sistema de producción se ha difundido en México y el Brasil, entre otros países (Calle *et al.*, 2013).

Debido a la complejidad estructural y biológica del sistema – con más de tres estratos de producción, entre ellos pastos, arbustos y árboles – la cubierta y los recursos alimentarios para las aves, mamíferos, reptiles e invertebrados aumentan. La presencia de leguminosas fijadoras de nitrógeno y de otras especies mejora la producción y el ciclo de los nutrientes y elimina la necesidad de fertilizantes químicos nitrogenados (Murgueitio *et al.*, 2011). Los árboles de raíces profundas también contribuyen a la recuperación de nutrientes y agua de las capas más profundas del suelo, y aumentan el secuestro de carbono por debajo y por encima del suelo. Además, la cubierta forestal mejora las condiciones ambientales y el bienestar del ganado y produce más biomasa, nutrientes y sombra para los animales, reduciendo el estrés y mejorando la producción y las condiciones corporales (Broom *et al.*, 2013).

Como consecuencia de las interacciones positivas y el ciclo de los nutrientes promovidos en los SSPi (en particular los árboles fijadores de nitrógeno y el secuestro de carbono), estos sistemas producen más materia seca, energía y proteínas brutas digeribles por hectárea, aumentan la producción de leche o carne y reducen la necesidad de fertilizantes químicos y piensos concentrados (Murgueitio *et al.*, 2011). Según un estudio realizado por Cuartas *et al.* (2015), los animales apacentados en los SSPi tienen un consumo de materia seca mayor como porcentaje del peso corporal (2,61 frente a 2,04 por ciento) y una mayor ingesta de proteínas brutas (954 frente a 499 gramos por día), calcio (62,1 frente a 36,2 gramos por día) y grasas (94,2 frente a 69,6 gramos por día) que los animales que pastan en pastizales bajo monocultivo. En comparación con los pastos degradados, la cantidad de carne producida por hectárea aumentó de 74 kilogramos por hectárea al año a 1 060 kilogramos por hectárea al año en Colombia. De manera similar, en comparación con pastos mejorados, un SSPi en México aumentó la producción de carne de 456 kilogramos por hectárea al año a 1 971 kilogramos por hectárea al año (Solorio-Sánchez *et al.*, 2011). Es importante observar que el incremento del consumo de materia seca y el aumento diario no han ido acompañados de un aumento de las emisiones de metano por unidad de peso ganado (Molina *et al.*, 2014). Los aumentos de la producción de carne y leche y la reducción de las emisiones de metano se relacionan con la mejora de la calidad nutricional del forraje en los SSPi en comparación con los pastos de monocultivo.



Además, en los SSPi los árboles aumentan el secuestro de carbono por hectárea. En estos sistemas, el potencial de secuestro de carbono por encima del suelo varía de 1,5 Mg por hectárea al año (Montagnini *et al.*, 2013) a 6.5 Mg por hectárea al año (Kumar *et al.*, 1998).

A diferencia de la ganadería extensiva convencional, el SSPi requiere una gestión rigurosa, controles administrativos y ajustes permanentes basados en un seguimiento cuidadoso. Los protocolos de gestión se centran en las rotaciones de los pastos con un control estricto del pastoreo y la recuperación de los mismos, y en la fecha de poda de los árboles (Calle *et al.*, 2012). El funcionamiento adecuado de los SSPi exige el suministro permanente de agua de buena calidad en bebederos móviles y de sal mineralizada, la plantación de setos vivos en la perifería y las divisiones internas de las parcelas; la instalación de cercos o cintas eléctricas para concentrar el pastoreo en fajas estrechas, y un manejo del ganado libre de constricción o violencia. El SSPi exige conocimientos especializados sobre el pastoreo rotativo, las prácticas de manejo del ganado y la silvicultura. A los productores se les debe informar sobre los beneficios del sistema, y a los técnicos se les debe capacitar sobre el mejor modo de asesorar a los agricultores y trabajadores en la aplicación, gestión y mantenimiento del sistema (Calle *et al.*, 2013).

Entre las desventajas percibidas de los SSPi figuran la reducida visibilidad dentro de la granja y la necesidad de adoptar la estética de una vegetación exuberante, lo que a veces ha resultado difícil para la mayoría de los ganaderos convencionales. Se ha supuesto que la sobreexplotación de las aguas subterráneas podría ser un aspecto negativo de los SSPi, aunque expertos latinoamericanos nunca han reportado esta preocupación. Los SSPi cumplen con los principales requisitos relativos al uso inteligente del agua verde: reducen la pérdida de agua a través de la escorrentía, aumentan la infiltración de agua pluvial en el suelo, aumentan la retención del agua a través de la materia orgánica del suelo, reducen la evaporación y la evapotranspiración, acumulan agua en la biomasa vegetal y promueven la captación y almacenamiento del agua de lluvia. Por consiguiente, lo más probable es que el efecto global que tengan en el ciclo del agua y los depósitos de aguas subterráneas sea positivo.

La presencia de árboles da lugar a una mayor humedad del suelo gracias a la reducida evaporación debajo del dosel, lo que mejora el crecimiento de los pastos y la resiliencia frente a la sequía. En lo que se refiere al bienestar animal, en los SSPi los animales disponen constantemente de forraje de buena calidad, y su ansiedad y temor se reduce puesto que los árboles y arbustos brindan la posibilidad de ocultarse parcial o completamente (Broom *et al.*, 2013). En los días calurosos, la sombra de los árboles puede proteger a los animales de la radiación solar intensa y directa. La presencia de árboles reduce la temperatura de 42 °C a 34 °C, generando un microclima que reduce el estrés térmico de los animales de pastoreo (Murgueitio *et al.*, 2013).



REFERENCIAS

- Broom, D.M., Galindo, F.M. & Murgueitio, E.** 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proc. R. Soc. B*, 280(1771): 2013-2025.
- Calle, Z., Murgueitio, E. & Chará J.** 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva*, 63: 31-40.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C.H., Zuluaga, A.F. & Calle, A.** 2013. A Strategy for Scaling-Up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7): 677-693.
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Correa, G. & Barahona, R.** 2015. Estimation of DM and nutrient intake and diet composition by beef steers grazing in intensive silvopastoral systems based on *Leucaena leucocephala*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, (en imprenta).
- Kumar, B.M., George, S.J., Jamaludheen, V. & Suresh, T.K.** 1998. Comparison of biomass production, tree allometry and nutrient use efficiency of multipurpose trees grown in woodlot and silvopastoral experiments in Kerala, India. *Forest Ecology and Management*, 112: 145-163.
- Molina, I.C., Angarita, E.A., Mayorga, O.L., Chará, J. & Barahona, R.R.** 2014. Effect of *Leucaena leucocephala* on methane production of Lucerna heifers fed a diet based on *Cynodon plectostachyus*. Submitted.
- Montagnini, F., Ibrahim, I. & Murgueitio, E.** 2013. Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques*, 67(316): 3-16.
- Murgueitio, E., Chará, J., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C. & Rivera, J.** 2013. Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26: 313-316.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. & Solorio, B.** 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261: 1654-1663.
- Solorio-Sánchez, F.J., Bacab-Pérez, H.M. & Ramírez-Avilés, L.** 2011. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos: Avances de Investigación en el Valle de Tepalcatepec, Michoacán. *Memorias III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, para la ganadería sostenible del siglo XXI*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, COFRUPO, SAGARPA, Universidad Autónoma de Yucatán - UADY.



24

NUEVOS ENFOQUES PARA HACER FRENTE A LOS RETOS DE LA AGROECOLOGÍA EN UN CONTEXTO DE AGRICULTURA INTENSIVA

Quentin Delachapelle¹, Goulven Le Bahers^{2,3}

Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural (CIVAM)

¹ Agricultor y Vicepresidente de la red de los CIVAM
Correo electrónico: quentin.delachapelle@nordnet.fr

² Coordinador nacional para la agroecología. Federación nacional de los CIVAM

³ Autor para correspondencia:
Teléfono: (+33) 144889861; Correo electrónico: goulven.lebahers@dvam.org

Documento traducido en Inglés por Victoria Selwyn en colaboración con los autores



© Goulven Le Bahers



INTRODUCCIÓN

Tras nueve años de trabajo como profesor titular interino de agricultura sostenible y desarrollo rural, Quentin Delachapelle compró una granja familiar en una de las principales zonas productoras de cereales de Francia con el propósito de transformarla.

Con el transcurso de los años, la granja dejó de ser un sistema que combinaba los cultivos mixtos con la ganadería para transformarse en un sistema centrado en los cultivos industriales. Esta transformación y las resultantes prácticas agrícolas intensivas representaban los cambios característicos experimentados por la agricultura francesa y el modelo agrícola intensivo aplicado en Francia durante los últimos 50-60 años. Aunque es posible que este modelo que se justificara en el contexto del período posterior a la guerra, hoy, las repercusiones en el medio ambiente local, los efectos en la salud de los agricultores, los precios cada vez más elevados de los insumos químicos (en un contexto de una elevada demanda mundial y de escasez de recursos energéticos) y el alto grado de dependencia de las subvenciones de la política agrícola común (PAC) se combinan para plantear serias dudas sobre su viabilidad a largo plazo, en un período en que se cuestiona cada vez más la posibilidad del modelo de garantizar la seguridad alimentaria a una creciente población mundial.

Quentin se propuso mejorar la eficiencia económica y ambiental de la granja, hacerla más resiliente y viable a largo plazo. Medidas como la introducción de abonos verdes y leguminosas le permitieron reducir a la mitad el uso de plaguicidas y disminuir la aplicación de fertilizantes inorgánicos. No tardó en cosechar los beneficios derivados de la mejora de la calidad de suelo y la eficiencia en el uso de los recursos. Poner en marcha la transición exigió un grande empeño, el tipo de empeño que surge cuando se forma parte de un movimiento con una fuerte tradición agroecológica que se remonta a varios decenios. Hubiera sido mucho más difícil para un agricultor aislado, productor de cultivos destinados a cadenas de suministro agroindustriales estructuradas para satisfacer necesidades a corto plazo. Sin embargo, los factores a medio plazo que probablemente afecten a la supervivencia de los agricultores familiares y a las dinámicas comunidades rurales refuerzan los argumentos a favor de la agroecología.

LA RED DE CENTROS DE INICIATIVAS PARA VALORIZAR LA AGRICULTURA Y EL MEDIO RURAL (CIVAM): UN MOVIMIENTO DE EDUCACIÓN RURAL POPULAR

La red de CIVAM¹ se formó en la década de 1950. Hunde sus raíces en el movimiento de educación popular y se propone empoderar a las familias agrícolas para que adopten decisiones de manera independiente y recuperen el control de sus vidas. Hoy, la red se compone de 120

¹ Centros de iniciativas para valorizar la agricultura y el medio rural (Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural).



organizaciones locales repartidas en todo el territorio francés, con un total de casi 13 000 miembros. Durante los primeros 25 años de su existencia, el movimiento de los CIVAM apoyó la campaña encaminada a modernizar la agricultura francesa que fue acompañada de la aplicación de la PAC. La red de CIVAM cambió orientación cuando resultó evidente que el modelo derivado de la PAC había rebasado sus metas originales. Los daños al medio ambiente causados por la importancia atribuida por la PAC a la productividad, y la creciente dificultad en mantener la viabilidad agrícola hizo que los agricultores comenzaran a experimentar nuevas formas de mejorar la eficiencia de sus sistemas de producción.

El enfoque de la agroecología de los CIVAM organiza todas las operaciones agrícolas en torno al ecosistema de la granja. Los sistemas de producción se basan en el tipo de suelo y las condiciones climáticas locales, sus componentes se seleccionan para ajustarse a los ciclos naturales (los cultivos se producen para alimentar al ganado, el ganado proporciona fertilizantes para los cultivos, etc.), y las prácticas agrícolas están adaptadas para incorporar los procesos naturales (introducción de leguminosas, extensión de las rotaciones y utilización de organismo beneficiosos, entre otros). Para que todos los componentes del sistema trabajen juntos, los agricultores tienen que pensar de manera holística y seguir de cerca constantemente los distintos componentes para ver si hace falta ajustarlos. El objetivo es obtener un sistema autónomo que dependa de los procesos naturales y el trabajo humano, y establecer relaciones mutuamente beneficiosas con otros grupos de interlocutores locales (agricultores, consumidores, autoridades locales, organismos de desarrollo y ONG, entre otros). Hay que tener en cuenta los aspectos ambientales, económicos y sociales, así como la autonomía del sistema de producción agrícola y la persona que lo aplica: la capacidad de los agricultores de observar y comprender el modo en que el sistema funciona, de tomar decisiones y de adoptar las medidas que más les convengan.

DE UNA SOCIEDAD PREDOMINANTEMENTE RURAL A UNO DE LOS PRINCIPALES EXPORTADORES DE CEREALES

De los 55 millones de hectáreas que constituyen la superficie de Francia, 28 millones están cultivadas y 17 millones están ocupadas por terrenos boscosos (MAAF, 2015b). Francia tiene un nivel de producción agrícola superior a los demás países de la Unión Europea (UE), que representa el 18 por ciento de la producción agrícola de la UE (UE, 2015). Históricamente, dos factores han desempeñado un papel muy importante en los cambios ocurridos en los sistemas de producción agrícola franceses: los elevados costos de la mano de obra y el reducido valor de las tierras. Los elevados costos de la mano de obra han sido un incentivo para orientarse hacia cadenas de suministro y modos de producción en los que la mecanización y los insumos químicos permiten emplear menos personas. Esta orientación ha sido reforzada en mayor medida por el actual sistema de pagos de la PAC, que se basa en la extensión de la tierra cultivada, independientemente del número de puestos de trabajo por granja. Como resultado de los cambios de los sistemas de producción, desde 1993 la producción anual francesa de cereales ha representado el 20 por ciento de la producción de cereales de la UE. Casi la mitad de la producción se exporta, principalmente a los países de la UE (67 por ciento desde 1993), en gran



parte en forma de grano. Los productos elaborados no representan más que el 16 por ciento del volumen total. Entretanto, Francia experimenta un déficit de proteínas en los piensos (MAAF, 2015a).

Los sistemas mixtos agrícolas que combinan la ganadería con una variedad de cultivos eran la norma entre las granjas familiares francesas hace 50 años. Actualmente, son cada vez más raros. Hoy, casi un cuarto de las granjas francesas se especializan en cereales y casi la mitad de la tierra agrícola se utiliza para producirlos. Esta especialización de las granjas ha causado numerosos problemas ambientales. Los minerales (por ejemplo, N, O y K), en lugar de reciclarse en la granja, se importan de fuentes externas, con el consiguiente despilfarro de recursos no renovables. La contaminación del agua y el aire provocada por los fertilizantes (nitrato y fósforo en el caso del agua, y amoníaco y óxido nítrico en el caso del aire) se ha exacerbado junto con la contaminación del agua y el suelo provocada por los plaguicidas.

La sustitución de pastos con cultivos anuales, con la consiguiente simplificación de los mosaicos de hábitat y el abundante empleo de plaguicidas, ha dado lugar a una pérdida de biodiversidad en las zonas agrícolas, mientras que las elevadas densidades de cultivos de maíz de regadío agravan las tensiones por el uso del agua. Además, investigaciones recientes indican que la especialización y, en especial el acortamiento de las rotaciones, pueden tener que ver con la detención en curso del incremento del rendimiento de los cultivos (Butault *et al.*, 2010).

LA AGROECOLOGÍA COMO POTENCIAL GENERADORA DE PUESTOS DE TRABAJO EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS

Casi todos los aumentos acumulativos de la productividad general de la producción agrícola durante el último decenio se pueden atribuir a la reducción de la fuerza de trabajo agrícola, que actualmente representa alrededor del 2 por ciento del conjunto de la fuerza de trabajo francesa. Numerosos indicadores muestran que es probable que esta tendencia continúe, aunque a un ritmo menor. La agricultura representa el 12 por ciento de la fuerza de trabajo en las zonas rurales (Berthod-Wurmser *et al.*, 2009).

¿Qué efectos está teniendo esta continua pérdida de puestos de trabajo agrícolas en la sociedad rural? Un 20 por ciento de los habitantes de Francia vive en zonas rurales (Berthod-Wurmser *et al.*, 2009). Las condiciones locales varían considerablemente, pero, en general, la falta de infraestructura social y de transporte en las zonas rurales complica en gran medida la búsqueda de trabajo en dichas zonas. Aun así, muchos hogares de bajos ingresos se ven obligados a dejar las zonas urbanas debido al costo de la vivienda.

La continua pérdida de puestos de trabajo en la agricultura va en contra de los objetivos declarados de la PAC de promover el desarrollo rural y el sostenimiento de las comunidades rurales. Es contraindicada en la situación actual de desempleo masivo y exclusión social. Ha llegado la hora de examinar de nuevo la finalidad de la agricultura. Además de su función económica de producción de alimentos ¿la agricultura también tiene una función no comercial que cumplir en el sostenimiento de las poblaciones rurales, la protección de los recursos comunes como el agua, el aire y el paisaje, y el fortalecimiento de la estructura de las comunidades?



Una evaluación reciente de varios sistemas de producción lechera europeos ha demostrado que los sistemas de ciclos de pastoreo largos promovidos en Francia por la red de CIVAM, en los cuales el uso de insumos químicos se mantiene al mínimo ajustando la producción, generan ingresos netos de dos a cuatro veces superiores, y requieren diez veces menos capital que los sistemas de Europa septentrional que utilizan niveles elevados de insumos y capital. Además, reciben de dos a cinco veces menos fondos públicos que los sistemas intensivos y generan 50 por ciento más de puestos de trabajo por hectárea de tierra cultivada y más de dos veces y medio puestos de trabajo por volumen de leche producida (FNCIVAM, 2009).

En términos macroeconómicos, los productos pueden competir (en los mercados internos y externos) sólo centrándose en la calidad, y esta crea mucho más valor añadido para las comunidades rurales que la cantidad. Para volver a crear riqueza en las zonas rurales, es de vital importancia relocalizar la agricultura mediante la identificación de sistemas agrícolas que puedan complementarse entre sí, y el desarrollo de redes de distribución locales.

REDUCCIÓN DE LOS INSUMOS QUÍMICOS: UNA CUESTIÓN CRUCIAL PARA LA VIABILIDAD DE LA AGRICULTURA FRANCESA

En el proceso de modernización de la agricultura, Francia promovió cadenas de suministro y modos de producción que recurrían en gran medida a la mecanización y los insumos químicos. Hoy, Francia es el tercer principal consumidor mundial de plaguicidas y utiliza más plaguicidas que los demás países de la UE. El país hace frente a una creciente presión relacionada con las repercusiones directas e indirectas de los plaguicidas en nuestra salud y el aumento de la tolerancia por parte de las plagas. En 2012, se detectaron plaguicidas en los ríos franceses en el 89 por ciento de los puntos de medición, y habitualmente se les encuentra en las muestras de aire (SOeS, 2015).

Con el 12 por ciento del consumo mundial, Francia es el país que más utiliza fertilizantes nitrógenos solubles en el mundo, con excepción de los Estados Unidos de América. Los fertilizantes inorgánicos constituyen un porcentaje considerable de los costos de los agricultores. Para el conjunto del sector agrícola, estos fertilizantes representan por término medio el 15 por ciento de los costos de adquisición y el 5 por ciento de los gastos totales. Para los cultivos en el campo, representan más del 30 por ciento de los costos de adquisición y el 12 por ciento de los gastos totales (GCL Développement Durable, 2010). Los fertilizantes inorgánicos contribuyen de manera importante a los principales problemas ambientales relacionados con la contaminación por nitrato de las aguas subterráneas, la eutroficación de los hábitat acuáticos y las emisiones de gases de efecto invernadero; de ahí que estén sujetos a regulaciones cada vez más estrictas. Además, Francia importa casi toda la materia prima utilizada en su fabricación, lo que hace que sean muy vulnerables a las fluctuaciones de los precios mundiales.

Tras el período en que el modelo de agricultura intensiva se introdujo en Francia (1960-1980), la eficacia de los artículos fungibles agrícolas, como los fertilizantes y plaguicidas, mejoró entre 1980 y 1995. A partir de 1996, esta tendencia se invirtió. Ensayos realizados



por miembros de la red de CIVAM han demostrado que es posible mejorar simultáneamente el rendimiento económico y agroambiental mediante la adopción de técnicas alternativas que aumentan la productividad general y la productividad de los artículos fungibles agrícolas, al tiempo que reducen los insumos. Por ejemplo, la introducción de medidas de transición en algunas granjas productoras de cereales, ya sea porque los agricultores se encontraron en un callejón sin salida (por ejemplo, el aumento de la resistencia a los herbicidas por parte de las malas hierbas) o por motivos de salud (por ejemplo, enfermedades relacionadas con el trabajo causadas por los plaguicidas), hicieron que fuera posible reducir el uso de plaguicidas en un 50 por ciento sin que se produjeran pérdidas de ingresos a medio plazo. Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, la disminución de los insumos puede dar lugar a una ligera reducción de la producción (que asciende a menos del 10 por ciento), aunque esta debe valorarse en la justa medida dada la existencia de otros factores, como el previsto aumento de la producción en los países en desarrollo, en especial en los que existen fuertes movimientos agroecológicos, y las pérdidas debidas a los derroches en la cadena de suministro de los países desarrollados (Butault *et al.*, 2010).

SUPERAR EL PROBLEMA DE LA “LOCK-IN” SOCIAL Y TÉCNICA

En Francia, los sectores agrícola y de elaboración de alimentos se organizaron al mismo tiempo. Esto dio lugar a un elevado grado de especialización geográfica en los sistemas agrícolas, con el desarrollo de la producción ganadera y de cultivos en diferentes zonas, y la concentración de las industrias de elaboración en pocos lugares para facilitar el control de calidad y la regulación de los volúmenes y la estructura de las cadenas de suministro. La pertinencia de la escala es muy importante cuando se aplican medidas agroecológicas; para obtener buenos resultados, en los esfuerzos de restauración deben participar varias partes interesadas. Por tanto, los aspectos sociales de la agroecología se deben tener en cuenta para superar los retos técnicos y económicos.

Los teóricos de la economía han elaborado el concepto de “lock-in” (*inercia*) para describir uno de los obstáculos que dificultan la transición hacia una mayor sostenibilidad (Vanloqueren y Baret, 2009). Los profesionales de la agroecología suelen enfrentarse con la opinión predominante en las cadenas de suministro de que la producción tiene que adaptarse a las exigencias de los compradores y no a la inversa. Sin embargo, resulta difícil creer que los agricultores que adoptan prácticas agroecológicas tengan problemas para encontrar mercados para sus productos, habida cuenta de que la gente solicita cada vez más a las granjas que proporcionen productos diversos a los de la gama tradicional. El obstáculo para el desarrollo de una amplia variedad de cultivos en Francia no es la demanda, sino la competencia con las cadenas de suministro existentes. Para superar obstáculos de este tipo, la red de CIVAM reúne a grupos de interesados locales para promover cadenas de suministro para los nuevos productos ofrecidos por los nuevos tipos de sistemas de producción agrícola. Por ejemplo, varios productores de cáñamo han compartido sus recursos para comprar equipo y trabajar con los comerciantes locales de materiales para la construcción a fin de promover el uso de sus productos en la edificación de viviendas ecológicas.



Los numerosos asesores técnicos y económicos de que disponen los agricultores franceses piensan siempre en función de los objetivos a corto plazo de las cadenas de suministro existentes. Empezar la transición hacia la agroecología implica adoptar una perspectiva a medio plazo que las políticas públicas o los indicadores económicos tradicionales no tienen en cuenta (o sólo muy marginalmente). De ahí que grupos de agricultores como los de los CIVAM reúnan cada vez más fuerzas con grupos de la sociedad civil (organizaciones de consumidores, organismos ambientales y ONG, entre otros) para liberarse de las restricciones impuestas por las cadenas de suministro existentes, orientarse hacia prácticas agrícolas más sostenibles y establecer sistemas de elaboración y distribución que se adapten a las necesidades locales. Cabe observar que fuera de la financiación específica para la agricultura orgánica certificada, los criterios de financiación pública prestan muy poca atención a las repercusiones ambientales, y aun menos a los niveles de empleo en la granja. Más del 80 por ciento de la financiación de la PAC distribuida en Francia se destina a apoyar la competitividad a corto plazo de las cadenas de suministro, y sólo un porcentaje de la parte restante se asigna a los planes de desarrollo rural y agroambientales.

La forma de agroecología practicada por la red de CIVAM coloca a los agricultores en mejores condiciones para hacer frente a fenómenos imprevistos, permitiéndoles recuperar la iniciativa y adaptar sus operaciones a los contextos locales. Muchos atienden nuevas necesidades y trabajan juntos para mejorar sus sistemas de producción agrícola, al tiempo que colaboran con las autoridades locales para encontrar mercados locales para sus productos. Como cabe esperar de un movimiento de educación popular, los grupos de discusión sobre prácticas agrícolas desempeñan un papel fundamental. Para funcionar con éxito, el grupo debe incluir a agricultores que investiguen, realicen ensayos y compartan, examinen y transmitan sus experiencias. Aunque a menudo las autoridades elogian las iniciativas de este tipo, las políticas que promueven no ofrecen suficientes incentivos para generalizarlas.



REFERENCIAS

- Berthod-Wurmser, M., Ollivier, R., Raymond, M., Villers, S. & Fabre, D.** 2009. Pauvreté, précarité, solidarité en milieu rural. *Rapport IGAS NRM2009-102P/CGAAER*. 218 pp.
- Butault, J.P., Dedryver, C.A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.M., Nicot, P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I. & Volay, T.** 2010. *Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude*. INRA Editeur (France). 90 pp.
- FNCIVAM.** 2009. *Produire autonome et économe C'est bon pour l'environnement, le revenu, l'emploi*. 28 pp. (disponible en: www.civam.org/images/actions/ressources/agriculture%20durable/produire-econome-et-autonome.pdf).
- GCL Développement Durable.** 2010. *Etat, perspectives et enjeux du marché des engrais*. 94 pp. (disponible en: http://www.terre-net.fr/ulf/TNM_Biblio/fiche_63574/prospect-engrais%20mineraux_0906__ssp_rapport%20final.pdf).
- Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF).** 2015a. *Bilans céréaliers français de 1993 à 2011* (disponible en: www.agreste.agriculture.gouv.fr/).
- Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF).** 2015b. Enquête Teruti sur l'utilisation du territoire, données 2012. *Agreste: La statistique, l'évaluation et la prospective agricole* (disponible en: www.agreste.agriculture.gouv.fr/).
- Service de l'Observation et des statistiques (SOeS).** 2015. *Contamination globale des cours d'eau par les pesticides*. Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (disponible en: www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/246/211/contamination-globale-cours-deau-pesticides.html).
- Unión Europea (UE).** 2015. Output of the agricultural industry - basic and producer prices. *Eurostat* (disponible en: www.ee.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tag00102).
- Vanloqueren, G. & Baret, P.V.** 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38(6): 971-983.



25

LA AGROECOLOGÍA EN LAS REGIONES SEMIÁRIDAS: PRÁCTICAS Y ENSEÑANZAS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

Marilene Souza^{1,3}, Valquiria Lima²

¹ Coordinadora del Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas (CAA/NM) y miembro de la Junta de Directores

² Directora Ejecutiva de ASA Brasil y asesora de Cáritas Regional Minas Gerais

³ Autor para correspondencia

Teléfono: +55 38 32187700; Correo electrónico: leninha@caa.org.br



© ASA/Marilene Souza

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de caso ofrece algunas reflexiones sobre las actividades de la red brasileña *Articulação Semiárido Brasileiro* (ASA), a través de los programas 'Un millón de cisterna' (P1MC) y 'Una tierra y dos aguas' (P1+2), que tratan de interactuar con las prácticas agroecológicas centrándose en la seguridad alimentaria y nutricional de millares de familias que viven en la



región semiárida del Brasil. El estudio de caso procura mostrar de qué forma esta experiencia ha afectado a las vidas de las familias, en lo que se refiere a la seguridad alimentaria y nutricional, y a través del acceso a circuitos breves de comercialización que aseguran y aumentan los ingresos de estas familias. Muestra de qué manera el programa el P1+2, junto con otros programas y políticas públicos destinados a fortalecer la agricultura familiar, han ayudado a mejorar la calidad de vida de las familias, mediante la ampliación de la infraestructura hidráulica para el almacenamiento de agua y el establecimiento de jardines productivos (*quintais produtivos*) y otras tecnologías. La parte final del estudio explica las principales lecciones aprendidas de la aplicación del programa P1+2, y destaca la participación social y la contribución de las familias implicadas en el programa, así como las principales dificultades encontradas en el proceso. Además, señala los retos y limitaciones identificados a través de esta experiencia.

La ASA es una red de más de 1 300 organizaciones de la sociedad civil que gestionan y promueven políticas para la coexistencia con la región semiárida. Su cometido es fortalecer el papel de la sociedad civil en la construcción de procesos participativos para el desarrollo sostenible y la coexistencia con la región semiárida, basándose en los valores culturales y la justicia social. La ASA está integrada por instituciones organizadas en foros y redes, y comprende nueve estados que forman la región semiárida brasileña: Bahía, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Piauí, Sergipe, Minas Gerais y Rio Grande do Norte.

La región semiárida tiene un clima caracterizado por importantes sequías y prolongados períodos de tiempo seco, con una distribución irregular de las precipitaciones. En consecuencia, una de las principales lecciones aprendidas en el marco del programa se relaciona con los métodos de almacenamiento adoptados por los agricultores familiares. Estos métodos consisten en el almacenamiento del agua de lluvia, mediante tecnologías sociales junto con un proceso de desarrollo de conocimientos basado en cursos e intercambios de experiencias, y la acumulación de piensos, mediante el manejo agroecológico del medio ambiente.

LA AGROECOLOGÍA Y LA COEXISTENCIA CON LA REGIÓN SEMIÁRIDA

La agroecología trata de comprender el papel que desempeñan los múltiples elementos que intervienen en los procesos puestos en marcha por las sociedades para modificar la naturaleza con objeto de obtener alimentos y otros recursos necesarios para la reproducción social. A estos efectos, es fundamental adoptar un enfoque sistémico para la formulación de una estrategia agroecológica, que comprenda un estudio ecológico de procesos como el reciclaje, los flujos de energía, las cadenas alimentarias/depredación, las relaciones de competencia y las sucesiones ecológicas, entre otros. Además, es necesario aprovechar información del pasado, como los procesos que forman los agroecosistemas, y actualizarla en función del contexto actual (lo que se conoce como coevolución). Por otro lado, se debe tratar de comprender e interpretar las relaciones entre los grupos humanos/sociales y la naturaleza, sin olvidar las importantes contribuciones de los conocimientos locales, la ciencia, los centros de investigación y los grupos de desarrollo (lo que se conoce como etnoecología). Estos procesos dan lugar a una variedad



de prácticas y experiencias en materia de gestión y producción agroecológicas, que se están desarrollando en diferentes partes del Brasil.

Desde la perspectiva del desarrollo y valoración colectivos de los conocimientos tradicionales y locales, la ASA ha venido promoviendo y organizando procesos de coexistencia con la región semiárida brasileña durante los últimos 15 años. El programa P1MC, hoy consolidado como política pública, ha pasado a ser un punto de referencia en términos de tecnología social para el almacenamiento del agua de lluvia para el consumo humano.

Convencida de que el agua no es un bien de consumo, sino un derecho humano básico, a la vez que un alimento necesario para la vida y un insumo para la producción de otros alimentos, la ASA organizó el Programa de Formación y Movilización Social para la Coexistencia con la Región Semiárida (*Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido*) a través de dos programas: P1MC y P1+2.

El objetivo del P1MC es movilizar e incluir a las personas de toda la región semiárida para asegurar el acceso al agua potable para beber y cocinar, mediante la utilización de cisternas de placa. El conjunto de estas cisternas forma una infraestructura de almacenamiento descentralizada con capacidad para 16 billones de litros de agua. El programa P1+2 tiene como objetivo establecer procesos de desarrollo rural participativos en la región semiárida brasileña y promover la soberanía, la seguridad alimentaria y nutricional, y la generación de empleo e ingresos para los agricultores familiares, mediante la creación de condiciones que les faciliten el acceso a la tierra y el agua para la producción de alimentos y les permitan gestionar estos recursos de manera sostenible.

Los programas aplican simples tecnologías sociales para la captación y el almacenamiento de agua para el consumo humano y la producción de alimentos. Además, refuerzan otras iniciativas para la coexistencia con la región semiárida, como el desarrollo de conocimientos agroecológicos, las cooperativas de crédito para la agricultura familiar y campesina, los bancos de semillas o casas de semillas nativas o criollas, los fondos rotatorios basados en la solidaridad, la cría de ganado, la educación contextualizada y la lucha contra la desertificación. Se trata de tecnologías universalmente utilizadas y fáciles de entender que se pueden aplicar en otras regiones semiáridas y zonas de siembra estacional. Se han experimentado en países como Honduras, Argentina y Haití, entre otros.

REALIZACIONES PREVISTAS EN EL P1+2

Actualmente, las instituciones que forma la ASA están aplicando varias tecnologías de captación y explotación del agua de lluvia en los nueve estados de la región semiárida brasileña.

Los aspectos productivos de las tecnologías adoptadas por las familias están respaldados por sus estrategias de aplicación. Estrategias como el fortalecimiento de las casas o bancos de semillas y la aplicación de la agroecología, complementan la aplicación de la tecnología del P1+2, recuperando y fortaleciendo las prácticas tradicionales de cultivo y de cría de aves de corral. A continuación se describen estas tecnologías y estrategia de aplicación.



Cisterna con plataforma de captación (cisterna calçada):

Se trata de una tecnología para captar y almacenar el agua de lluvia que ha ayudado a mejorar la calidad de vida de muchas familias de agricultores en la región semiárida brasileña. Tiene una capacidad de almacenamiento de 52 000 litros de agua. El agua fluye hacia la cisterna desde una plataforma de captación a través de un tubo que une las dos estructuras.

Trincheras de almacenamiento de agua (barreiro-trincheira):

Debe ser profunda y construirse en terrenos planos, de preferencia con piedras y revestimiento de plástico. Se deben eliminar todas las piedras o raíces del terreno para evitar la perforación del revestimiento. La trinchera se debe cubrir con losas de cemento para evitar que el agua se pierda por evaporación. Las trincheras suelen tener una capacidad de almacenamiento de alrededor de 132 millones de litros de agua. Su costo es bajo, considerando el volumen de agua acumulado durante varios años.

Reservorio subterráneo (barragem subterranea):

Esta tecnología aprovecha el agua de escorrentía y de los pequeños arroyos de la región, almacenando el agua en el terreno. La humedad del suelo acumulada en los períodos de lluvia dura bastante tiempo en el suelo, donde se pueden sembrar árboles frutales y hortalizas. Esta tecnología está transformando el paisaje y las propiedades de muchas familias de la región semiárida.

Tanque de piedra (tanque de pedra):

Se trata de una tecnología común en zonas montañosas rocosas que sirven de superficies para captar el agua de lluvia. Aprovecha las largas grietas u hoyos naturales en el granito para almacenar el agua de lluvia. Aunque el volumen varía considerablemente, la capacidad se aumenta mediante la construcción de paredes de ladrillos en la parte más baja, que sirven de dique para acumular agua; cuanto más alta son las paredes, mayor será la capacidad de almacenamiento.

Laguna de captación del agua de lluvia (barraginha):

La 'barraginha' es una pequeña laguna construida en la tierra desgastada por la erosión del suelo. Se excava en forma de cuenca semicircular de alrededor de 16 metros de diámetro, en general utilizando maquinaria de excavación. La tierra excavada se amontona en los bordes, formando una presa semicircular para retener el agua. Estas lagunas de captación producen resultados mejores cuando se construyen varias en la misma zona, una después de otra, de suerte que tras una tormenta de lluvia el agua que se desborda de una laguna abastezca a la siguiente y así sucesivamente.

Bomba de agua pública (bomba d'água popular - BAP):

El objetivo de las BAP es aprovechar los pozos no utilizados para extraer el agua subterránea mediante un equipo de bombeo que utiliza una noria o rueda manual. Al darle vuelta, la noria extrae grandes volúmenes de agua con poco esfuerzo físico. El agua se utiliza para beber. la



bomba puede montarse en pozos de hasta 80 metros de profundidad. En 40 pozos, estas bombas pueden extraer hasta 1 000 litros de agua por hora. Se trata de una tecnología comunitaria de bajo costo y fácil funcionamiento.

Casas o bancos de semillas:

Son espacios para el almacenamiento de semillas nativas que garantizan todos los años la siembra por parte las familias o comunidades agrícolas. Para establecer las casa o bancos de semillas comunitarios, se debe reservar un lugar para el almacenamiento de las semillas.

Agroforestería:

Se trata de un sistema de producción que trata de imitar a la naturaleza. En la agroforestería existen muchos tipos de plantas, cultivadas en la misma zona, que producen una gran variedad de productos: frutas, granos, flores, raíces, tubérculos, leña, madera y semillas.

Jardines productivos:

Este es un ejemplo de producción diversificada en la propiedad. La tecnología consiste en la producción de cultivos tradicionales y la cría de aves de corral en torno a la casa.

RESULTADOS OBTENIDOS, LIMITACIONES Y DIFICULTADES

Uno de los aspectos que se valora y promueve en el programa P1+2 es el papel protagónico que desempeñan las familias. Con arreglo a este enfoque político-metodológico, los agricultores dejan de ser beneficiarios pasivos de los programas públicos para convertirse en sujetos de derechos capaces de llevar adelante sus propios proyectos de vida. El cambio de enfoque distingue al P1+2 de otros programas de desarrollo rural convencionales o de aquellos que atribuyen prioridad a la inclusión productiva de las familias más pobres, al crear entornos sociales que favorecen el fortalecimiento de la estructura asociativa y promueven relaciones de reciprocidad y solidaridad.

Algunos de los resultados obtenidos con estos enfoques de gestión muestran una mejora considerable de la seguridad alimentaria y nutricional, por ejemplo, a través de la producción de hortalizas consumidas por las familias. El agua almacenada sustenta la cría de animales pequeños, como pollos y cerdos, lo que contribuyen a la conservación de las existencias familiares de animales pequeños y, por tanto, al fortalecimiento del suministro de proteínas de origen animal en sus dietas. Tras satisfacer el consumo familiar de alimentos, el excedente producido se destina a ferias agroecológicas abiertas y mercados institucionales, estableciendo así circuitos de comercialización breves, como el Programa de compras de alimentos y el Programa Nacional de Alimentación Escolar.

Tras cinco años consecutivos de sequías en la región, algunas familias participantes en el programa P1+2 afirmaron que este período lo “sufrieron” con menos dificultad que los anteriores, cuando no tenían cómo almacenar el agua de lluvia para la producción de alimentos y la cría de animales pequeños. Al parecer, no se registraron brotes importantes de hambre ni procesos migratorios intensos, como solía suceder en la región en estos períodos.



Aunque se han obtenido resultados positivos, también ha habido limitaciones que tienen que superarse. Las pequeñas dimensiones de muchas de las propiedades de la región semiárida hacen que las familias no puedan almacenar grandes volúmenes de agua, que son necesarios para la producción y el acopio de alimentos para el consumo familiar y la alimentación animal. A este respecto, a fin de que la propuesta de inclusión productiva siga desarrollándose, se debe una vez más atribuir prioridad a los programas de acceso a la tierra y defensa de los territorios de las comunidades tradicionales. Además, se han de reorientar las políticas de asistencia técnica, extensión rural y crédito rural para fortalecer las estrategias de coexistencia con la región semiárida, que los agricultores familiares y sus comunidades están mejorando de manera descentralizada.

La capacidad de las familias participantes en los programas P1MC y P1+2 está demostrando que la mejora de sus estrategias de producción y almacenamiento de recursos representa una manera prometedora de hacer que la región semiárida brasileña sea cada vez más productiva y sostenible. Por este motivo, la ASA Brasil apoya un modelo de desarrollo rural basado en el enfoque agroecológico, que no utiliza productos agroquímicos y que valora y apoya las semillas nativas. El objetivo es producir alimentos diversificados y saludables, mejorar las condiciones de trabajo y, en particular, promover una vida decente para las familias de agricultores. Al igual que el P1MC, el programa P1+2 debe consolidarse como política pública sobre la base de sus resultados, que han demostrado la posibilidad de cambiar el curso del desarrollo regional, permitiendo que las familias pasen de la posición que ocupaban 'por debajo' de la línea de la pobreza a lograr el umbral de dignidad y ciudadanía en este país.



26

NATURALEZA VIVA

Remo Vénica¹, Irmina Kleiner

¹ Autor para correspondencia

Teléfono: +54 03482 4980723; Correo electrónico: ventas@natviva.com



© Ana Mairat

INTRODUCCIÓN

Naturaleza Viva¹ es una granja agroecológica localizada en Guadalupe Norte, en la provincia de Santa Fe, Argentina. Estamos situados a 815 kilómetros al norte de la ciudad de Buenos Aires. En 200 hectáreas de suelos de tercera categoría producimos leche, quesos, yogur, requesón, mantequilla, nata, mermeladas, miel, zumos, conservas, salchichas, aceites y harina integral. Nuestros productos están libres de contaminantes, como agroquímicos, organismos modificados genéticamente, hormonas y antibióticos.

¹ Para más información sobre Naturaleza Viva consultar: www.naturalezavivaargentina.jimdo.com. Se puede ver una entrevista a los fundadores, Remo e Irmina, en el canal YouTube de la FAO: www.youtube.com/watch?v=kquQQf0PGgI&index=4&List=PLzp5NgJ2-dK6MxE6JDy4-FLLbuLUfQfHe.



Consideramos nuestra granja un organismo vivo, que contiene elementos y criaturas que conviven e interactúan entre sí: suelo, agua, aire, sol, plantas, animales y seres humanos. En este organismo vivo, el ser humano es un administrador de los procesos productivos basados en los ritmos de la naturaleza, como el clima, las estaciones y las fuerzas cósmicas.

Nuestro objetivo diario es producir alimentos sanos y que den vida, y lograr la sostenibilidad ecológica, económica y social.

NUESTRO ENFOQUE PRODUCTIVO: INTEGRACIÓN

En 1987, comenzamos un proceso agroecológico en el que, paso a paso y mediante pruebas y errores, construimos de manera gradual Naturaleza Viva, imitando prácticamente los procesos biológicos de la Madre Naturaleza. En ese año, dejamos de utilizar insumos que afectaban negativamente a la vida y adoptamos metodologías que multiplicaban los procesos naturales del suelo.

Se trató de una decisión que iba contra la corriente. En nuestro ámbito, el monocultivos se difundía, junto con el éxodo rural, el uso de agroquímicos y el envenenamiento de los agricultores. Aprendimos a pasar de una práctica de diversidad productiva a otra de integración. Estamos orgullosos de los ciclos de producción que se pueden observar en nuestra granja. La mayoría de los materiales de desecho se reutilizan como insumos en las siguientes fases del ciclo. Por ejemplo, las vacas se alimentan en nuestros pastos, nos dan leche con la que fabricamos quesos. El suero, producto de desecho de la preparación de los quesos, se utiliza para alimentar a los cerdos y vacas, con los cuales producimos salchichas. Luego, con la producción de nuestros campos de girasoles fabricamos aceite y la torta del prensado su utiliza para alimentar a las vacas, los cerdos y las aves de corral. El excremento de los cerdos y vacas se utiliza como insumo para nuestros biodigestores. El gas producido se utiliza en los procesos de preparación de alimentos en las casas de nuestra granja. Los biodigestores también producen fertilizantes para el campo y para nuestros huertos de hortalizas y frutas. Nuestro objetivo es seguir mejorando la integración para aumentar la eficiencia energética y productiva de la granja.

Con el transcurso de los años, nos dimos cuenta de que era esencial llevar al mercado productos con valor añadido. Dejamos de vender nuestra producción primaria y comenzamos a vender productos elaborados. Esto nos permitió aumentar considerablemente los ingresos de la granja y reducir nuestra exposición a las fluctuaciones del mercado.

NUESTRA HISTORIA

Naturaleza Viva se creó en 1987, pero sus raíces se remontan al Movimiento Rural de Acción Católica en el que participamos desde 1968 hasta 1972. Las ligas y movimientos agrarios surgidos en la Argentina a finales de la década de 1960 y comienzos de la década de 1970 alentaron la organización de pequeños productores y trabajadores rurales. Luchamos por acabar con los monopolios y garantizar un nivel justo de precios y la propiedad de la tierra. Nuestra



participación en el movimiento de cambio social dio lugar a la persecución política. En 1975, nos refugiarnos en el monte para escapar a los grupos militares, que un año después tomarían el poder e impondrían el terrorismo de Estado hasta 1983. La dictadura militar en la Argentina dejó 30 000 militantes sociales desaparecidos. Nosotros estuvimos entre los que lograron escapar. Pasamos cuatro años en el monte chaqueño, donde nacieron dos de nuestros hijos.

Una paradoja de nuestra historia es que cuando logramos salir del país en 1979, la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) nos acogió como refugiados. En 2014, la FAO nos invitó a presentar nuestra experiencia en materia de agricultura en el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición.

Cuando pudimos regresar al país en 1983, lo hicimos con dos experiencias opuestas. La experiencia de vida en el monte, que nos enseñó más sobre las relaciones con la naturaleza, y la experiencia de vivir en grandes ciudades europeas con elevados niveles de contaminación, consumismo y despilfarro.

De vuelta a nuestra tierra, propusimos promover un sistema de producción y un modelo de desarrollo rural que fueran diferentes de los que nos habían impuesto anteriormente. Considerábamos que manteníamos vivos los sueños de los camaradas desaparecidos y asesinados. Nuestro compromiso es con una forma de hacer y crear, que resuelve los problemas del hambre y protege el planeta.

LO QUE APRENDIMOS Y LO QUE LOGRAMOS

A partir de 1987, aprendimos a distanciarnos de una agricultura basada en insumos externos, crecientes costos para los agricultores y técnicas de control de enfermedades, insectos y malas hierbas basadas en el exterminio: lo que llamamos “tecnologías de muerte”.

En cambio, desarrollamos nuestras tecnologías propias, basadas en la inventiva y la práctica diarias, con el propósito de fortalecer la vida y la fertilidad. A estos efectos, nos preocupamos por garantizar que los nutrientes fueran retenidos en nuestra tierra. Aprendimos a vender energía nutricional y no minerales. En 27 años, Naturaleza Viva ha crecido y alcanzado muchos logros:

- » Cuando comenzamos, teníamos 30 árboles, hoy tenemos 15 000.
- » El fósforo en el suelo pasó de 5 a 25 ppm, y hemos duplicado la cantidad de material orgánico en la tierra
- » Éramos una familia y ahora 15 de nosotros viven de los ingresos de la granja.
- » Ahora tenemos casas construidas con materiales naturales presentes en nuestra granja, como adobe, caña y arcilla. Son casas con un mayor confort térmico y un reducido costo energético.
- » Hemos pasado de vender productos primarios a comercializar productos elaborados. Nuestros productos llegan a una amplia red de consumidores en todo el país, que buscan alimentos naturales libres de contaminación. Estimamos que más de 10 000 familias disfrutan actualmente de este beneficio, y la tendencia actual de crecimiento es exponencial.

Hemos establecido lazos con redes de consumidores ecológicamente conscientes en diferentes regiones del país. Esto nos permiten transmitir a nuestros compradores la noción de que el consumo también está vinculado a los ciclos estacionales, que las existencias permanentes



todo el año son imposibles, y que no todas las prácticas de producción no industriales son iguales. Trabajamos con ellos para elaborar normas alternativas de intercambio que no estén vinculadas meramente a la oferta y la demanda. Nos hemos comprometido a garantizar que nuestros productos lleguen a las mesas de nuestros consumidores a precios acordes con los costos de producción. En nuestra red de comercialización hay más de 600 compradores directos.

Las operaciones en la granja están abiertas a las comunidad, y recibimos visitas de escuelas, delegaciones y familias interesadas en conocer nuestra experiencia. Cada año, recibimos 1 800 visitantes y unos 60 pasantes y voluntarios.

Figura 1. **Producción anual de Naturaleza Viva**

NUESTRA PRODUCCIÓN ANUAL	
70 toneladas de girasol	= 25 000 litros de aceite
65 toneladas de trigo	= 65 toneladas de harina
5 toneladas de linaza (20-70 litros de aceite prensado por hora)	= 1 750 litros de aceite
130 vacas y 120 terneras	= 20 000 kilogramos de carne
70 cerdos	= 7 000 kilogramos de carne
	5 000 kilogramos de dulce de leche
	30 000 kilogramos de queso gouda
	Yogur, mantequilla, requesón
Árboles frutales	Mermeladas, zumos, jarabes de frutas
Otras harinas integrales, maíz, amaranto, soja, sésamo, linaza y arroz, pan integral	
Reservas de pastos para el invierno	
Apicultura	
Cría de aves de corral	
Plantas medicinales (ruda, manzanilla, ortiga verde, romero, lavanda, aloe vera, caléndula)	

LA NUEVA RURALIDAD

En 2014, apenas el 7 por ciento de la población argentina vivía en el campo. Se puede conducir durante horas a través de la inmensa pampa deshabitada antes de llegar a los cordones urbanos, donde se vive en condiciones precarias y de sobrepoblación. Esta situación se traduce en una distribución desigual de la población, con un desarrollo social no inclusivo. El desarrollo territorial y los sistemas productivos deben cambiar. La solución a los problemas del hambre, la producción y la urbanización consiste en proponer una nueva ruralidad.

Si repitiéramos la experiencia de Naturaleza Viva en toda la Argentina, el número de agricultores y trabajadores agrícolas se podría elevar de 400 000 a 4 millones, y podrían vivir decentemente en las zonas rurales produciendo alimentos diversificados y de alta calidad. La Argentina tiene más de 40 millones de hectáreas de tierra agrícola, con suelos muy fértiles en su mayor parte.



Con esta nueva ruralidad se podría revertir la situación de desolación de nuestro campos y crear auténticos puestos de trabajo. Si en lugar de pagar a las grandes empresas por los agroquímicos, invirtiéramos en la creación de puestos de trabajo formales a través de la agroecología, podríamos impulsar el desarrollo local de comunidades hoy olvidadas. Esta nueva realidad también implicaría cambiar la función que cumplen los profesionales agrícolas y abrir espacios para que otras disciplinas participen en la elaboración del nuevo modelo.

Cada nuevo productor agroecológico que se establezca y crezca contribuirá a la salud de todo el pueblo argentino. Estamos convencidos de que con este modelo de desarrollo podemos multiplicar los ingresos de país y lograr una vida de buena calidad tanto en el campo como en la ciudad.



27

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA URBANOS Y PERIURBANOS

David Colozza, John Choptiany

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia
Correo electrónico: David.Colozza@fao.org; John.Choptiany@fao.org

Nota: El presente capítulo se basa en la presentación hecha por Rilma Roman, de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños de Cuba (ANAP), en el Simposio Internacional



© FAO

ANTECEDENTES: CAMBIO DE PARADIGMA TRAS LA REVOLUCIÓN

La agricultura en Cuba se modernizó rápidamente después de la Revolución de 1959. La producción comenzó a depender cada vez más del paquete tecnológico de la Revolución Verde, como semillas híbridas, cuantiosos insumos químicos y uso de maquinaria. Gran parte de estos insumos se importaban, aunque Cuba también cumplía el papel de proveedor de productos básicos agrícolas, en su mayor parte cultivos de exportación producidos en sistemas de monocultivo (Rosset, 2005).



La caída de la Unión Soviética y el embargo impuesto por los Estados Unidos de América pusieron fin a una época de acceso fácil y barato a los insumos químicos, que hizo posible la rápida expansión de la Revolución Verde en Cuba. A comienzos del decenio de 1960, tras el anuncio por parte del Gobierno del inicio del programa de austeridad conocido como período especial en tiempos de paz, las importaciones de petróleo se redujeron en más de la mitad y el acceso al riego y las importaciones de productos alimenticios también experimentaron fuertes reducciones (Rosset, 2005). Tras decenios de dependencia con respecto a los productos químicos para la producción agrícola, estos cambios tuvieron graves consecuencias en el pueblo cubano, como inseguridad alimentaria, bajos niveles de productividad agrícola y degradación del medio ambiente. En especial, los suelos se vieron afectados por niveles crecientes de degradación, por ejemplo, salinidad, baja retención de la humedad y bajo contenido de materia orgánica, que contribuyeron a limitar la productividad.

El país necesitaba con urgencia aumentar la producción para atender las necesidades alimentarias de la población. A estos efectos, se realizó un esfuerzo encaminado a orientar la producción hacia un modelo orgánico de bajos insumos. En el marco de este paradigma, el Gobierno alentó el uso de prácticas ecológicas, como los biofertilizantes, las lombrices, el compost, los sistemas agropecuarios integrados y el cultivo intercalado. En lugar de plaguicidas y herbicidas, se aplicaron métodos biológicos para eliminar las malas hierbas y controlar las enfermedades, y los insumos orgánicos reemplazaron a los insumos agroquímicos, de los que ya no se podía disponer (Kissing *et al.*, 2009).

LA REDISTRIBUCIÓN DE LA TIERRA Y EL MOVIMIENTO DE AGRICULTORES URBANOS Y PERIURBANOS

El apoyo del Gobierno fue un factor muy importante en el fortalecimiento y extensión de los esfuerzos del movimiento de pequeños agricultores agroecológicos. En los primeros años después de la Revolución, en el marco de los esfuerzos para la reconversión del sector agrícola nacional, se fomentó la agricultura privada mediante un proceso de reforma agraria que transformó los grandes latifundios estatales, que representaban el 80 por ciento de la tierra agrícola del país, en cooperativas de propiedad de los agricultores (Rosset, 2005). Además, el Gobierno comenzó a apoyar la creación de microgranjas urbanas y periurbanas en tierras de propiedad estatal que habían sido abandonadas (Altieri y Funes-Monzote, 2012). Un número creciente de personas comenzó a buscar pequeños espacios vacíos en zonas urbanas para recuperarlos y aprovecharlos para la producción agrícola. A menudo, esto se hizo a través de la técnica de los *organopónicos*, o huertos urbanos y periurbanos de elevado rendimiento, que se establecieron mediante la construcción de barreras protectoras alrededor de surcos abiertos en la tierra. Estos huertos permitieron a los habitantes urbanos locales de aprovechar los suelos pobres y restaurarlos gradualmente mediante la aplicación de materia orgánica sobre el terreno y el uso de tecnologías agroecológicas con bajo nivel de insumos, como el manejo integrado de plagas, la rotación de cultivos y el riego por goteo (FAO 2014). Estos huertos orgánicos ayudaron a garantizar alimentos suficientes para el consumo familiar e hicieron que los cultivos hortícolas – que hasta



entonces habían recorrido largas distancias, con la consiguiente pérdida de calidad y elevado consumo de combustibles para el transporte – se acercaran a las ciudades. Lejos de ser una forma de agricultura de subsistencia, estos huertos pueden producir una amplia variedad de hortalizas durante todo el año, con rendimientos de hasta 20 kilogramos por metro cuadrado (FAO, 2014).

La agricultura agroecológica urbana y periurbana en Cuba sigue contando con el fuerte apoyo del Gobierno y está enmarcada dentro de dos planes nacionales. Entre otras iniciativas normativas, la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO) se creó a partir del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana para contribuir a mejorar la armonización de la agricultura cubana con los principios agroecológicos. La ACAO trabaja para mejorar el conocimiento de los principios agroecológicos, promover la investigación y la enseñanza, coordinar las actividades agrícolas y asesorar a los productores, gobiernos y organizaciones no gubernamentales (ONG).

El movimiento agroecológico ha avanzado junto con el método de ‘campesino a campesino’, el enfoque de los servicios de extensión que se basa en el principio de que los agricultores tienen mayor interés en seguir las recomendaciones de otros agricultores exitosos que las de los extensionistas (Rosset *et al.*, 2011). En los últimos veinte años, más de 100 000 familias – es decir un tercio de todos los agricultores de Cuba – han participado en el movimiento, trabajando en patios, pequeñas granjas y parcelas cuya dimensiones no superaban las 2-3 hectáreas (Machín Sosa *et al.*, 2013). Estos sistemas favorecen la interacción entre la producción de cultivos y animales, optimizan y aprovechan al máximo la tierra y los espacios disponibles y estimula la producción local. El resultado es un sistema que es, a la vez, sostenible e independiente, capaz de reciclar grandes cantidades de nutrientes y de aprovechar el potencial de los recursos locales.

Como consecuencia, Cuba ha logrado aumentar el número de personas involucradas en la agricultura mediante la inclusión de personas que nunca habían trabajado antes en el sector. Esto contrasta con el escenario mundial de descenso del número de agricultores. Sólo en La Habana, la agricultura urbana y periurbana cuenta con alrededor de 35 000 hectáreas de tierra, que comprenden no sólo los jardines organopónicos, sino también 300 huertos intensivos y centenares de granjas y ganaderas (FAO 2014). Esta agricultura suministra el 50 por ciento de las hortalizas y frutas frescas que se producen en el país y ha generado más de 300 000 puestos de trabajo, el 23 por ciento de los cuales ocupados por mujeres, y el 26 por ciento por jóvenes menores de 35 años (AUSC, 2015).

Además de fomentar el empleo y aumentar la producción agrícola, el movimiento cumple un papel importante en la conservación y mejora de los recursos naturales, entre ellos el suelo, y en la promoción de la participación no sólo de los agricultores, sino también de las mujeres, niños y familias enteras. Los técnicos agrícolas de alrededor de 3 000 círculos de interés en todo el país involucran a los jóvenes mediante el intercambio de conocimientos sobre producción urbana de alimentos y agricultura agroecológica, ayudándolos a redescubrir los aspectos productivos de la agricultura, los valores ecológicos y el respeto por la naturaleza (FAO, 2014).



Figura 1. **Agricultura urbana y periurbana en La Habana, Cuba**

NÚMERO DE HABITANTES QUE TRABAJAN EN ALGUNA FORMA DE AGRICULTURA	SUPERFICIE DESTINADA A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (HA)	HORTALIZAS (TONELADAS)	FRUTAS (TONELADAS)	RAÍCES Y TUBÉRCULOS (TONELADAS)	LECHE DE VACA, BÚFALA Y CABRA (MILLONES DE LITROS)	CARNE (TONELADAS)
90 000	35 900	63 000	20 000	10 000	10.5	1 700

Notas: Los datos de la producción son del año 2012

Fuente: FAO, 2014

CONCLUSIONES

Cuba representa un buen ejemplo de la forma en que la pequeña agricultura agroecológica puede ser una alternativa viable para producir cultivos alimentarios de manera sostenible a escala nacional. Mediante una estrategia polifacética basada en la aplicación en gran escala de técnicas agroecológicas de bajo costo, la promoción de programas de educación e intercambio de conocimientos, y el decidido apoyo gubernamental, Cuba ha conseguido atender las necesidades alimentarias de su población, mejorando notablemente la producción de alimentos en poco más de dos decenios. Aunque las soluciones puestas en marcha en Cuba puede, en parte, ser el resultado de condiciones locales propicias en los ámbitos institucional y ambiental, la adaptación de las prácticas agroecológicas (por ejemplo, técnicas de riego de bajo costo, rehabilitación del suelo mediante el uso de fertilizantes orgánicos y estrategias de manejo integrado de plagas) a diferentes contextos, desempeñará un papel importante en la difusión y aplicación en mayor escala de las prácticas de producción ecológicas, y reducirá considerablemente los efectos de los sistemas de producción agrícola convencionales en los seres humanos y el medio ambiente. Además, la aplicación de prácticas agroecológicas en sistemas urbanos y periurbanos en los próximos decenios ayudará a hacer frente a algunas de las cuestiones que afectarán específicamente a estas zonas como consecuencia del previsto aumento del número de habitantes urbanos. Entre las cuestiones críticas que la agricultura agroecológica urbana puede ayudar a resolver figuran las presiones sobre la infraestructura urbana (porque reduce la necesidad de agua y ofrece mayor capacidad de retención del agua de lluvia), la contaminación del agua y el aire (gracias al uso reducido de químicos) y la seguridad alimentaria urbana, al acortar la cadena alimentaria y proporcionar alimentos que, además de ser de alta calidad, tienen mayor valor nutricional y menor costo para los habitantes de las ciudades.



REFERENCIAS

- Altieri, M.A. & Funes-Monzote, F.R.** 2012. The paradox of Cuban agriculture. *Monthly Review*, 63(8): 23-33.
- AUSC.** 2015. Agricultura Urbana - Boletín Informativo. *Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana*, 20 de abril de 2015 (disponible en: www.ausc.co.cu/index.php/boletin-de-la-agricultura-urbana/finish/13-2015/133-boletin-no-9-edicion-extraordinaria).
- FAO.** 2014. *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Informe de la FAO sobre agricultura urbana y periurbana en la región. Roma
- Kissing, L, Pimentel, A. & Valido, M.** 2009. Participatory soil improvement: A Cuban case study in fertility management. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 43-52.
- Machín Sosa, B., Roque Jaime, A.M., Ávila Lozano, D.R., & Rosset, P.M.** 2013. *Agroecological Revolution: The Farmer-to-Farmer Movement of the ANAP in Cuba*. Jakarta, ANAP & La Vía Campesina (disponible en: www.viacampesina.org/downloads/pdf/en/Agroecological-revolution-ENGLISH.pdf).
- Rosset, P.M.** 2005. Cuba: A Successful Case Study of Sustainable Agriculture. In L. King & D. McCarthy, eds. *Environmental Sociology: From Analysis to Action*, pp. 430-438. Lanham, MD, USA, Rowman & Littlefield Publishers Inc.
- Rosset, P.M., Machín Sosa, B., Roque Jaime, A.M., & Ávila Lozano, D.R.** 2011. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of peasant studies*, 38(1): 161-191.



28

AGRICULTURA INTENSIVA Y REGENERADORA SONGHAI: UN SISTEMA AGROECOLÓGICO QUE DESPLIEGA EL CAPITAL AMBIENTAL DE ÁFRICA

Rev. Father Godfrey Nzamujo

Centro Songhai, Porto-Novo, Benin

Correo electrónico: songhai@songhai.org



© FAO/Olivier Asselin

EL MODELO AGRÍCOLA SONGHAI

El primer paso para resolver los problemas a que hacemos frente hoy es darse cuenta de que son completamente diferentes a los que habíamos visto antes. No se trata sólo de uno o dos problemas aislados. La crisis es global y polifacética. Los problemas de seguridad alimentaria, conflictos sociales y degradación del medio ambiente parecen estar relacionados entre sí, lo que indicaría que estamos ante un problema sistémico que exige un enfoque amplio y holístico.



Lamentablemente, la mayoría de las soluciones que hemos observado hasta ahora parecen ser terapias asistemáticas y sintomáticas, que pocas veces funcionan. Trabajamos a partir de un paradigma mecanicista elaborado hace siglos. En el mejor de los casos, estas soluciones son simplemente parches temporales. Sin embargo, muchas veces terminan creando más problemas. Hoy, cada vez más personas se dan cuenta de que hemos llegado a un punto de la historia en que se necesitan cambios profundos.

Resulta claro que las soluciones a nuestros problemas ya no se pueden encontrar en la actual lógica cotidiana. Necesitamos un cambio radical de nuestra visión del mundo y del modo de pensar, que comprenda la manera en que nos vemos a nosotros mismos y nos relacionamos con los demás, nuestras relaciones con el medio ambiente, nuestras orientaciones científicas y técnicas, nuestros sistemas de producción y las formas en que intercambiamos y consumimos nuestros productos y servicios.

Las ciencias modernas ponen a nuestro alcance marcos renovados y fundamentalmente diferentes para explicar nuestra dinámica humana y la de nuestro planeta. A partir de estas fuentes, ha aparecido un paradigma sistémico denominado biomimetismo, con orientaciones tecnológicas completamente nuevas y diferentes. Este paradigma nos invita y nos reta a aprender de los principios fundamentales en que se basa el funcionamiento de nuestro planeta, que existe hace más de tres mil millones de años.

Songhai piensa que si observamos nuestro planeta desde este punto de vista mundial, estaremos en condiciones mejores de concebir la salida de estas crisis interrelacionadas. Si queremos realmente diseñar y establecer organizaciones, industrias, y actividades económicas que puedan resolver nuestros actuales problemas diarios, debemos hacer nuestro este nuevo paradigma y desplegarlo. Algunos de sus principios son:

- » sinergia;
- » simbiosis;
- » complementariedad;
- » colaboración;
- » supletoriedad.

La iniciativa Songhai se puede considerar como el aprovechamiento de estos principios para desarrollar trayectorias tecnológicas y de desarrollo nuevas y adecuadas. Es un sistema integrado de desarrollo que crea orgánicamente relaciones dinámicas y sinergias entre el medio ambiente, la agricultura, la industria y los servicios, y también en el interior de cada uno de estos subsistemas. Desde esta perspectiva, la base de la sostenibilidad es producir más con menos.

Songhai elabora y promueve un proceso que se esfuerza por aprovechar las fuerzas regeneradoras de la naturaleza para fomentar una agricultura que, además de ser multifuncional, refuerce los ciclos y trayectorias beneficiosas para:

- » producir alimentos en cantidades suficientes para promover una vida sana y la prevención de enfermedades;
- » mejorar el medio ambiente (salud del suelo, red alimentaria, estructura del suelo, etc.);
- » fomentar la sostenibilidad y la biodiversidad.



Un estrategia de desarrollo basada en una agricultura de este tipo ofrece muchas ventajas. No sólo es segura, asequible económicamente, de alto rendimiento, de elevada calidad y sostenible, también es eficaz para resolver los problemas ambientales en zonas urbanas y rurales, y para establecer una base sólida para una economía inclusiva y diversificada.

Una importante propuesta de valor de la iniciativa Songhai es el compromiso de romper los ciclos viciosos de la pobreza que subyacen a los conflictos socioeconómicos en los países en desarrollo. Esto se logra mediante la creación de un sistema agrícola integrado y natural basado en insumos de bajo costo y el reciclaje de los subproductos y desechos. Es un sistema agrícola específico a cada lugar, porque procura aprovechar los servicios aportados por el ecosistema en el que se aplica y crear productos con cualidades específicas que reflejen la influencia del territorio.

En Songhai, estamos comprometidos con el fomento de tecnologías agrícolas regeneradoras que se valgan de las fuerzas sinérgicas de la naturaleza, ignoradas por los métodos convencionales. Para nosotros, resulta claro que la agricultura del futuro ya no se basará en procesos químicos, sino fundamentalmente en procesos biológicos. Hemos aprendido de nuevo el modo en que practicamos la agricultura, desde la forma en que consideramos al suelo y su fertilidad, hasta la manera en que conservamos, alimentamos y protegemos nuestras plantas y animales, pasando por el modo en que los condicionamos y comercializamos.

En otras palabras, debemos aprender cómo aprovechar nuestro capital ambiental. Sólo de esta manera podremos transformar el sector rural en un sector productivo eficiente y remunerador y, al mismo tiempo, resolver los problemas de empleo y ralentizar el éxodo masivo de las poblaciones de las zonas rurales. Es indispensable que nuestro sector rural sea sostenible y competitivo. Este es el camino necesario hacia una economía viable, de base amplia e inclusiva.

Songhai recomienda desbloquear el potencial del capital ambiental de África, en particular el fomento de suelos vivos y sanos. Creemos que el mantenimiento de suelos vivos y sanos, que denominamos 'supersuelos', crea un entorno propicio que maximiza las sinergias, como la asociación simbiótica realizada por los hongos micorrícicos. Los suelos sanos repercuten positivamente en la red alimentaria edáfica y mejoran la estructura de los suelos. En cambio, el uso de fertilizantes sintéticos puede alterar estas interacciones. El fomento de suelos vivos y sanos aumenta la disponibilidad de nutrientes en las plantas y refuerza las condiciones ambientales propicias. Por último, promueve la salud y productividad de las plantas y contribuye a nuestra visión de un desarrollo socioeconómico sostenible.



Conclusiones y Recomendaciones





29

RECOMENDACIONES Y PRÓXIMAS MEDIDAS PARA AMPLIAR EL ALCANCE DE LA AGROECOLOGÍA



© FAO/James Batchelor



INTRODUCCIÓN

Como lo demuestra la creciente y sólida base empírica, la agroecología puede dispensar numerosos beneficios a las personas y el medio ambiente. La agroecología refuerza la seguridad alimentaria y nutrición, al tiempo que mantiene la salud de los ecosistemas, que son la base de la producción agrícola. Ayuda a producir alimentos donde más se necesitan, mediante la restauración de los paisajes degradados. En virtud de la importancia atribuida a la maximización de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, que la naturaleza presta de manera gratuita, la agroecología se adapta a la realidad de los pequeños agricultores. Además, el mercado hincapié en las interacciones sociales empodera a los agricultores y comunidades, creando oportunidades para el fomento de medios de vida sostenibles. Dado que las repercusiones del cambio climático son ya una realidad, la agroecología puede desempeñar un papel clave en la adaptación y mejora de la resiliencia de las personas más pobres y vulnerables que viven en las zonas rurales de los países en desarrollo.

Basándose en estas sinergias, la agroecología tiene grandes posibilidades de contribuir al logro de la agenda para el desarrollo sostenible después de 2015. Los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible están muy integrados e interrelacionados, y reconocen la importancia de colmar el vacío entre agricultura y medio ambiente, al tiempo que generan empleo rural y medios de vida sostenibles. En este contexto, la agroecología representa un paradigma integral para la seguridad alimentaria y el desarrollo, que tiene en cuenta la necesidad de sistemas productivos y regeneradores que sean adaptables al cambio climático y socialmente equitativos.

Durante el Simposio Internacional sobre Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, la FAO ofreció un foro neutral para examinar el papel de la agroecología en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y nutrición de manera sostenible. El Simposio inauguró un diálogo mundial, en el que los principales interesados, representantes de los gobiernos, la sociedad civil, el mundo científico y académico, el sector privado y el sistema de las Naciones Unidas, se reunieron para intercambiar experiencias en materia de agroecología. A partir de las lecciones aprendidas, se han señalado las siguientes recomendaciones y medidas para ampliar el alcance de la agroecología.

RECOMENDACIONES Y PRÓXIMAS MEDIDAS

Continuar el diálogo a nivel regional y nacional

Sobre la base del éxito del Simposio Internacional, la FAO seguirá promoviendo un marco para el diálogo internacional sobre la agroecología, comenzando con tres reuniones regionales en 2015. La primera reunión regional sobre agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe se celebró con muy buenos resultados en Brasilia, Brasil, del 24 al 26 de junio de 2015. Las otras dos reuniones se celebrarán en África y Asia, en noviembre de 2015. China, Europa y América del Norte también han manifestado interés en organizar reuniones regionales en el futuro.



A través de las reuniones regionales, incluida la participación de la sociedad civil y otras partes interesadas, los países continuarán los debates iniciados en Roma conforme avancen en la puesta en marcha de iniciativas y estrategias para el fomento de la agroecología. En el marco de iniciativas regionales, como la Iniciativa sobre Agricultura Ecológica y Orgánica de la Unión Africana o la labor de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC) sobre la agricultura, ya se han adoptado medidas para la promoción de prácticas y políticas que apoyen los principios agroecológicos. Estas iniciativas constituyen una oportunidad para que la Cooperación Sur-Sur elabore medidas concretas en apoyo de la agroecología.

Las siguientes iniciativas que la FAO emprenda en materia de agroecología se definirán sobre la base de las reuniones regionales y del interés y las necesidades de las partes interesadas.

Seguir reforzando la base empírica en apoyo de la agroecología

Los sistemas agroecológicos son intensivos en conocimientos y basados en el saber científico. El Simposio Internacional ayudó a fortalecer y consolidar la base empírica en apoyo de la agroecología, con contribuciones fundamentales que se incluyen en estas Actas. Sin embargo, sigue existiendo una gran desigualdad en la atención que la investigación presta a los sistemas agroecológicos con respecto a la agricultura convencional. En 2008, la Evaluación internacional del conocimiento, la ciencia y la tecnología en el desarrollo agrícola llegó a la conclusión de que un aumento y fortalecimiento del conocimiento, la ciencia y la tecnología agrícolas a favor de las ciencias agroecológicas contribuiría a hacer frente a las cuestiones ambientales y, al mismo tiempo, conservaría y aumentaría la productividad. Esto exige la adopción de un nuevo enfoque interdisciplinario de la investigación agrícola que tenga en cuenta la complejidad. Los enfoques agroecológicos se centran principalmente en los recursos disponibles localmente, combinan el saber científico con los conocimientos tradicionales, atribuyen a los productores un papel protagónico en los procesos de aprendizaje e innovación, y consideran los conocimientos como el fruto de la cooperación de los productores y los científicos formales.

El Simposio también puso de relieve varias preguntas y ámbitos que necesitan investigarse más a fondo:

- » Una pregunta fundamental es ¿Cuán difundida está la práctica de la agroecología? ¿Cuántos productores practican métodos agroecológicos en el mundo, y en qué escala?
- » En el Capítulo 16 de estas Actas se describen a grandes rasgos los factores de la organización social que han contribuido a aplicar la agroecología en una escala mayor; sin embargo, también se indica la necesidad de dar prioridad a la ciencia social y los estudios independientes por parte de los movimientos sociales para ayudar a extraer lecciones sistemáticas de las experiencias exitosas;
- » ¿Cuáles son las relaciones entre los sistemas agroecológicos y los factores dietéticos que influyen en la salud y las enfermedades? En el Capítulo 18 se hace un llamamiento urgente a la investigación transdisciplinaria en materia de agricultura, ecología y salud pública para explorar estas relaciones;



- » ¿Qué impacto tienen los sistemas agroecológicos en las variables socioeconómicas? En el Capítulo 19 figura un análisis preliminar a este respecto y se señalan las prioridades de investigación futuras en este ámbito;
- » ¿Qué forma deben asumir las inversiones en la agroecología y de qué manera pueden catalizar un cambio transformador?
- » ¿De qué manera el sector privado puede mejorar su contribución para hacer que los sistemas alimentarios sean más sostenibles?
- » ¿De qué manera se pueden crear mercados para los productos agroecológicos, y cómo fortalecerlos en el caso de que ya existan?

En este ámbito, la FAO considera que le corresponde el papel de facilitador entre los diferentes actores, como los programas nacionales de investigación y desarrollo, el mundo académico, los movimientos sociales, las asociaciones de agricultores y el sector privado, para contribuir al fortalecimiento de la base empírica en apoyo de la agroecología.

Promover y fortalecer redes en apoyo de la agroecología

La agroecología ya se está practicando sobre el terreno, difundiéndose a través de los movimientos sociales y metodologías como la de 'campesino a campesino'. Estos enfoques han obtenido muy buenos resultados en cuanto a la promoción de las innovaciones de los agricultores y el intercambio horizontal entre colegas. Estos movimientos involucran a una gran número de campesinos y agricultores familiares en procesos autorganizados. Debido a que la agroecología se basa en las condiciones socioecológicas locales, los métodos de proceso social ofrecen ventajas considerables con respecto a los métodos de extensión tradicionales de arriba abajo, que prescribe paquetes tecnológicos listo para usar.

Los países, ONG, organizaciones intergubernamentales como la FAO, y otras instituciones internacionales pueden ayudar a catalizar la difusión de la agroecología prestándoles apoyo a estos movimientos y redes sociales existentes. Estos pueden aprender de las experiencias de organizaciones como La Vía Campesina para apoyar redes agroecológicas en países y regiones en que la agroecología es un concepto reciente y en evolución.

Una medida concreta es establecer nuevas redes de agricultores-investigadores para apoyar y empoderar a los pequeños productores, promover sus conocimientos locales y tradicionales, y mejorar el ciclo investigación-innovación para reforzar los medios de vida rurales y los sistemas alimentarios sostenibles. La visión de la FAO es conectar a estas redes de agricultores-investigadores a través de un Centro de conocimientos agroecológicos en Internet. La FAO integrará en mayor medida la agroecología en sus actividades en curso a nivel nacional, incluido el desarrollo de un programa de estudios para las escuelas de campo para agricultores. El enfoque participativo de las escuelas de campo para agricultores, que atribuye prioridad al aprendizaje por la experiencia, se adapta bien a la prestación de apoyo al desarrollo de capacidad en materia de enfoques agroecológicos.



Apoyo normativo para establecer un entorno propicio a la agroecología, la pequeña agricultura familiar y la agrobiodiversidad

La agroecología ha entrado a formar parte del vocabulario de los gobiernos y órganos internacionales, con el establecimiento de políticas en numerosos países de América Latina y Europa. El Brasil y Francia han adoptado planes agroecológicos nacionales. Los enfoques agroecológicos han sido reconocidos, entre otros, en el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, en el informe de 2013 del Secretario General de las Naciones Unidas sobre Tecnología Agrícola para el Desarrollo y por la 17ª Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Este reconocimiento demuestra que los procesos normativos pueden contribuir a difundir en mayor medida la agroecología en los ámbitos nacional e internacional.

El apoyo normativo ayuda a crear un entorno propicio para la extensión de la agroecología. Durante el Simposio Internacional se señalaron varias prioridades concretas:

- » Proteger los derechos de los pequeños agricultores y los agricultores familiares de acceder sin costo alguno a la agrobiodiversidad, que es un insumo esencial para el sistema agroecológico, aunque cada vez más limitado;
- » Conservar la agrobiodiversidad como un recurso esencial para la adaptación futura, mediante medidas *in situ* y *ex situ*;
- » Internalizar las externalidades ambientales en los costos de producción para poner a los sistemas agroecológicos en igualdad de condiciones con la agricultura industrial convencional;
- » Ofrecer a los productores y administradores de tierras incentivos para promover la protección y mejora de los servicios ecosistémicos mediante las buenas prácticas agrícolas;
- » Fortalecer las relaciones entre las políticas agrícolas y las políticas nutricionales;
- » Promover circuitos de comercialización cortos y sistemas alimentarios locales (por ejemplo, mediante políticas en materia de adquisiciones).

La FAO está lista para ayudar a los países miembros interesados en la promoción de nuevas oportunidades en materia de agroecología, como ofrecer apoyo para la definición y aplicación de políticas, estrategias e innovaciones que contribuyan a los sistemas alimentarios sostenibles.

Invertir en la agroecología

La mayoría de las inversiones en investigaciones agrícolas realizadas durante los últimos cinco decenios se han dirigido a los monocultivos. Como consecuencia, existe una necesidad urgente de reorientar las inversiones hacia aplicaciones de la agroecología para abordar los problemas actuales y futuros a que hacen frente los sistemas alimentarios.

Un destacado grupo de 300 científicos y expertos de los Estados Unidos de América ha publicado recientemente una declaración de apoyo a la inversión pública en la investigación agroecológica (*Statement of Support for Public Investment in Agroecological Research*¹), en la que

¹ <http://www.ucsusa.org/our-work/food-agriculture/solutions/advance-sustainable-agriculture/scientists-call-public-investment-agroecology#.Vhu8nrSqBd>



se hace un llamamiento a favor de una mayor inversión pública en la investigación agroecológica. Hacen notar que el historial de la agroecología demuestra que puede ofrecer soluciones eficaces en función de los costos a los problemas agrícolas. Además, los otros enfoques, aunque también ofrecen soluciones prometedoras, tienen mayores probabilidades de beneficiarse del apoyo del sector privado. La agroecología tiene menos probabilidades de recibir este apoyo debido a que una de sus metas es reducir la dependencia de los agricultores con respecto a la adquisición de insumos agrícolas externos. Esta situación hace que el sector público sea el principal responsable de financiar la investigación agroecológica en el interés de los agricultores y la sociedad.

Cabe recordar que los mismos agricultores son los mayores inversores en la agricultura y que una inversión adecuada en la agroecología también dependerá en definitiva de que a los agricultores se les suministre más medios y se les de acceso a insumos y productos agroecológicos. Por consiguiente, los pequeños agricultores y los agricultores familiares deben poder disponer de una infraestructura financiera, como mercados de crédito y seguros para agricultores, que apoye la diversificación y la transición hacia la agroecología. Además, se han de reforzar y apoyar los sistemas de garantía participativos, así como los productos e insumos necesarios para las granjas agroecológicas.

La FAO considera la agroecología una 'buena inversión' para los agricultores, el medio ambiente y la sociedad.



Capacitador campesino de la Coordinadora Nacional de Organizaciones Campesinas de Malí enseñando acerca de la agroecología



CONCLUSIONES

En resumen, necesitamos con urgencia nuevas alternativas para abordar los problemas actuales y futuros a que hacen frente nuestros sistemas alimentarios. La agroecología representa una opción prometedora, capaz de ofrecer soluciones beneficiosas para todos mediante la mejora de la seguridad alimentaria y nutrición, la restauración y conservación de ecosistemas sanos, el ofrecimiento de medios de vida sostenibles a los pequeños agricultores, y el fortalecimiento de la resiliencia para adaptarse al cambio climático. Para extender las repercusiones positivas de la agroecología, la FAO seguirá apoyando un marco para el diálogo internacional sobre la agroecología a nivel regional y nacional. Será importante continuar fortaleciendo la base empírica en apoyo de la agroecología, en especial para abordar algunas de las cuestiones fundamentales señaladas en el Simposio Internacional. Los países, las organizaciones intergubernamentales y otras partes interesadas deben prestar apoyo a las redes existentes y promover nuevas iniciativas como las redes de agricultores-investigadores para crear redes en apoyo a la agroecología y reforzarlas. Mediante el apoyo normativo, los países pueden desempeñar un papel clave en el establecimiento de un entorno propicio para la agroecología, la pequeña agricultura familiar y la agrobiodiversidad. Por último, existen oportunidades para que los actores públicos y privados inviertan en la agroecología para aprovechar todo su potencial.

Durante la sesión de recapitulación del Simposio Internacional, Steve Gliessman y Pablo Tittone comunicaron al pleno de la Conferencia los principales temas y constataciones. Afirmaron que la agroecología brinda un enfoque orientado a la acción para elaborar sistemas alimentarios alternativos: “El Simposio demostró enfáticamente que los interesados representados disponían de todos los medios necesarios para hacer que esta transformación ocurra. No se necesita más que acción, visión, responsabilidad hacia las generaciones futuras y, sobre todo, coraje.”





La AGROECOLOGÍA es la ciencia que aplica los conceptos y principios ecológicos al diseño y gestión de sistemas alimentarios sostenibles.* Se centra en las interacciones entre plantas, animales, seres humanos y medio ambiente. Las prácticas agroecológicas funcionan en armonía con estas interacciones, aplicando soluciones innovadoras que aprovechan y conservan la biodiversidad. La agroecología se practica en todo el mundo, teniendo como pilar fundamental los conocimientos tradicionales y locales. Mediante un enfoque integrador, la agroecología es el ámbito en el que la ciencia, la práctica y los movimientos sociales convergen para emprender una transición que nos lleve hacia sistemas alimentarios sostenibles, basados en la equidad, la participación y la justicia.



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

Federal Office for Agriculture FOAG

BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

Viale delle Terme di Caracalla,
00153 Roma, Italia
www.fao.org



ISBN 978-92-5-308807-2



9 789253 088072

I4729ES/1/01.17