



Teoría y praxis de la generación de biogás y electricidad  
a partir de la biomasa del nopal

Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable

**“El oro verde de México”**

# **El Santo Grial de las Energías Renovables**



**Miguel Aké Madera**

**Un caso de éxito**



## **GRUPO AGROINDUSTRIAL NOPAL DE CAMEMBARO, S.P.R. DE R.L.**

Constituida en 2010, con el objetivo de generar energía limpia y sustentable a partir de la biomasa del nopal.

Surge de la necesidad de utilizar energía limpia, renovable, sustentable e inagotable para dar respuesta a los requerimientos de los mercados nacionales e internacionales; para reducir costos de producción y de manera gradual el uso de combustibles fósiles, que dañan al medio ambiente y cuyas reservas van en declive, y por consecuencia, sus precios van a la alza cada día.

Empresa 100% mexicana, con responsabilidad social, que opera en cooperación técnica con el Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), en la producción de energía con la biomasa del nopal.

Empresas asociadas: EL MANJAR DEL CAMPO Y NOPALIMEX.

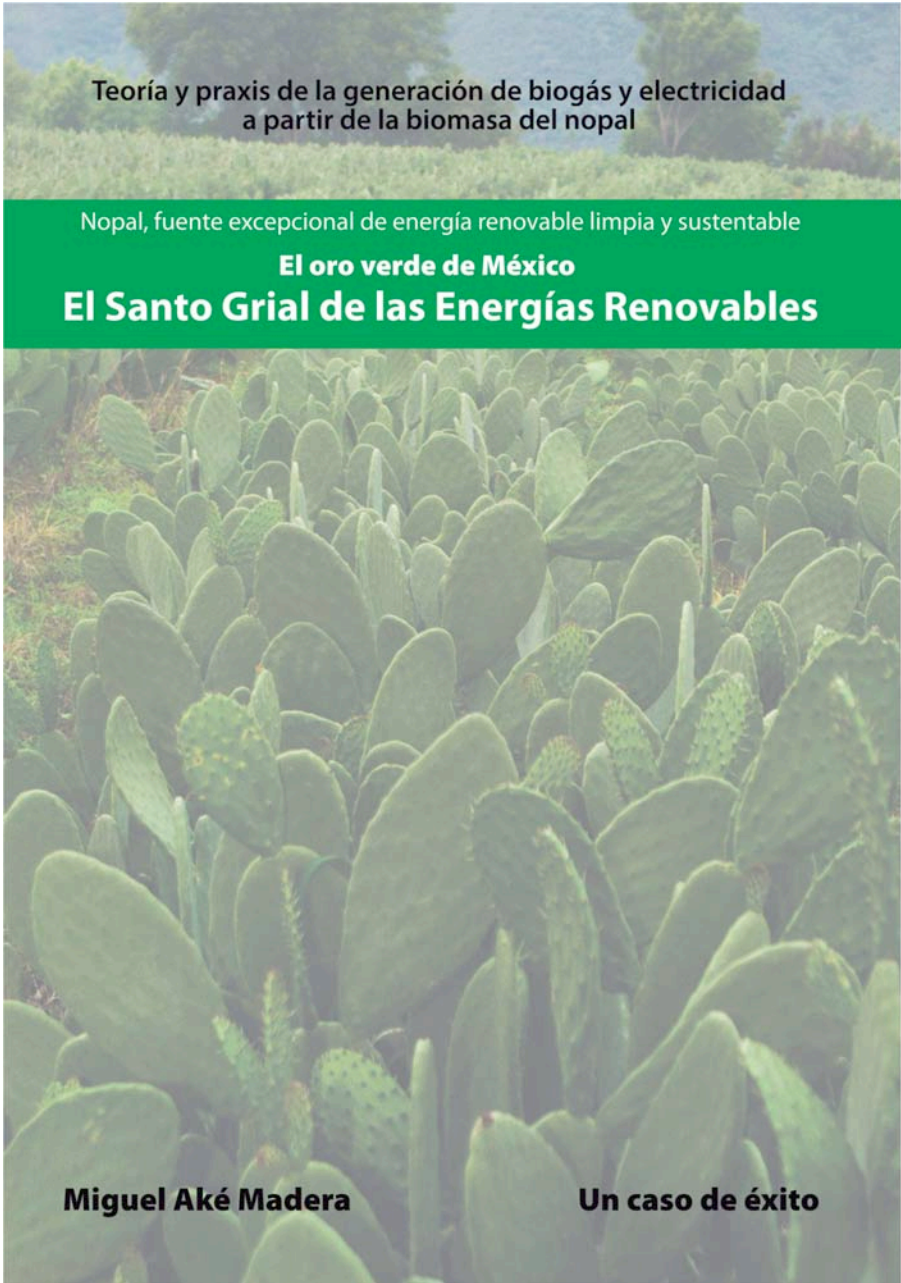
### **ANTECEDENTES**

- 2007 se inicia el proyecto con la investigación científica de las aplicaciones del nopal y el proceso anaeróbico para la generación del biogás.
- 2008 se realiza la técnica aplicada con la ONUDI y el Instituto de Investigaciones Eléctricas desarrollando la generación del biogás a nivel experimental.
- 2009 se inicia la plantación del nopal con la selección de la especie adecuada y la construcción de la infraestructura física del biodigestor, en Zitácuaro, Michoacán.
- 2010 se inicia la generación del biogás que alimenta las líneas de servicio de la empresa El Manjar del Campo consolidándose en una planta demostrativa cuya siguiente fase, que esté en curso, será la planta comercial, para suministrar biogás a vehículos.

### **Contacto:**

**Miguel Aké Madera**  
balam4928@hotmail.com  
www.nopalimex.org

Zitácuaro, Michoacán, México



Teoría y praxis de la generación de biogás y electricidad  
a partir de la biomasa del nopal

Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable

**El oro verde de México**

## **El Santo Grial de las Energías Renovables**

**Miguel Aké Madera**

**Un caso de éxito**

*El oro verde de México*

Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable.  
“El oro verde de México”  
El Santo Grial de las energías renovable.

Miguel Aké Madera

Impresión  
Editorial del Magisterio.

IBN: 978-607-96349-7-1  
Año de edición 2014  
Primera edición  
Derechos reservados SNTE 2014  
Impreso en México

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio impreso o electrónico, sin la autorización previa por escrito del Autor y del SNTE.  
Impreso en México

ISBN: 978-607-8405-16-9  
Año de edición 2015  
Edición electrónica  
Derechos reservados SNTE 2015  
Publicado en México

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio impreso o electrónico, sin la autorización previa por escrito del Autor y del SNTE.





## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	5
<b>RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS</b> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 1. NOPAL, FUENTE EXCEPCIONAL DE ENERGÍA RENOVABLE, LIMPIA Y SUSTENTABLE. Aspectos fundamentales del nopal</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 2. REFORMA ENERGÉTICA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES. VISIÓN PROSPECTIVA</b> .....	39
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTAS ANTE LA SENER</b> .....	91
<b>CAPÍTULO 4. UN CASO DE ÉXITO ÚNICO EN MÉXICO Y EL MUNDO</b> .....	117
<b>CAPÍTULO 5. MARCO REGULATORIO Y DE POLÍTICAS PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES</b> .....	161
<b>CONCLUSIONES</b> .....	207
<b>ANEXOS. PUBLICACIONES Y ARCHIVO DOCUMENTAL</b> .....	211
<b>REFERENCIAS</b> .....	229
<b>SIGLAS</b> .....	236

## PROLOGO

Este libro ha sido escrito, basado en hechos reales y narrado por uno de sus actores de manera cronológica, de 2007 a la fecha, se hilvana esta historia de éxito, que marca el inicio de un proyecto, desde la concepción de la idea, a la realidad, surge de la necesidad de abatir los costos de los insumos de electricidad y gas utilizados en la operación cotidiana de una pequeña empresa situada en Zitácuaro, Michoacán. El producto de la empresa es la tortilla y sus derivados, alimento básico en la mesa de los mexicanos. Así se da la feliz coincidencia de una necesidad y por otro lado una institución de educación técnica y de investigación que ha invertido en la formación de investigadores, en este caso específico en el campo de las energías renovables, auspiciado por el Instituto Politécnico Nacional, con la participación de la Universidad Autónoma de Chapingo, la Universidad Tecnológica de Netzahualcóyotl, a las cuales se sumarian de manera determinante la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, (ONUDI) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, I.I.E.

Con los acontecimientos que vivimos en nuestro mundo, pareciera que las cosas estuvieran fuera de nuestro control, sequía en el campo, incendios, inundaciones, huracanes, ciclones, maremotos y tsunamis; pero por si fuera poco, se agrava con la contaminación de ríos, mares y mantos freáticos y la polución en las grandes ciudades producidos por fábricas y vehículos, acumulando enormes cantidades de gases de efecto invernadero. ¡Nada alentador! ¿Verdad? ¿Qué planeta les vamos a heredar a nuestros hijos?

Antes este panorama sombrío, surge una “luz en el túnel” y es el resultado de los trabajos de un grupo compacto multidisciplinario e interinstitucional, que estudiando y analizando las propiedades de una planta milenaria nativa de nuestro país, aceptada como complemento alimentario en la región central de México, como forraje, como tintura, como fruta, como medicamento, para prevenir y controlar la diabetes, así como su uso para la industria de la construcción; aún más, para descontaminar tierras afectadas por el uso de elementos químicos, combustibles e hidrocarburos y también para revitalizar la tierra erosionada, volviéndola productiva. Se trata del nopal, planta endémica ligada a nuestra historia y que aparece en nuestro lábaro patrio.

Con la biotecnología adecuada, en Zitácuaro Michoacán se han alcanzado productividades de nopal, superiores al promedio nacional, algo absolutamente innovador que constituye un verdadero aliciente para los productores de nopal. Este sólo hecho justificarían los trabajos de investigación, pero no conformes con eso los investigadores realizaron trabajos a nivel experimental, desde luego tomando como experiencia los resultados energéticos del maíz, caña de azúcar, cebada, yuca y jatropha para la producción de biogás y electricidad, pasando por las experiencias de los subproductos de animales en granjas porcícolas principalmente.

El resultado del proceso anaerobio, al que fue sometido el nopal al interior de un biodigestor, produjo en 2010 las primeras emanaciones de gas metano, que es energía renovable limpia y sustentable, otorgándoles la SAGARPA, a los autores del proyecto el calificativo de “pioneros en la generación de energía a partir de la biomasa del nopal”. Actualmente la planta piloto de Zitácuaro suministra biogás a las líneas de servicio de la empresa y la siguiente fase será la de sustituir el uso de gasolina y diésel por biogás natural, con cero emisiones de contaminantes.

Este novedoso método para la generación de energía, crea empleos en el lugar donde se instala la planta, por lo que cumple con el aspecto social y ambiental y por su rentabilidad alcanza el objetivo económico.



Los resultados obtenidos con la planta piloto de Zitácuaro, Michoacán, demuestran que cuando hay voluntad, conocimiento y deseos de cambiar el estado de cosas, por pequeño o insignificante que pueda ser la idea, que no es el caso; las ideas se vuelven realidad. Y a partir de aquí, se abre un futuro promisorio para México, ya que la tecnología desarrollada, fue realizada con la voluntad y visión del dueño de una pequeña empresa, que expuso su patrimonio familiar, confiando en los técnicos e investigadores mexicanos. La energía generada con nopal es más rentable que la eólica, solar y fotovoltaica, con la salvedad de que la tecnología de estas últimas es extranjera.

Por el éxito logrado, la SENER valora los alcances y resultados del proyecto del nopal, para adoptarlo como iniciativa, en la generación de energía como fuente alternativa renovable.

La publicación del libro, se da en los momentos en que nuestro país vive momentos de cambios drásticos estructurales, como la Reforma Educativa y la Energética. Así pues, el proceso anaerobio de la cactácea, y la generación de energía con la biomasa del nopal confirma la vocación de servicio y la calidad de los egresados de nuestras instituciones públicas, representa un caso de la aplicación de la ciencia y la técnica en la solución de problemas reales y urgentes de la sociedad, y hace honor a su lema: “La Técnica al Servicio de la Patria”

El SNTE ha conocido de cerca la evolución de este proyecto y se contempla nuestra participación en:

Autogestión comunitaria en torno a proyectos productivos con energía renovable, auto abastecimiento eléctrico con energía renovable para: Escuelas, viviendas de los trabajadores del SNTE y sus edificios.

Capacitación de técnicos de nivel medio en aspectos de instalación operación y mantenimiento de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables.

Capacitación y reactivación de maestros jubilados.

Capacitación a maestros del nivel superior en temas de investigación, desarrollo y aplicación de las energías renovables.

Formación de formadores en materia de energías renovables, a nivel de postgrado para que a su vez multipliquen la formación de recursos humanos en los niveles medio superior y superior.

El desafío y la reconversión energética realizada en Zitácuaro, confirma la tesis de Russell L. Ackoff, autor de Rediseñando el futuro, en el sentido de que una idea puede movilizar a los individuos para que participen en una cruzada social en búsqueda de un ideal. Les puede inducir a deshacer y rehacer lo que ya han hecho consciente o inconscientemente, y a volver a obtener el control del todo del cual son parte, en este caso, sanar al medio ambiente y preservarlo sano para nuestros niños presentes y del futuro.

La obra además, constituye un magnifico instrumento didáctico para nuestros estudiantes del nivel básico, medio superior y postgrado y de manera sencilla paso a paso los transporta de la teoría a la praxis, de la generación de biogás y electricidad a partir de la biomasa del nopal.

Nuestro sindicato apoya las causas nobles, por eso no dudamos en difundir el trabajo de los maestros que son parte del SNTE y porque trabajamos para poner la Educación al Servicio del Pueblo.

Profesor Juan Díaz de la Torre



## PRESENTACIÓN

Este trabajo tiene como objetivo presentar y difundir de manera puntual, las experiencias adquiridas durante siete años, por un equipo multidisciplinario e interinstitucional, un equipo compacto de trabajo, que apostó a un proyecto, desde la concepción de una idea, hasta su consecución en la realidad, y como resultado de ello, cimentar una pequeña empresa competitiva, generadora de biogás y electricidad, a partir de la biomasa del nopal y su utilización como energía limpia, que de manera gradual contribuirá a la sustitución de los combustibles derivados del petróleo: Nopalimex, SAPI de C.V. [www.nopalimex.org](http://www.nopalimex.org)  
¡Nopal, energía para mover a México!

El proyecto de generación de energía, con base a la biomasa del nopal, con un proceso anaerobio sencillo, pero a la vez con tecnología innovadora; es el motivo de esta reseña histórica, de un caso de éxito, con señales prometedoras de bienestar, desde los órdenes social, económico y ambiental. Creando a la vez conocimiento y desarrollo tecnológico nacional.

Lo anterior ha sido motivado por nuestra toma de conciencia, con relación al daño a los ecosistemas en los que hoy vivimos, afectados por el calentamiento global, provocado por gases de efecto invernadero, que a su vez alteran el ritmo y la temperatura de los océanos, provocando huracanes, ciclones y tsunamis, que tantos sufrimientos han ocasionado a nuestros compatriotas, sobre todo a los grupos vulnerables.

Nuestra aportación es pionera, y con innovación tecnológica mexicana resolvería severos problemas ambientales, en México y en el mundo, contribuye y forma parte del maravilloso universo de las energías renovables; especialmente con la biomasa del nopal, que lucha por obtener un lugar en la matriz energética de nuestro país, y que de manera inexorable y gradual en conjunto con otras alternativas principales de México, como la eólica, solar fotovoltaica, geotérmica e hidráulica, vendrán a sustituir a los combustibles fósiles, sea por su

declive normal, por sus altos costos de exploración y extracción o por la contaminación que producen. Constituyen las energías renovables, verdaderas opciones y oportunidades para recobrar la autosuficiencia energética y alimentaria de México.

Estamos convencidos que en el futuro, y con base en la Reforma Energética recientemente aprobada en el país, se elaborarán proyectos y surgirán empresas generadoras de energías alternativas que impactarán positivamente en el desarrollo sustentable del país. Así pues, deseamos que la lectura de este libro sirva de guía para encender la chispa emprendedora de proyectos tecnológicos, innovadores y sustentables que tanto urgen, provenientes de jóvenes formados en las instituciones educativas como respuesta a la Reforma Energética, para bien de la sociedad; y que sólo será posible con el talento y la voluntad política de todos los mexicanos, para escribir una nueva historia que cambie la dependencia económica del petróleo, por un México con energía limpia y sustentable.

El contenido del libro se refiere a la naturaleza y usos del nopal, que tradicionalmente se han dado desde tiempos inmemoriales, tanto como alimento de consumo humano y como forraje, su uso como colorante; como alimento funcional y sus diversas aplicaciones en la industria de la construcción; además de sus cualidades preventivas y de control, contra algunas enfermedades como la diabetes y la obesidad, que lamentablemente en nuestro país, se han incrementado en los últimos años, al grado de convertirse en asuntos de salud pública. Lo culminante en este caso, es su utilización como fuente excepcional de energía limpia y sustentable.

Se analizan los temas de la Reforma Energética, el marco regulatorio y las políticas vinculadas con las energías renovables, las lagunas jurídicas en el campo de los bioenergéticos, su minimización y la falta de apoyo institucional, la inadecuada planeación, que impide alcanzar metas en las fechas propuestas en el grado de participación de las energías renovables, a pesar de la existencia de los fondos constituidos para su impulso, con recursos fiscales y con los excedentes del petróleo, recursos limitados que son canalizados para programas de ahorro de energía, en vez de destinarlos a proyectos que bien pueden detonar, empleo, generar polos de desarrollo y bienestar ambiental, es decir, crear riqueza, con la multiplicación y réplicas de proyectos exitosos.

Se reitera en bien de la sociedad mexicana, la petición de apoyo institucional a proyectos con tecnología nacional, por encima de

empresas y tecnologías extranjeras, esa será una lucha sin fin, sin descanso.

Es un deber ético, reconocer el apoyo otorgado por la SAGARPA a fines de 2013, para la consolidación de la infraestructura física de la planta piloto, que opera desde 2010, en Zitácuaro, Michoacán.



## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más amplio reconocimiento, al Lic. Ramiro Magaña Pineda, Coordinador Nacional de la Oficina Regional para México, América Central y El Caribe, de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien conoció e impulsó este proyecto desde su inicio.

Al Dr. Jorge Huacuz Villamar, miembro del Sistema Nacional de Investigadores, con reconocimientos y méritos a niveles nacional e internacional, por su visión y aportación valiosa, dándole rumbo y orientación al proyecto, del Instituto de Investigaciones Eléctricas, (IIE); al Ing. Jaime Agredano Díaz, Gerente de Energías No Convencionales, del (IIE); al Dr. César Alejandro Romo, y especialmente al Ing. José Luis Arvizu, investigadores de la misma institución. Mención especial al Dr. Raúl Tovar Gálvez, del CIEMAD del IPN. A todos ellos nuestro reconocimiento y agradecimiento puntual, por el apoyo y acompañamiento permanente a este proyecto, consistente en asesoría técnica y orientación profesional sin ambages.

Mención especial al señor Rogelio Sosa López, por poner en riesgo su patrimonio familiar, por su audacia y determinación para poner “manos a la obra” secundado por un excelente técnico, factótum en la construcción y puesta en marcha de la planta, el señor Antonio Cambrón Tello, quien día a día realiza mejoras a la operación.

A los productores de nopal del país y al Ing. Omar Carpio, Presidente del Comité Nacional del Sistema Producto Nopal-Tuna, por acoger con entusiasmo el proyecto.

No puedo omitir las valiosas aportaciones de Anabel Herrera Castillo, en el diseño de la portada de este libro, y a Miguel Ángel Zamna Aké Montiel, por las excelentes fotografías de la plantación de nopal e instalaciones de la planta de Zitácuaro, Michoacán.

A José García Pedroza, por el acopio de datos estadísticos, opiniones y comentarios vertidos e incluidos en este trabajo.

A Francisco García Mora, compañero y jefe de academia en el CECyT 6 y la UPIICSA del IPN, por la estructuración de este trabajo, y a José Alejandro Montiel Jiménez por la integración y formación de contenidos.

Al maestro David Rafael Velázquez Valle, Director del CECyT 11, “Wilfrido Massieu Pérez” del IPN, por el apoyo institucional, en el momento final y culminante de este proyecto.

Mi mayor reconocimiento y respeto, al Instituto Politécnico Nacional, cuyo prestigio me enorgullece, y como egresado me comprometo a conducirme con honor, en mis actividades personales y profesionales.

No menos importante es el apoyo decidido de la dirigencia del SNTE, encabezada por el Maestro Juan Díaz de la Torre.



## INTRODUCCIÓN

*Nopal, fuente excepcional de energía renovable, limpia y sustentable*

En este trabajo, preparado y orientado para consulta o libro de texto, dirigido a los estudiantes de las carreras de energías renovables y afines, hallarán en el capítulo I, las personas interesadas en la generación de energía a través de biomasa del nopal, y al público en general, que estén motivados por conocer, aspectos fundamentales sobre la cactácea; una revisión de los antecedentes de la planta, desde la Época Prehispánica a la actualidad, de las diversas especies existentes en México y las endémicas a nuestro país, su evolución en su uso y aprovechamiento, desde el tradicional nopalito, alimento complementario, en algunas regiones del país especialmente en el centro; su uso como medicamento preventivo y de control de la diabetes, enfermedad que ocasiona miles de bajas entre los mexicanos; que se ha convertido en un problema de salud pública hasta su uso multifuncional, pero lo más importante, innovador y apasionante es su sorprendente y excepcional resultado, para crear energía limpia y renovable.

Aquí y siempre ha estado el nopal entre nosotros, es parte de nuestra cultura, la historia de nuestro país y de su Escudo Nacional, está ligada al nopal y se remonta a la época de los aztecas, quienes abandonan el Aztlán, según la leyenda, y enviados por Huitzilopochtli, se establecerían donde localizaran un águila real sobre un nopal, devorando a una serpiente, ese lugar fue la gran Tenochtitlán; actualmente la gran ciudad de México.

Resulta sensacional en el presente, y dentro del amplio sector de las energías alternativas, el calificativo dado al nopal y al proceso de generación de energía; por un experto estudioso de las energías renovables en México, al denominarlo: “El santo grial de las energías renovables”.

Se analiza en el capítulo II, la situación de la Reforma Energética y su impacto en el futuro de las energías renovables en México, la posición que ocupa el nopal, respecto a las diversas biomásas por su rendimiento energético, tecnologías empleadas y su comparación en inversión, costos de generación y periodos de recuperación interna; frente a las energías renovables que han obtenido mayor avance en México, como la hidráulica, la geotérmica, la eólica y la solar fotovoltaica, así como el incipiente desarrollo de los bioenergéticos, que es justamente donde incide nuestro proyecto,

Se analiza la situación y potencialidad del nopal para producir energía alternativa, en el contexto actual que vive México, de crisis energética y desabasto, y su impacto en la balanza comercial que se refleja en el Producto Interno Bruto (PIB).

La premisa de esta obra, se sustenta en la capacidad del nopal de producir una gran cantidad de biomasa útil para la generación de biogás y electricidad, y posterior compresión del biogás, para la sustitución de gasolina para el transporte. Este es un proceso de innovación tecnológica única en México y en el mundo que el lector podrá conocer, en el desafiante universo de las energías renovables y en la reconversión energética de México.

El nopal tiene un rendimiento energético equivalente al de cultivos empleados en Europa para la producción de biogás, como el maíz, con valores entre  $205 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$  y  $450 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$  (sólidos volátiles), y la cebada  $353 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$  y  $658 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$ . El nopal en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), ha producido entre  $350 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$  y  $450 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t SV}$ , que equivalen a 30 y 40  $\text{m}^3$  de biogás/t de nopal fresco. La productividad energética del nopal, depende fundamentalmente de dos valores: Del rendimiento de biogás y su contenido de metano; y del rendimiento del cultivo en toneladas por hectárea de superficie cosechada.

En el capítulo III, se presentan dos proyectos propuestos a la Secretaría de Energía (SENER), ante el Fondo de Sustentabilidad y el Fondo de Transición Energética, en alianza con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), como instrumentos didácticos que llevan de la mano al lector, de principio a fin, como guía para la elaboración de proyectos, que en la realidad han pasado por el filtro de la institución y que han sido recepcionados con éxito, en espera de su aprobación y de asignación de presupuesto, por parte de los organismos evaluadores, y su posterior

ejecución. ***La SENER valora los alcances y resultados del proyecto del nopal, para adoptarlo como iniciativa, en la generación de energía como fuente renovable.***

Resulta de vital importancia la aprobación de nuestros proyectos, ya que están en la plataforma de lanzamiento, para alcanzar un desarrollo óptimo y sustentable, que permitiría la socialización de este proyecto probado y exitoso; su réplica, así como la capacitación y formación de técnicos y profesionales, que fungirían como formadores del ejército de jóvenes que requerirá la instrumentación de la Reforma Energética.

En el capítulo IV, se narra desde el punto de arranque, en 2007, que incluye la selección de la especie adecuada de nopal, análisis y estudios de la tierra, la preparación previa del terreno, la siembra y la gran disposición de materia prima, debido a su alta productividad, para obtener energía limpia, renovable y sustentable. Se describe de manera sencilla, el equipo que se requirió, el diseño y la construcción del biodigestor, y el proceso anaerobio para la obtención de biogás y electricidad, paso a paso.

Para finalizar, en el capítulo V se pone a disposición del lector, el marco regulatorio de las energías renovables, desde la expedición de las primeras legislaciones, hasta la promulgación Constitucional de la Reforma Energética en 2013, y las leyes secundarias en 2014 y su relación vinculatoria con las energías renovables. Se hace un análisis breve, preciso y conciso de los logros y las metas establecidas en el periodo 2006-2012, y las posibles causas del porqué no se alcanzaron resultados satisfactorios. Es decir, no basta con tener leyes, normas y reglamentos, si éstas no cubren todas las actividades económicas del sector; ni es ejemplo de eficiencia, una administración con subejercicios, ante tantos proyectos y tantas tecnologías que están en espera de recursos para detonarlos con beneficios ambientales, económicos y sociales. Resulta infame, cuando se trata de tecnología mexicana.

Se agregan publicaciones periodísticas, oficios de reconocimientos, de apoyos que sustentan y demuestran la veracidad de nuestras experiencias narradas, en la parte final de este libro, en la sección de anexos.

Los altos rendimientos de biomasa, del cultivo del nopal y sus bajos requerimientos de agua, nutrientes y capacidad de adaptación en suelos de climas desérticos y semidesérticos con poca o baja precipitación

pluvial, lo sitúan como una fuente importante de bioenergéticos a través de su conversión a biogás mediante el proceso de fermentación anaeróbica. Un ejemplo del logro, de una idea hecha realidad, es el caso que nos ocupa y que se ilustra con la puesta en marcha en 2010, de la planta de generación de biogás en Zitácuaro, Michoacán, que cuenta con su propia plantación de nopal, biodigestor e infraestructura física, pasando por las etapas de experimentación, a planta piloto en operación.

Todo el conocimiento generado, el saber hacer, desarrollado y convertido en innovación tecnológica, los derechos y patente que protegen al proyecto, se ponen a disposición para bien de la sociedad, agobiada por los efectos terribles de la contaminación, generados por los gases de efecto invernadero, que afectan el calentamiento global con el consiguiente cambio climático, que ha causado tragedias e infortunios a la humanidad. Hoy en el nopal tenemos una verdadera luz al final del túnel, por eso lo hemos denominado el “oro verde de México”.

Un futuro prometedor está al alcance de México con la biomasa del nopal, y lo más importante, es que se trata de tecnología mexicana, que es una realidad, con una planta piloto funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos social, económico y ambiental, con la siguientes ventajas:

- ✓ Crea empleos en la localidad, disminuye la migración
- ✓ Crea polos de desarrollo, trasformando la realidad local
- ✓ Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume bióxido de carbono transformándolo en ácido málico
- ✓ Revitaliza la tierra erosionada
- ✓ La generación de biogás y electricidad con nopal, no produce gases de efecto invernadero, no provoca lluvia ácida
- ✓ Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes orgánicos que elevan la productividad en el campo
- ✓ Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina
- ✓ El nopal se puede sembrar en prácticamente todo el territorio nacional, y requiere poca agua

Es una energía renovable, limpia y sustentable, que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética sería incompleta y excluyente.

Si la publicación de esta obra, motiva, y con ello se logra la réplica de este proyecto, en igual o mayor escala, con nuestro apoyo y asesoría, habremos alcanzado nuestros propósitos superiores.

Por último, señalar de acuerdo a los resultados alcanzados en México, en el periodo 2006-2012, en las energías renovables, por cierto nada satisfactorios, que sería injustificable a partir de las lecciones aprendidas seguir haciendo lo mismo.

*“La locura es: Seguir haciendo lo mismo y esperar resultados  
diferentes”*

**Albert Einstein**



## CAPÍTULO 1

*Nopal, fuente excepcional de energía renovable, limpia y sustentable*

*Aspectos fundamentales del nopal*

La historia de nuestro país y de su Escudo Nacional, está ligada al nopal, pertenece a la familia de las cactáceas (cactus), de la clase opuntia, y se remonta a la época de los aztecas, quienes abandonan el Aztlán, según la leyenda, y enviados por Huitzilopochtli, se establecerían donde encontrarán un águila real sobre un nopal, devorando a una serpiente, ese lugar fue la gran Tenochtitlán, actualmente la gran ciudad de México. La delegación Milpa Alta en el Distrito Federal, ha preservado la cultura de esta planta milenaria, destacando como productora importante de la cactacea en el país, celebrando cada año la “Feria del Nopal” en tanto que en San Martín de las Pirámides en el Estado de México, hacen lo propio en la “Feria de la Tuna”.



La gran Tenochtitlán.” Autor: Diego Rivera. Palacio Nacional, México



Foto: Zamna Aké Montiel. Muestra una vista de la planta de generación de biogás a partir del nopal, motivo de este trabajo, que inició operaciones en 2010, en Zitácuaro, Michoacán

La historia de nuestro país y de su Escudo Nacional, está ligada al nopal, y se remonta a la época de los aztecas.



El significado del nopal en el lábaro patrio, según algunas interpretaciones del dominio público, representa los desafíos y dificultades que habría de enfrentar México; y el águila majestuoso parado sobre el nopal, demuestra que el pueblo mexicano, saldría adelante ante estos retos. Los aztecas le dieron el nombre de nopalí, y se dice que los españoles le dieron su nombre actual.



El origen del nopal pareciera provenir del valle de Tehuacán, Puebla. Y a pesar de que la cactácea es nuestra de origen, existe la grave amenaza de que países como China y Japón pretendan patentar la verdura.



Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación en Zitácuaro, Michoacán, a los seis meses

Para abordar los aspectos fundamentales del nopal, se han considerado las áreas sustantivas de oportunidad plasmadas en el Plan Rector del Sistema Producto Nopal y Tuna, elaborado en 2012, para constituir el Comité Estatal del Sistema Producto Nopal y Tuna del Estado de Michoacán, de la autoría de su presidente, Sr. Rogelio Sosa López e integrantes de su organización.

México, según datos estadísticos, cuenta con 104 especies de nopal, de las cuales 53 son endémicas, contamos con más de 12,000 hectáreas de plantaciones especializadas en verdura, 45,000 productores de nopal generan más de un millón y medio de toneladas de nopal verdura, tunas y forraje para el ganado, donde se involucran 72,000 hectáreas y que generan un valor total de la producción de más de 2 mil millones de pesos anuales.

Lo prodigioso además del nopal es que convierte tierras estériles en fructíferas, al prevenir la erosión del suelo y combatir la contaminación.

El cultivo del nopal, posee gran potencial para sustentar proyectos rentables, promover el desarrollo empresarial de las regiones en donde las familias campesinas viven en extrema pobreza. Sin embargo, sin saberlo tienen en sus manos y en sus tierras el potencial de energía que necesita el país ante el perentorio agotamiento de los combustibles fósiles.

Del nopal se pueden identificar los siguientes productos fundamentales: Su fruto, la tuna, el nopal verdura para consumo humano, el nopal forrajero y la grana cochinilla (se usa como colorante). Recientes innovaciones tecnológicas y empresariales, han agregado otras opciones productivas, tales como: El nopal procesado como alimento funcional y su uso en los bioplásticos y biosorbentes de contaminantes a partir de nopal, la pintura vinílica, así como la aplicación del mucílago, en la industria de la construcción, en conjunto con esmaltes e impermeabilizantes, cosméticos; uso medicinal para prevenir la diabetes y como fuente excepcional de energía renovable, limpia y sustentable, con impactos positivos desde los enfoques social, económico y ambiental, generando polos de desarrollo por la creación de empleos.

La delegación Milpa Alta en el Distrito Federal, es productora importante de la cactácea, en el país y celebra cada año la “Feria del Nopal”, en tanto que en San Martín de las Pirámides en el Estado de México, hacen lo propio celebrando la “Feria de la Tuna”.

## **EL NOPAL TUNERO**

La tuna es poseedora de propiedades y características que le dan ventajas para competir en los mercados nacionales e internacionales



con frutas consideradas como exóticas o finas; además de su exquisito sabor y su contenido nutrimental, destaca su alto contenido de calcio, fósforo, potasio, vitamina C y energía. Incluso la presencia de semillas, que puede ser desagradable al consumirlas, realizan con mucha eficiencia funciones benéficas con la fibra dura en el sistema digestivo.

Es importante dar a conocer al consumidor que paralelamente al placer de saborear esta exquisita

fruta, se beneficia al sistema digestivo y se aportan al organismo elementos nutritivos valiosos y mucha energía.

La tuna es un fruto que con el transcurso de los años ha ido colocándose en el gusto y aceptación de la población de varios países, donde la consideran una fruta exótica de agradable sabor y apariencia étnica. A tal grado que es más popular y aceptada en países europeos que en México (lugar de origen). En nuestro país esta fruta se consigue durante todo el año, y en una gran cantidad de colores.

La tuna posee un alto poder nutritivo.



Los principales productores de tuna son el Estado de México y Zacatecas, seguidos de Puebla e Hidalgo

La tuna es un alimento de gran valor nutritivo. La fruta, es rica en vitaminas C y A, que además contiene otras vitaminas como la tiamina, riboflavina y Niacina. La tuna es baja en grasas, es fuente de calcio (Ca), fósforo (P) y potasio (K), hierro (Fe), selenio (Se), cobre (Cu), zinc (Zn), sodio (Na), magnesio (Mg). Contiene también proteínas, carbohidratos y cenizas. Presenta un alto contenido de sólidos solubles, la mayoría de ellos glucosa y fructuosa; baja acidez y alto pH, detector de la acidez y/o alcalinidad; en la pulpa hay alto contenido de azúcares, con excelentes propiedades para la digestión debido al contenido de sus semillas.

El valor nutrimental que aporta la tuna puede compararse con frutos como la manzana, pera, durazno y naranja, entre otros, y además es una buena fuente de vitamina C.

La tuna se ha convertido en una fruta con gran aceptación en los mercados internacionales, no así en México, y también representa una buena alternativa para la generación de energía, por su alto contenido de azúcares.



Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación de Zitácuaro, Michoacán. Nopal con características de alto contenido en azúcares, con productividad probada de 800 toneladas por hectárea



El nopal se reproduce en razón geométrica, y a los dos años duplica su cantidad

## **EL NOPAL VERDURA**

El nopal destaca por ser una verdura, cuyo costo de producción es muy barato y con un sinnúmero de aplicaciones gastronómicas que permiten degustarlo en cualquier tipo de platillos añadiéndoles un sabor muy especial. Entre las propiedades benéficas que posee están:

Aporte de fibra soluble e insoluble, a partir de su riqueza en fibra soluble (pectina, gomas y mucílagos), diferentes laboratorios farmacéuticos han atribuido al nopal el efecto de saciar la sed y de reducción en la absorción de grasas a nivel intestinal.

Poder hipoglucemiante. Una investigación realizada por el Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales, de 1964 a 1979, generó resultados positivos en torno a esta cualidad del nopal, situándolo como un alimento muy recomendable en el tratamiento de la diabetes para disminuir las concentraciones de glucosa (azúcar), en la sangre sin llegar a niveles no deseados.

Protector natural contra diabetes y osteoporosis. Un grupo formado por 12 científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), y la Universidad del Valle de México (UVM) –reconocidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)–, demostró que consumir un promedio diario de entre 200 y 300 gr de nopal tierno puede disminuir notablemente el riesgo de desarrollar diabetes. A su vez, se estima que el consumo de 100 gr de nopal maduro al día podría prevenir el debilitamiento de huesos y dientes, así como la consecuente aparición de osteoporosis.

En un contexto general, en México el nopal verdura es clasificado como planta suculenta y perenne, con tallos espinosos y aplanados, se le identifica como “los cladodios jóvenes” (brotes tiernos), de la planta perteneciente a la familia de las cactáceas, de los géneros *opuntia* spp y *nopalea* spp, de forma aplanada, provisto de hojas reducidas temporales, gloquidias (ahuates), y espinas en puntos específicos

denominadas areolas. Un cladodio es un tallo (penca o nopal), de forma aplanada que varía en medidas aproximadas de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor.

Esta planta crece a una altura aproximadamente de 3 a 5 m de alto, su tronco es leñoso conforme pasa el tiempo, y mide de entre 20 a 50 cm de diámetro, además de que genera ramas constituidas por pencas (nopales), que se identifican por su color verde opaco, sus espinas, en algunos casos flores, su fruto oval que mide entre 5 y 10 cm de largo x 4 a 8 cm de diámetro y su color puede ser amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, entre otros.

Es conocido, que las especies de opuntia no son tóxicas, la dificultad en su uso y comercialización radica en el origen de la planta, ya que una planta expuesta a condiciones silvestres en las que tiene que crear sistemas de protección contra depredadores no tiene las mismas características físicas que una cultivada con ciertos cuidados que le brindan una protección extra, además que tiene un papel ecológico importante, ya que detiene la degradación del suelo deforestado y convierte tierras improductivas en productivas.

#### *Periodo de vida*

Gracias a las características propias de la planta que transforma la luz en energía química, su cubierta tipo lipídica y estomas que permanecen cerrados durante el día para conservar la humedad, una planta de nopal puede llegar a vivir hasta 80 años.

Taxonomía, acidez, valor nutricional. Aminoácidos

Tabla de la Taxonomía del nopal.

Reino	Vegetal
Subreino	<u>Embryophita</u>
División	<u>Angiospermae</u>
Clase	<u>Dicotyledonea</u>
Subclase	<u>Dialipetalas</u>
Orden	<u>Opuntiales</u>
Familia	<u>Cactaceae</u>
Subfamilia	<u>Opuntioideae</u>
Tribu	<u>Opuntiae</u>
Genero	<u>Opuntia</u>

Fuente: Taxonomía. Acidez, Valor Nutricional. Aminoácidos, [http://www.giga.com/~mag/Tratado\\_Nopal.htm](http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm) Recuperado abril 2012

El nopal al poseer una gama de cualidades como el hecho de ser capaz de florecer sin estar plantado en la tierra, con poca agua y nutrientes, es capaz de multiplicar lo poco que recibe para devolverlo al suelo que lo sostiene, y al mismo tiempo transformar sus componentes en propiedades alimenticias y curativas; además, por sus costos menores, su cosecha resulta una buena fuente de ingresos para muchos agricultores de escasos recursos y que viven en zonas áridas o semiáridas. “En México la ingesta anual *per cápita* de nopal es de 6.4 kilos.

Entre los aspectos más importantes para obtener un nopal fresco de calidad, se encuentran:

**Altitud:** En México, los tres estados con mayor producción presentan altitudes por encima de los 2,000 msnm, aunque no es limitante menor altura.

**Temperatura:** Las temperaturas ideales se encuentran entre los 17° y los 24° C.

**Agua:** Contar con la cantidad suficiente es importante para que se alcancen niveles de producción óptimos en términos de volumen y calidad.



Plantación Zitácuaro Michoacán. *Opuntia ficus indica*, variedad Chicomostoc

**Madurez:** Es el nopal que tiene hasta 30 cm de largo, y es reconocido según los productores como las pencas más fibrosas; además, debe embarcarse en el mismo día en que es recolectado del campo y debe trasladarse en equipo refrigerado (thermoking), para su correcta conservación.

*Usos y propiedades: Ventajas competitivas del producto*

El nopal ofrece una importante contribución de carbohidratos, vitaminas y minerales a las dietas de muchos pueblos, además de su potencial uso en la industria alimenticia; incluye desde jugos hasta ensaladas y aderezos, pasando por suplementos alimenticios.



Plantación Zitácuaro Michoacán, con una densidad de siembra de 30,000 pencas por hectárea

El nopal actualmente sigue siendo una importante fuente de nutrición por su uso como verdura (principalmente fresco), y fruta, junto con la utilización de éste para forraje; su gran aceptación se debe en gran parte a su bajo costo.

Las pencas jóvenes (cladodios), son usados en la cocina mexicana para diferentes platos dentro de esta gastronomía. Como vegetal se usa en ensaladas, sopas, guisos, asados, en fin, en una amplia gama de aplicaciones. Aparentemente la mayoría de las personas lo prefieren cocido y combinado con otros alimentos, como huevos, chile, camarones, en salsas, e incluso se llega a utilizar como ingrediente en la bebida mexicana “pulque”.

Otra presentación para su consumo es el polvo de nopal, que no es otra cosa más que nopal deshidratado y molido, que ha venido a ofrecer una solución alternativa al inconveniente de la baba, como también para la elaboración de una gama más amplia de productos tales como dulces, panes, galletas, tostadas, tortillas, dulces, postres, mermeladas confitería, botanas, entre otros.



De los nopalitos se pueden hacer diferentes procesados para el consumo alimenticio, ya sea en escabeche, salmuera, vinagres y hasta se puede obtener fibra para los cereales.

Se ha popularizado por sus efectos adelgazantes el “jugo verde” que contiene nopal, toronja o naranja, según el gusto, además de apio y piña.

### **EL NOPAL FORRAJERO**

En México la utilización del nopal como forraje es el uso más importante por su volumen ocupado. Se reportan 258 especies de nopal en el mundo, en México se tiene una gran variación de nopales adaptados a diversas condiciones ambientales, y distribuidos en su mayoría en las regiones áridas, la literatura cita que en nuestro país se encuentran 104 especies del género *Opuntia*, por lo que los botánicos lo consideran el centro de origen de los nopales. Coahuila, Aguascalientes y Zacatecas lideran en la producción de nopal forrajero.



Nopal a los 4 meses listo para su uso como forraje

Debido a su capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad (Flores-Valdez, 2004), el nopal se ha considerado por muchos años como una alternativa en la alimentación del ganado en diversas regiones áridas del mundo, lo que ha llevado a la necesidad de hacer más eficiente su uso, ya sea en condiciones naturales como cultivadas.

Investigaciones realizadas en Baja California Sur han demostrado que en los ranchos ganaderos de esta región existen especies como el nopal forrajero que han sido utilizadas como forrajes alternativos para alimentar ganado caprino, bovino, ovino, conejos, cerdos y aves de corral, obteniéndose respuestas positivas por parte de los animales (Murillo-Amador et al., 2006).

En las zonas áridas del mundo, el nopal ha constituido una alternativa de cultivo para la obtención de frutos para consumo humano y para la alimentación de ganado, ya que además de adaptarse a condiciones de humedad deficiente, soporta bajas temperaturas (Snyman, 2007).

Se considera que los ecosistemas de pastizal producen materias que son altamente digestibles para animales rumiantes, que en condiciones de pastoreo, tienen la habilidad de digerir y metabolizar la celulosa, o fibra vegetal, y fermentarla para producir ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas que el animal puede posteriormente digerir y utilizar (Rinehart, 2008).

El nopal se ha usado con éxito para disminuir los costos de producción de carne en ganado ovino en un 48 a 65% con resultados exitosos cuando se incluye en proporciones que varían desde el 15 al 30% (con base a peso seco), de la dieta como lo expresan los resultados obtenidos por Aranda-Osorio et al. (2008), al usar dietas en las que se incluyó nopal fresco picado.

El contenido de nutrientes para el ganado depende de la especie, la variedad (cuadro 1), así como del manejo que se dé a la planta en condiciones cultivadas, aunque su contenido de proteínas no es muy alto, el nopal constituye una fuente de alimento para el ganado a un costo relativamente bajo. Además de ser una fuente de nutrientes, el nopal constituye una fuente de agua por los altos contenidos de ésta en las pencas de la planta, ya que se puede observar como el contenido de materia seca apenas llega en el mejor de los casos a constituir poco menos del 15%, dejando el contenido de agua de entre el 85 al 90 %. Lo vertido anteriormente representa una alternativa en las extremas sequías que asolan al campo mexicano cada año y que ocasionan la muerte de miles de cabezas de ganado.

**Cuadro 1.** Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de nopal (expresado en % en base a materia seca) (Vázquez *et al.*, 2008).

Especie	MS	MO	PC	GC	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>O. rastrera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
<i>O. cantabrigiense</i>	11.86	68.46	4.78	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>O. lindelhimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	Palomo, 1963
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Palomo, 1963
<i>O. ficus-indica</i> var Amarillo oro	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	Bauer y Flores, 1969 Griffiths y Hare, 1906
<i>Nopalea spp</i>	10.69	73.79	8.98	1.51	17.21	26.21	50.7	Hare, 1906

MS=materia seca; MO=materia orgánica; PC=proteína cruda; GC=grasa cruda; ELN=Extracto libre de nitrógeno.

## EL NOPAL PARA GRANA DE CARMÍN COMO COLORANTE

Actualmente existe una tendencia mundial a sustituir los colorantes artificiales por productos de origen natural u orgánico debido a las consecuencias que trae consigo su empleo (alergias y principios cancerígenos), esto ha ocasionado un mayor interés por la grana cochinilla, ya que los cueros secos de las hembras y los productos obtenidos a partir de ellas tienen una amplia utilización en las industrias alimenticia, textil y farmacéutica, entre otras. Por esta razón existe amplia demanda en los mercados nacional e internacional. Así, ésta puede ser otra alternativa productiva para la generación de empleo e ingreso en el medio rural del estado de Michoacán y estados productores de nopal.



Cochinilla plaga del nopal, utilizada como colorante

El nopal sirve como sustrato en la producción de la grana para la obtención de colorante rojo carmín, producto de la cochinilla (*Dactylopus coccus costa*), que parasita el nopal. El mercado de la grana decayó con el desarrollo de las anilinas artificiales, pero recientemente al

considerarse algunas de éstas como cancerígenos y se reabrió el mercado para la grana, siendo demandado por la industria de embutidos cárnicos, y cosméticos y textiles.

Los cuerpos secos y limpios de las hembras de la grana cochinilla son la materia prima para la elaboración de los siguientes productos comerciales: Extracto de cochinilla (solución acuosa), carmín o laca, ácido carminico libre y purificado y carmín hidrosoluble.

Entre los principales usos de la grana cochinilla y sus derivados se encuentran: Teñido de fibras y tapetes, coloración de alimentos y medicamentos, elaboración de artículos de belleza, como tinciones histológicas y bacteriológicas, como indicador químico y elaboración de pinturas, entre otros.

En el estado de Michoacán y otras entidades no existe una tradición en la explotación artesanal de la grana cochinilla para producir colorantes naturales, menos aún se cuenta con una industria formal. Sólo se tienen experiencias aisladas, como las realizadas por un grupo de trabajo de la localidad de Carindapaz, municipio de Senguio. Estos productores establecieron un módulo productivo de grana cochinilla durante los años 1997-2002, con la finalidad de iniciar la producción de colorantes naturales a partir de grana de carmín. Sin embargo, estas experiencias no han tenido el seguimiento necesario para capitalizarlas a través de la creación y desarrollo de microempresas rurales especializadas en esta actividad.

## **EL NOPAL PROCESADO COMO ALIMENTO FUNCIONAL**

El aprovechamiento integral del nopal por la agroindustria comprende el procesamiento de diversos productos a partir de las pencas, de las frutas y del nopal verdura, incluso combinados con otras frutas y verduras. Son ampliamente conocidas diversas formas de consumo de esta especie, comenzando por la fruta fresca en platos preparados y los nopalitos encurtidos enlatados o en frascos, nopal deshidratado y micronizado (en botes, frascos o cápsulas), hasta los jarabes de frutas, tunas deshidratadas, tunas cristalizadas, jugos, cocadas, mermeladas, ates, quesos de tuna, productos de maíz con nopal (tortillas, tostadas, churritos, totopos), entre otros. Sin embargo, en muchos casos estas son formas de consumo local, tradicional y de corte artesanal.



Nopal, totopos y sus derivados. Foto Cortesía de El Manjar del Campo



Totopos de nopal. Foto Cortesía de El Manjar del Campo

El nopal puede ser considerado como un alimento funcional, es decir, que mejora la salud de quien lo consume. Son alimentos para uso específico de salud, referidos a aquellos alimentos que contienen componentes que desempeñan una función favorable y específica en la fisiología humana, que va más allá de su contenido nutricional. También se define como alimento funcional a “aquel que satisfactoriamente ha demostrado afectar benéficamente a una o más funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados en forma que resulte relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgo de una enfermedad” (Roberfroid, 2000).

Actualmente, en nuestro país se tienen algunos ejemplos de alimentos funcionales procesados a partir de nopal: Fibra o harina de nopal para prevenir la osteoporosis (Rodríguez García, Mario; 2007), cocada de nopal que mejora la digestión (Saavedra Chávez, Rosalinda, 2009). Estas características deben ser divulgadas para lograr una extensa penetración comercial en mercados nacionales e internacionales para que estos productos alcancen un mayor valor agregado.

La apertura comercial y la Globalización han ampliado las posibilidades de comercialización, y con ellas la emergencia de nuevos hábitos de consumo; por lo que se debe hacer énfasis en el reposicionamiento del nopal como alimento diferenciado de manera que siga siendo una opción rentable para el productor y una opción atractiva de compra para el consumidor. Las expectativas son buenas, puesto que los consumidores de los países desarrollados tienden a buscar nuevas opciones, nuevas presentaciones y sabores, además de la búsqueda incesante por productos sanos y nutritivos, características de los productos derivados del nopal.

#### **EL NOPAL COMO BIOPLÁSTICO Y BIOSORBENTES DE CONTAMINANTES**

A partir del bioetanol es posible la fabricación de bioplásticos o plásticos biodegradables. El principal producto de base biológica actualmente es el biopolietileno (bio-PET). Se obtiene a partir del etanol. Este tipo de plásticos son probablemente la competencia directa con los petroplásticos correspondientes.

En México se vive el inicio del declive y del fin de la era del petróleo, por ello, producir bioplásticos con nopal en vez de maíz, es una alternativa

y una forma de dar valor agregado al producto, sin comprometer los recursos alimenticios del país.

Por otra parte, en los últimos años, el uso de plantas muertas para la remoción de metales pesados de la industria ha ido en aumento. “Varios biomateriales como levaduras, algas, hongos, bacterias y cierta flora acuática han sido analizados, observándose una gran efectividad en la adsorción de metales” (Miretzky, Patricia y Muñoz, Carolina. 2009).

Entre esas plantas se encuentra el nopal (*Opuntia streptacantha*), cuya biomasa puede ser utilizada como una planta biosorbente que remueve plomo en agua contaminada. Mediante diferentes experimentos se obtuvo una capacidad máxima de adsorción de plomo de 29 mg., por gramo de biomasa, con una eficiencia del 94%.

Entre los beneficios del uso de estas biomásas se encuentran los siguientes: No producen material de desecho, no requieren nutrientes, permiten recuperar los metales removidos por la biomasa por medio de soluciones ácidas, la tecnología es simple y su eficiencia es comparable con las resinas de intercambio a un costo más bajo.

Esta biotecnología es una opción para las comunidades marginadas que no tienen acceso al servicio de agua potable ni recursos para comprar agua embotellada. El utilizar una biomasa de este tipo, ponerla en contacto con su agua y después simplemente filtrarla con un colador, ayudaría a que el agua que consumen tenga menor concentración de contaminantes.

Derivado de lo anterior, este tipo de industrias “verdes” puede promover el desarrollo económico de las comunidades rurales del país; asimismo, dará sostenibilidad a las industrias del plástico a niveles local y nacional, así como también a aquellas industrias cuyo giro es el tratamiento de aguas servidas o residuales.

## **EL NOPAL Y SU USO PARA PINTURA VINÍLICA, ESMALTE E IMPERMEABILIZANTE**

Tradicionalmente, en la industria de la fabricación de adobes y la construcción rural se ha venido utilizado el jugo o baba de nopal como material agregado a diversas mezclas, principalmente utilizado en forma

de goma como aglutinante en la conformación y protección de muros, techos de adobe, pinturas y adhesivos.

Actualmente, el proceso de industrialización del nopal ha llevado a la realización de estudios e investigaciones para la obtención de nuevos productos a partir de esta cactácea, uno de los más recientes es la pintura vinílica del nopal.

Actualmente la fabricación de pinturas utilizando como insumo principal el desperdicio del nopal, constituye un nuevo aporte de la tecnología mexicana en la innovación de productos de origen biológico, aprovechando al máximo los recursos de las zonas áridas y semiáridas del país. En este caso, se utiliza el jugo de las pencas de nopal como base en la elaboración de una pintura de tipo vinílica, que por sus características se considera totalmente ecológica.

La importancia de esta opción productiva, radica en un mayor aprovechamiento de la producción de nopal, ya que actualmente existe desperdicio de nopal, debido a que algunos productores y empresarios desconocen otras alternativas para su conservación y transformación.

Al extracto de nopal (baba de nopal), se le han realizado análisis y pruebas fisicoquímicas entre las que se encuentran la determinación de pH, porcentaje de sustancias no volátiles y propiedades aglutinantes, así como su compatibilidad con fungicidas e insecticidas no mercuriales. Los resultados de estos estudios indican que es factible elaborar una pintura totalmente biológica, a un costo menor que las que actualmente se fabrican a nivel industrial y que se venden en forma masiva en casas comerciales de todo el país.

La pintura vinílica de nopal tiene una durabilidad de 2 años a la intemperie, y al ser completamente orgánica, se encuentra libre de plomo, cromo y otros compuestos tóxicos. Además, es soluble al agua, resiste al ataque de bacterias, hongos y algas, tiene gran poder cubriente y se puede obtener una gama de colores.

Entre los aspectos favorables que presenta la fabricación de la pintura vinílica de nopal, destaca que es totalmente elaborada con materias primas nacionales, evitando insumos importados, con lo que se logra una reducción significativa en los costos de producción; pero sobre todo, que no perjudica al medio ambiente y la salud humana.



Además, se determinó que se pueden fabricar otros productos que aunque no estén basados totalmente en el extracto de vegetal del nopal, tales como esmalte de agua (sin solventes), impermeabilizantes y pintura de tránsito, tiene la característica de estar libres de plomo.

## **EL NOPAL PARA COSMÉTICOS Y USO MEDICINAL**

El nopal también es utilizado como materia prima industrial en la producción de cosméticos. En México y otros países se fabrican jabones, cremas, champús y enjuagues que contienen extractos de nopal, además de que se usa como base para la obtención de pigmentos de uso múltiple como son: Crema para manos y cuerpo; mascarilla humectante, estimulante y limpiadora; gel para el cabello, gel reductor, gel para la ducha, loción astringente, pomadas, sombras para ojos y rubor, entre otros productos.

En forma tradicional, en la medicina naturista el nopal tiene diversos usos medicinales. Algunos de éstos son: Cataplasma para golpes, contusiones, hinchazones, quemaduras, analgésico, diurético y antiespasmódico, en extractos o polvo de nopal deshidratado como auxiliar para tratamientos para la diabetes, hiperlipidemias, y para disminuir peso corporal. Actualmente existen cápsulas y tabletas hechas a base de varias especies de nopal y con diferentes formulaciones dirigidas a atender las propiedades y funciones terapéuticas del nopal.

Cabe resaltar el consumo de nopalitos y de tuna acida (el xoconostle), mismos que ha probado que abate en la sangre los niveles de azúcar y colesterol, por lo que la gente los consume cocinados, así como en cápsulas y comprimidos.

## **EL NOPAL COMO RECURSO MULTIFUNCIONAL**

Por sus características multifuncionales el nopal es un producto con gran potencial para la generación de riqueza en el medio rural, y que ha sido poco explotado hasta tiempos recientes. Como elemento auxiliar se conocen las siguientes aplicaciones: En la conservación del suelo: El nopal se utiliza para proteger el suelo y frenar la desertificación, es una planta que puede formar “setos” en curvas de nivel que ayudan a controlar la erosión del suelo, además de que soporta los ambientes

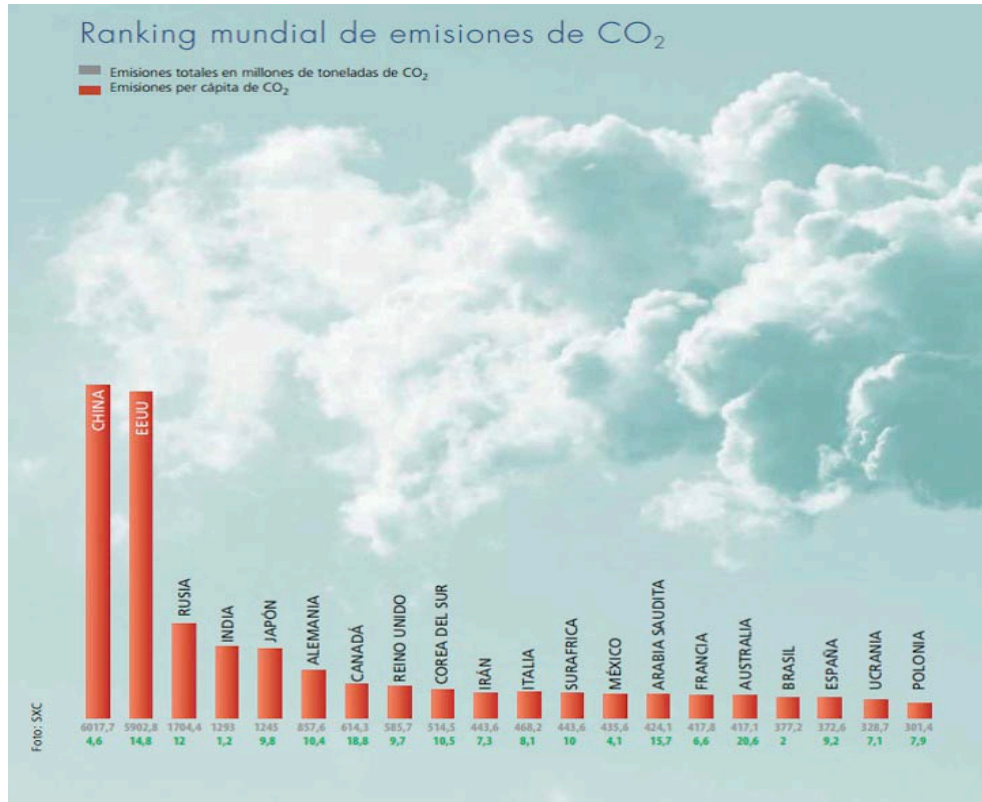
desfavorables del desierto, caracterizados por una precipitación pobre y errática, así como su alta oscilación térmica diaria y anual. Para abatir la contaminación atmosférica y combatir el cambio climático: El nopal como planta del tipo CAM (mecanismo ácido de las crasuláceas). Consume CO<sub>2</sub> por la noche en grandes cantidades, por lo que es recomendable su uso masivo en los camellones y azoteas de las grandes ciudades con problemas de contaminación producida por gases de efecto invernadero. La planta de nopal abre sus estomas por las noches absorbiendo CO<sub>2</sub> para convertirlo en ácido málico y conservando su agua.

Plantas ornamentales: Algunas especies de nopal presentan diversos tamaños y formas que valoran los consumidores, especialmente la especie miniatura (f.mínima); otras exhiben texturas y tonalidades singulares, por ejemplo el color de la opuntia microdasys (var. albispina). Además, tienen características estructurales y florísticas muy atractivas, por lo que pueden ser utilizadas como elementos o detalles decorativos en el interior/exterior de las casas habitación, calles, escuelas, jardines o parques públicos.

## **EL NOPAL Y EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

El agua en lo futuro, no será motivo de guerra; sin embargo, su disminución para el consumo humano, será motivo de conflictos locales y regionales, afectando el cambio climático, y consecuentemente el calentamiento global, que impacta en el ciclo natural del agua, produciendo gases de efecto invernadero, inundaciones y sequías. Aquí el nopal sería un elemento importante, para reducir gases de efecto invernadero, para el saneamiento de aguas y para la desalinización de la misma, proporcionando agua potable, utilizando para ello el mucílago del nopal con la tecnología apropiada. La gráfica 1 muestra la emisión global de gases de efecto invernadero, así como los datos globales y *per cápita* de México de 4.1 toneladas, y nos ubica en el decimotercer lugar en el ranking mundial.

Gráfica 1



Ranking mundial de emisiones de CO<sub>2</sub>. Fuente AQUAVITAE. Reflexiones con Algore, acerca del agua. Año 7/2011/número 14



## CAPÍTULO 2

### REFORMA ENERGÉTICA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

#### VISIÓN PROSPECTIVA

Fuente: Documentos SENER, Reforma Energética y Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027

La promulgación Constitucional de la Reforma Energética, modifica los Artículos 25, 27 y 28 de la Carta Magna y plantea la reestructuración del sector energético, desde el enfoque de dos grandes sectores de la energía en México:

#### **Hidrocarburos y sector electricidad**

El problema toral de los hidrocarburos es la falta de abasto, el futuro de México en esa materia, lo tendrán que definir la Reforma Energética y sus leyes secundarias; así como su correcta instrumentación, éstas últimas fueron discutidas y analizadas para su aprobación en el Congreso de la Unión, a fines de julio de 2014, y resulta ocioso, repetir la urgencia de la entrada en vigor de dicha Reforma. En estos momentos hay una crisis en el país en el suministro de gas natural y gasolinas, que ha provocado el freno de proyectos de inversión, con las consecuencias económicas para el país.

PEMEX venía funcionando en un estado cómodo, con enormes reservas probadas, probables y posibles 3P, hasta llegar a su punto más bajo de 44,530 millones de barriles en enero de 2013, lo que le da a México reservas por 15 años. La abundancia anterior, permitió al Estado mexicano, apoyarse en esta empresa para el desarrollo del país, creándose escuelas, hospitales e instituciones educativas en todos los niveles.

La abundancia creó nuevos ricos y muchos expresidentes no tendrán que preocuparse por el resto de sus días, y mucho menos por el futuro de sus generaciones. Los excedentes petroleros guardan un

destino secreto, nadie sabe dónde fueron a parar. El frágil cuerno de la abundancia ya acusa efectos severos; de ser una de las primeras empresas petroleras del mundo, PEMEX es ya un importador de hidrocarburos, la producción de petróleo registra una caída de 845 mil barriles por día, descenso que inició en 2003 hasta la fecha.

Ante el declive del complejo Cantarell, que ha descendido su producción de crudo y gas, hasta en un 50%, superado por el otro complejo, Ku Maalob Zap, situado también en Campeche; la balanza comercial de México se ha visto seriamente afectada, por el descenso de otras actividades, asociadas a la petrolera, del sector secundario como la minería y la construcción, que se refleja en el bajo crecimiento del PIB. El deterioro de la balanza comercial de hidrocarburos, es debido sin duda, a las crecientes cantidades de importación de combustibles y gas natural. Y también por la reducción de importación de crudo por los Estados Unidos, propiciado por el “boom” del shale gas, que desplaza al petróleo mexicano del mercado norteamericano.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en mayo de 2014, confirmó que las importaciones de PEMEX, superan a las exportaciones:

En abril de 2014, las importaciones de productos petroleros superaron las exportaciones en 132 millones de dólares, con lo que se obtuvo el primer déficit en el sector en los últimos 64 meses.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las importaciones sumaron 3 mil 866 millones de dólares, 17.1% más que en marzo, con cifras ajustadas por estacionalidad.

En tanto, las exportaciones llegaron a 3 mil 735 millones, un alza 1.2% contra el mismo mes. Precisamente el crecimiento más acelerado de las importaciones llevó al desequilibrio de la balanza petrolera.

Además, el poderío petrolero estadounidense, generado por la tecnología de fracturación hidráulica (fracking), está desplazando a productores como México de ese mercado.

Héctor Juan Villareal, director general del Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP), consideró que ante la caída de

la producción y exportación de crudo mexicano, así como la baja de precios, ya se están buscando nuevos destinos.

Una buena parte del crudo mexicano ya no se puede enviar a Estados Unidos, debido a la revolución energética” en el gigante de Norte América, dijo Villareal.

José Felipe Ocampo, especialista en el sector energético, aseguró que existen factores estructurales que están afectando a la balanza comercial de hidrocarburos.

La destrucción de la industria petroquímica impacta a la balanza comercial petrolera de México, además de la ausencia de construcción de refinerías. A esto se suma que las refinerías operan a baja capacidad, en alrededor del 80%.

El déficit sumó en abril de 2014, 51 millones de dólares, situación negativa que no se registraba desde diciembre de 2008, cuando fue de 201 millones, según los datos del INEGI.

Lo peor de todo, es que desde hace varias décadas los ingresos petroleros han representado al menos un 30% de los ingresos del sector público.

Así las cosas, PEMEX y sus 4 áreas importantes: Exploración y producción, refinación, gas, petroquímica básica y petroquímica, han sido rebasadas por la demanda nacional y por medio de las Reformas Constitucionales se crea una nueva entidad petrolera dotada de mayores facultades, para entrar al rescate.

Con las Reformas Constitucionales se crea el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilidad y el Desarrollo, que una vez satisfecha la distribución de los ingresos, y en caso de que existieran excedentes, de ese 100%, sólo el 10% sería destinado para financiar proyectos de inversión en ciencia y tecnología, y energías renovables. Lo que significa que la importancia dentro de la Reforma Energética, en el caso de las energías renovables es muy reducida y azarosa. Se requiere entonces de la gestión adecuada y una planificación integral del sector energético, que coloque a las energías renovables en el lugar fundamental que les corresponde en la matriz energética del país, ya que representan una verdadera opción para substituir de manera gradual a los combustibles fósiles; creando un cultura para su adopción e incluso para la exportación de tecnologías limpias para la generación de energía. Las

energías renovables deben tener certeza jurídica, no puede quedar de manera aleatoria. Entre sus objetivos la Reforma Energética establece en materia de energías renovables y de manera somera lo siguiente: **Sustentabilidad y protección del medio ambiente:** “Es posible mitigar los efectos negativos que la producción y el consumo de energías fósiles puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, mediante la mayor disponibilidad de fuentes de energía más limpias”.

La aprobación de la Reforma Energética y las leyes secundarias, no tendrán un “efecto mágico” en la economía, ya que la desaceleración de 2013, y 2014, persistirá en 2015, y entre el periodo de aprobación de la Reforma Energética, y su implementación hará falta un plazo, que esperamos sea breve. Ya en marcha la reforma, supondría el incremento de la extracción y producción de los hidrocarburos, en aguas profundas y del shale gas, con un enorme potencial en el Golfo de México, que vendría asociado con el flujo de inversión privada, sea esta nacional o extranjera. Se estima que México tiene una de las mayores reservas de *shale gas*, ubicada en el Golfo de México, que lo coloca en cuarto lugar en el mundo, un hidrocarburo que le ha permitido a Estados Unidos dirigirse hacia la autosuficiencia energética. Es importante señalar que en el tema de las reservas potenciales del shale gas, no existe una precisión oficial sobre ellas. Sólo son estimaciones y persiste la duda.

¿Castillos en aire?

Las reservas de *shale* y *oil gas* (gas y petróleo de lutitas), en México alcanzan, según la SENER, cerca de 60,200 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de los cuales 15,100 millones tienen posibilidades de ser explotables, según estimaciones del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), basado en información de la Agencia Internacional de Energía. México se propone detonar sus recursos de gas lutitas, para corregir su déficit de producción y equilibrar sus finanzas, para ello requiere de fuertes inversiones, sean públicas, privadas nacionales o extranjeras. La otra interrogante es, ¿México tiene la tecnología para extraer el shale gas? Registros de PEMEX, documentan extracción y pruebas piloto exitosas, al parecer el meollo del asunto está en los costos y cómo obtener los recursos financieros para ello.

Aún cuando el shale gas, es menos contaminante que el gas LP, no deja de ser un gas fósil, que incide de manera directa en la generación de gases de efecto invernadero, así mismo el método de extracción del shale gas, lutitas o gas pizarra como se le conoce también; el fracking



o fracturamiento hidráulico, deja mucho que desear, en materia de protección al medio ambiente. Implica el uso de elementos químicos que pueden dañar el manto freático, además de que el uso de explosivos, eventualmente pudiera generar sismos leves pero recurrentes.

***El Poder Ejecutivo a través de la SENER, deberá garantizar la protección del medio ambiente, de otra manera resultaría incongruente que establezca, por un lado, como prioridad la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente; estableciendo un programa transversal para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático, en el que participan 13 dependencias; y por otra parte, permitir se cometan ecocidios, como ha ocurrido en Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, por la actividad petrolera.***

Por vez primera, se crea la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente, que impondrá sanciones a las empresas petroleras que causen daño a los ecosistemas. Seguir haciendo lo mismo a nivel mundial y en México, o no hacer nada, para reducir las emisiones y acumulaciones de gases de efecto invernadero, es dejar las cosas en manos de la naturaleza, que podría desembocar en un cataclismo.

### **Sector electricidad**

La situación financiera de la CFE, no es menos grave que la de PEMEX y de hecho “van agarrados de la mano”, ya que la generación de electricidad es costosa y muy contaminante, agravado por la deficiente operación del Sistema Eléctrico Nacional, que acarrea barreras y dificultades para la transmisión y consumo; lo que se traduce en tarifas altas al consumidor, que provoca malestar e irritabilidad social al igual que los “gasolinazos” de cada mes. A falta de gas natural, por el desabasto de PEMEX, la CFE utiliza combustóleos que emiten gases de efecto invernadero en grandes cantidades; contribuyendo con el riesgo de desencadenar el cambio climático peligroso.

Aquí nuevamente insistimos en el importante papel que pudieran significar las energías renovables, desplazando de manera gradual el uso de combustibles fósiles y abatiendo los gases de efecto invernadero. *Lo anterior demuestra que la generación de biogás a partir de la biomasa de nopal, sería un factor importante para generar energía calorífica,*

*electricidad y gas natural para el transporte; con menor inversión y a precios bajos, con cero emisiones de gases de efecto invernadero y con tecnología mexicana.*

Para agravar la situación, la comparación de las tarifas de electricidad de México con otros países, especialmente Estados Unidos, nos pone “muy mal parados” ya que a pesar del subsidio, estamos en un 25% arriba. Esto nos hace menos competitivos en los mercados nacional e internacional, y frena de manera drástica nuestra economía.

Del cien por ciento de la capacidad efectiva de energía de nuestro país: 63 GW (gigawatts), el 64% es operado por la CFE y el restante por particulares, con base a la Reforma de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica de 1992, que permite la producción como productor independiente de energía eléctrica, autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción y exportación e importación. Esto marcó el inicio de la privatización discreta de la producción de energía eléctrica y la relegación de la CFE en la generación de energía, que ha favorecido a los grandes consorcios transnacionales que son los grandes consumidores.

La falta de liquidez de la CFE permitió, que la demanda de transmisión y distribución se “estancara” sin capacidad de atención a la demanda de los particulares, además en general las líneas de transmisión ya tienen más de 30 años. La inversión de la expansión de la red de transmisión se supone fluirán del sector privado sea éste nacional o extranjero. Seguir como estábamos, excluía a la generación de energías renovables, ya que no estaban contempladas en la posibilidad de subir a la red sus excedentes de energía ya sea como ahorro o comercialización, lo que desanimaba el desarrollo de las energías limpias.

Adicionalmente como ocurre con las tuberías de agua, viejas y con fugas por falta de mantenimiento, de manera similar ocurre con la distribución, ocasionando grandes pérdidas de energía que alcanzan hasta un 21% de la energía generada y adquirida no cobrada; es decir “puras pérdidas”

La Reforma Energética enfatiza en la eficiencia energética, pero no dice cómo lograrla; se menciona entre otros objetivos de la Reforma Constitucional, la inauguración de tres Centros de Innovación de Energía, que en sus objetivos pretenden el logro de la eficiencia energética

Mientras eso ocurre, podemos decir que la eficiencia energética, es el conjunto de acciones que permiten optimizar el uso del agua,

electricidad, gas, combustibles, uso óptimo y selección de equipos, de materias primas, adecuado control de emisiones tóxicas y peligrosas, mejorando con ello, la productividad, la calidad de los servicios y la elaboración de productos.

En México desde 1995 se introdujo el concepto de Producción Más Limpia, bajo el impulso de la ONUDI y el IPN. El que esto escribe tuvo el honor de ser el director fundador del Centro Regional para la Producción Más Limpia de Tabasco, dependiente del IPN, en 2005.

Sin duda que un elemento importante para lograr la eficiencia energética, es la implantación de la tecnología y la metodología de Producción Más Limpia, y el desarrollo de mecanismos limpios, disponible en México a través de la ONUDI y del IPN, pero excluida de la Reforma Energética.

En esas condiciones la CFE al igual que PEMEX, y de haber seguido igual, de ser originalmente la institución que por ley fue creada para generar, transmitir y distribuir electricidad, se hubiese visto reducida en un “elefante blanco”.

#### Ley General de Cambio Climático

“En 2012, se aprobó la Ley General de Cambio Climático, en la cual el país establece como meta la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para el 2020, y 50% para el 2050, en relación con la línea base de emisiones del año 2000. Dicha Ley es precisa en cuanto a la contribución que se espera del sector energético, particularmente de la industria eléctrica, la cual deberá promover que al menos 35% de la generación eléctrica del país provenga de fuentes limpias en 2024, y que además se cumpla con lo dispuesto en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética, y la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”.

Sin embargo, la generación de energías renovables o no convencionales fue apenas del 18.3%, precisamente en 2012.

Según datos de la SENER y ya hablando en el contexto mundial y el rol de México, en las energías renovables, lo que se requiere son grandes inversiones para diversificar la matriz energética e incrementar su capacidad instalada.

En 2012, China, Estados Unidos y La India contaban con una capacidad instalada de generación a base de energías renovables (sin incluir hidroeléctricas), de 90, 86, y 24 GW, respectivamente, mientras que México, apenas contaba con 2.4 GW. Esto se debe en parte a que la estructura del mercado eléctrico nacional no promueve la adopción a gran escala de las energías renovables. Este modelo se agotó y el acceso a las redes de transmisión para nuevas plantas, sencillamente se tornó imposible.

De la misma manera que en el sector hidrocarburos PEMEX y la CFE en el sector eléctrico, permite suponer, se verá fortalecida con la Reforma Energética y bajo el control del Gobierno Federal.

### **Control del Gobierno Federal**

La Reforma Energética permitirá al Ejecutivo Federal y a la SENER, tomar el control de ambas instituciones, PEMEX Y CFE, fortaleciéndolas para el logro de sus objetivos, a PEMEX dotarlo de las facultades necesarias y suficientes para garantizar el abasto, a través de la exploración y extracción en aguas someras de manera continua, y propiciar la explotación del shale gas y la exploración en aguas profundas, para aumentar la exportación de crudos, aumentar sus reservas y abastecer la demanda en materia de combustibles y gas natural. Ante todo esto, viene a la mente la frase acuñada por Henry Kissinger, perverso político norteamericano: “Controla el petróleo y controlarás a las naciones; controla los alimentos y controlarás a la gente”. Y eso es una realidad de oro, triste verdad.

Al igual que PEMEX el Gobierno Federal mantendrá el control del Sistema Eléctrico Nacional y con la SENER, fortalecerán a la CFE, para que ésta pueda generar energía barata, en igualdad de circunstancias que los particulares, así como la modernización y ampliación de la red nacional de transmisión y distribución, a través del Centro Nacional de Control de Energía y Mercado Eléctrico, que fungirá como operador. Se establece el compromiso de fortalecer a las energías limpias en las regiones con alto potencial para ello se han creado los Centros Mexicanos de Innovación en Energía eólica, solar y geotermia.

La SENER, anunció la apertura de tres Centros Mexicanos de Innovación en Energía: El CEMIE-Eólico, el CEMIE-Geo y el CEMIE-Sol. El primero

conjunta y consolida instituciones y empresas de todo el país referentes en materia de energía eólica. El segundo estará enfocado a trabajar en energía geotérmica, y entre las áreas que incluye el proyecto estará la exploración y mapeo del recurso geotérmico, fortalecimiento y creación de laboratorios, entre otras. Para el tercer CEMIE, los objetivos estratégicos incluyen generar productos y servicios comercializables dentro de la industria solar en México

*¿Y los bioenergéticos y la biomasa? ¿Hacia dónde vamos? Muy válido en este momento es solicitar un centro de innovación, que se aboque al estudio, la investigación e impulso a los bioenergéticos, a los biocombustibles, especialmente a la biomasa del nopal.*

Los resultados obtenidos en el periodo 2003-2012 en materia de energías renovables, muestra una disminución del 8% al 6.2% señala la SENER en el documento denominado: Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027, así la principal fuente de generación de energía con un 77% fue la hidroeléctrica, la energía solar pasó del 0.68% hasta alcanzar el 1.6% debido al crecimiento del uso de calentadores solares.

La SENER a través del Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), establece que México cuenta con 13,185 GW, 3P, de reserva en las diversas manifestaciones de energías como son la: Geotérmica, minihidráulica, eólica, solar y bioenergía. México está en el momento de diseñar instrumentos de política que permitan incentivar el desarrollo de las energías renovables, para ello se requerirá de la colaboración y la determinación del Congreso de la Unión, del Poder Ejecutivo, con la dependencias vinculadas, y de los tres niveles de gobierno, de la iniciativa privada y de la población en general.

### **El futuro de las energías renovables a nivel global y en México**

China y Estados Unidos, lideran al mundo en la generación de energías renovables, en tanto que Brasil es líder en América Latina, por su parte México, tiene un lugar importante en la generación de energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar fotovoltaica, y un incipiente uso de biomásas.

En el contexto mundial, la energía eólica ya está establecida como fuente de energía en más de 100 países. Como ejemplo, China, que con 12,960 MW instalados en 2012 ha alcanzado los 75,324 MW de potencia instalada, estimándose en unos 250,000 puestos de trabajo los asociados al sector eólico.

Se estima que en 2020, según datos de la SENER, México alcanzará los 12,000 MW instalados en energía eólica, que contribuirán a cubrir el 5% de la demanda eléctrica del país, desplazando a la hidráulica, con 5,600 MW, seguido de la solar fotovoltaica con 3,828 MW, la biomasa con 767 MW y la geotérmica que pasa al último lugar con 176 MW.

El costo de producción de la energía eólica, es hoy en día una quinta parte que hace 20 años. Los costos de los aerogeneradores se sitúan en el rango de los 1300 USD/kW, variando en función de la tecnología y el tamaño de máquina. Los precios por kw instalado oscilan entre 1500 y 1800 USD/kW.

Los costos de generación varían entre los 5 y 10 centavos de dólar por kwh producido.

México tiene un gran potencial en energías renovables, por su privilegiada situación geográfica, con sol, viento, agua, biomasa y geiseres, en abundancia, que aunado al talento mexicano podrían llevar a las energías limpias en un lugar preponderante en la matriz energética de nuestro país.

En México, afirma un académico de la UNAM se usan las celdas fotovoltaicas, o celdas solares, con tecnología importada. Se compran los módulos en grandes cantidades, se reconectan y colocan en un marco para ser usados, lo que en términos reales es ficción o simulación científica.

Para el sector académico, especialmente para el doctor Xavier Mathew, investigador de la UNAM, esto no tiene que seguir siendo así. Después de ganar en 2009 una de las convocatorias del Fondo de Sustentabilidad Energética, el científico planteó la construcción de una planta piloto, lo que resulta alentador para México.

Un futuro prometedor está al alcance de México con la biomasa del nopal, y lo más importante, es que se trata de tecnología mexicana, que

es una realidad, con una planta piloto funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos social, económico y ambiental.

- ✓ Crea empleos en la localidad, disminuye lamigración
- ✓ Crea polos de desarrollo, trasformando la realidad local
- ✓ Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume bióxido de carbono transformándolo en ácido málico
- ✓ Revitaliza la tierra erosionada
- ✓ La generación de biogás y electricidad con nopal, no produce gases de efecto invernadero, no provoca lluvia ácida
- ✓ Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes que elevan la productividad en el campo
- ✓ Suministra biogás para el transporte, surtiendo a la gasolina
- ✓ El nopal se puede sembrar en prácticamente todo el territorio nacional y requiere poca agua

Es una energía renovable, limpia y sustentable, que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética sería incompleta y excluyente.

## **ENERGÍAS RENOVABLES**

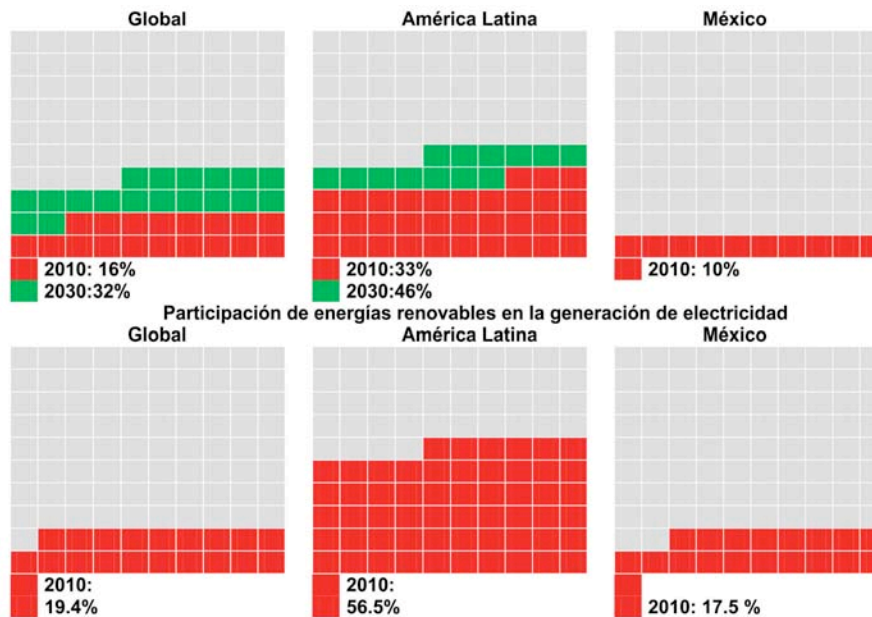
### Situación global

Los combustibles fósiles, carbón, petróleo, gas y sus derivados, diésel, y gasolina, en la actualidad, a nivel global contribuyen en la satisfacción de la demanda total en más de un 80%, tal como se muestra en la figura siguiente:

En la figura 1. Se muestra la situación que guardan las energías renovables a nivel global, comparativamente con América Latina y México, que pone a nuestro país a la zaga tanto en la matriz energética como en la generación de electricidad con energías renovables.

Figura 1. Comparación entre México y el mundo en materia de energías renovables

Participación de energías renovables en la generación de electricidad



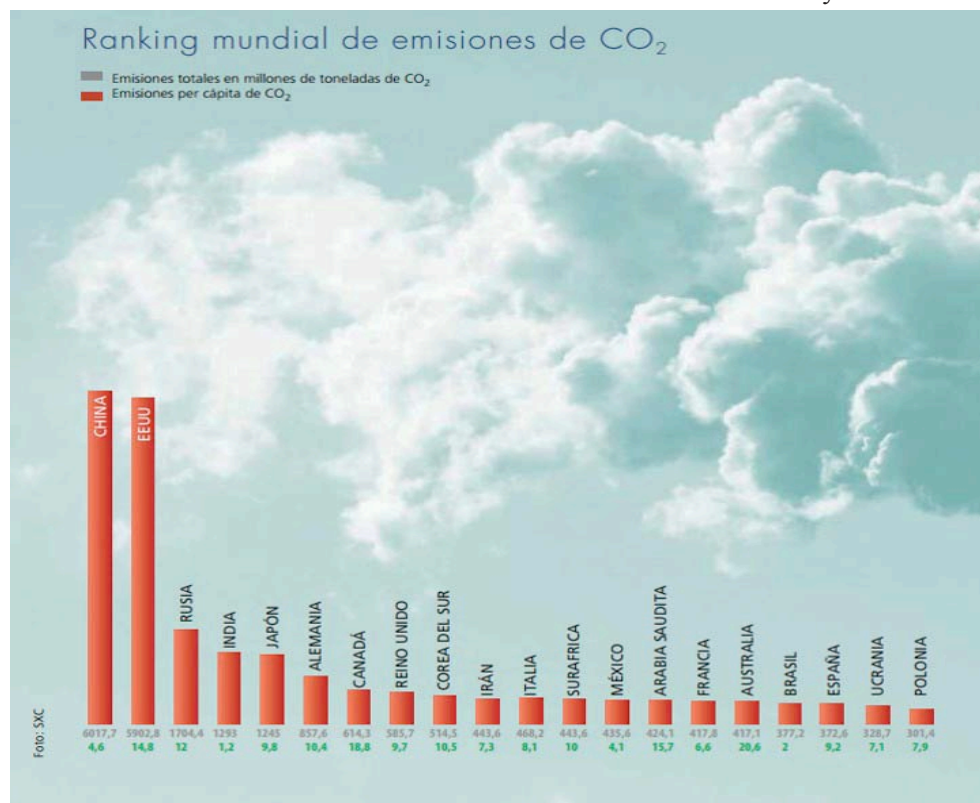
Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All "Data Annex" Global Tracking

Como se puede observar en México, según cifras oficiales contenidas en la Reforma Energética, la participación de energías no fósiles, o renovables, en la generación para el servicio público fue apenas de 18.3% de la energía generada hasta 2012, por lo que se requieren, señalaban los promotores de dicha Reforma, de grandes inversiones para diversificar la matriz energética e incrementar la capacidad instalada de generación en México. Esto se ha convertido en una demanda de la sociedad, que exige el estricto apego en materia de generación de energía, que ésta sea limpia y sustentable; es decir, sin comprometer el futuro de sus herederos. Ahora bien, es de considerar que los combustibles fósiles tienen una vida finita, y que con el uso de nuevas tecnologías las reservas posibles a nivel mundial podrían extenderse a unos 200 años aproximadamente, que no es el caso de México, ya que sus reservas están más limitadas. Por lo tanto, cobran mayor importancia las energías renovables. El uso persistente de combustibles fósiles ha llevado también a la producción masiva de gases de efecto invernadero, fundamentalmente dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, que se quedan atrapados en la troposfera, que es la capa de la atmósfera



terrestre, que está en contacto con la superficie de la tierra y en la que concurren los fenómenos como los vientos, lluvia, concentración de oxígeno y vapor de agua, que en condiciones normales mantiene fría a la tierra, pero los gases de efecto invernadero, elevan su temperatura y con ello producen el cambio climático, que ha mostrado sus efectos letales como huracanes, ciclones y tsunamis.

Gráfica 2 estadística de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y de México



Fuente AQUAVITAE. Reflexiones con Al Gore, acerca del agua. Año 7/2011/número 14

En 2012, como ya vimos en páginas anteriores; México aprobó la Ley General de Cambio Climático, estableciéndose como meta la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para 2020, y 50% para 2050, tomando como parámetro las emisiones del año 2000. La Ley establece que al menos 35% de la generación eléctrica del país deberá provenir de fuentes limpias para 2024. El porcentaje de 35% corresponde a lo dispuesto en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética, que requiere metas de 35% en energías no-fósiles en la generación eléctrica para el 2024, subiendo a 40% en 2035 y 50% en 2050.

Ahora bien la Reforma Energética, de acuerdo con la SENER, entre sus objetivos energéticos, se propone lograr un mejor crecimiento económico, generando empleos, mejorar la economía familiar, a través de gas y combustibles baratos; contempla subsanar el déficit de México, en el suministro de combustibles y de gas, y ofrece reducir tarifas y que hasta este momento para abastecer la demanda, importa dichos productos a precios muy elevados, que nos saca de la competencia internacional en la manufactura de productos mexicanos, encareciendo nuestros servicios y productos de consumo básico, por las altas tarifas de gas, electricidad, diésel y gasolina.

Pretende la Reforma, lograr un desarrollo incluyente que permita democratizar la productividad y la calidad de vida de la población, recuperar los ingresos petroleros para combatir la pobreza, fortalecer el papel del Estado mexicano como rector de la industria petrolera, dotando de mayores facultades a PEMEX, implementando mecanismos de transparencia; al final ya en el tema que nos ocupa en materia de energías renovables, como ya hemos dicho, someramente señala:

**Sustentabilidad y protección del medio ambiente:** “Es posible mitigar los efectos negativos que la producción y el consumo de energías fósiles puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, mediante la mayor disponibilidad de fuentes de energía más limpias”.

**Para ello se modificaron los artículos 25, 27 y 28 constitucionales.**

*En resumen, no basta con tener leyes, normas y reglamentos, si estas no cubren todas las actividades económicas del sector, ni es ejemplo de eficiencia, una administración, con subejercicios, ante tantos proyectos y tantas tecnologías que están en espera de recursos para ser detonados, con beneficios ambientales, económicos y sociales. Resulta infame, cuando se trata de tecnología mexicana.*

## **ENERGÍAS RENOVABLES**

Energía renovable, según la concepción generalizada es aquella que se obtiene de fuentes naturales e inagotables, por la gran cantidad de energía que poseen o por la capacidad de transformarse, de acuerdo con la primera ley de la termodinámica, y el principio de que “la energía no se crea, ni se destruye, sólo se transforma”.

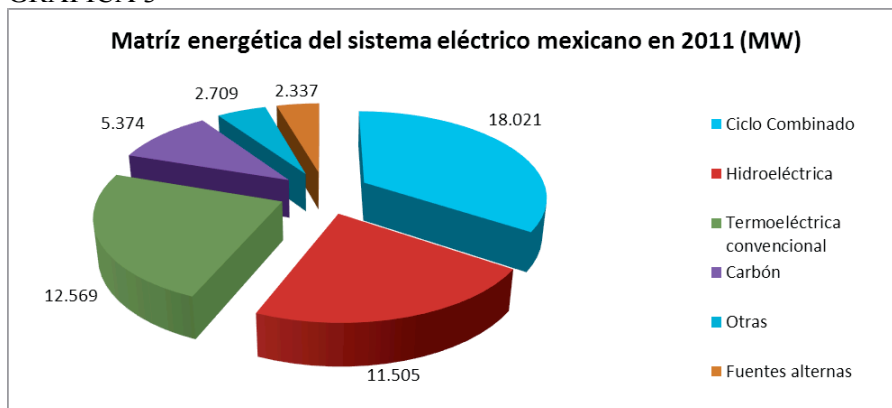
Las energías renovables, son entonces factor importante para la generación de energía no convencional y para el desarrollo sustentable del país. La fuente fundamental de energía y de vida, de nosotros los humanos, de los animales, de las plantas y de nuestro planeta; es el sol, seguido por el viento y el agua, y que es una fuente natural de energía, que algún día se apagará, pero para ello habrán de transcurrir millones de años.

Dentro de las energías renovables se pueden distinguir la eólica, la solar fotovoltaica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, biomasa y biocombustibles por citar algunas. ¿Por qué voltear los ojos a las energías renovables?

Bueno, porque los combustibles fósiles más tarde que temprano se terminaran, porque su existencia es finita y porque su uso irracional está afectando el equilibrio ecológico del planeta, desembocando en un cambio climático, que ya altera considerablemente la vida, causando catástrofes y provocando la lluvia ácida, gases de efecto invernadero, así como la contaminación de ríos, mares y en general de nuestro medio ambiente.

Por otra parte, ya es evidente la escasez de los combustibles fósiles, como la madera y el carbón, a flor de tierra, y otros cuya extracción, como es el caso de los hidrocarburos, como el petróleo y el gas es cada día, más difícil y más costoso. Es por ello la urgencia de modificar nuestro sistema de generación de energía, pero que esto sea de manera sustentable; es decir, propiciar el desarrollo de las energías renovables, sin poner en riesgo el medio ambiente y preservarlo sano para las generaciones futuras, que es responsabilidad de las autoridades del sector energético, del poder legislativo y de todas las dependencias ligadas a la agricultura, y el medio ambiente, pero también de los ciudadanos, de los sectores social y privado, es decir, de todos los mexicanos.

GRÁFICA 3



México cuenta, según fuentes oficiales, con reservas probadas y las probables de hidrocarburos que pueden durar de 10 a 15 años, sin incluir a las reservas posibles, que es el mismo tiempo que se requiere para instrumentar y consolidar políticas públicas en materia de energías renovables, eso sí comenzamos ahora. *Se requiere para ello la voluntad política de las autoridades, del sector energético, del Poder Legislativo y del Ejecutivo Federal*, haciendo a un lado cualquier tipo de intereses, que pudieran representar barreras para esta gran misión, que representa la generación de energía renovable y limpia, con cero emisión de contaminantes a partir de la biomasa del nopal, proyecto exitoso, motivo de esta publicación, que ha pasado de ser un proyecto, para convertirse en una realidad; de la idea, a la generación de gas, electricidad y de etanol, superando como veremos más adelante, a otras energías como la eólica y la solar; por la disposición de gran cantidad de biomasa o materia prima permanente, por su alta productividad y por su bajo costo, ya que el nopal se puede producir en cualquier parte del territorio nacional; sobresaliendo por su productividad y rentabilidad y porque además genera empleos, que tanto le hacen falta a México.

La industria petrolera mexicana ha sido la proveedora y fuente importante de recursos económicos, para el desarrollo del país, ni duda cabe, a pesar de terribles situaciones de corrupción que ha vivido; aporta en promedio el 33% del Producto Interno Bruto de México. Sólo que en los últimos años, la producción y en consecuencia las exportaciones han bajado, por el declive del complejo Cantarell en Campeche; descendiendo de 2003 a la fecha, en 845 mil barriles diarios de petróleo crudo y que de acuerdo con esa tendencia, México, de no haber realizado acciones.

*Miguel Aké Madera*

radicales en la empresa petrolera, ésta hubiese estado condenada a convertirse en importadora de petróleo. Que ya lo es, de hecho, lo hacemos con el gas natural y las gasolinas y ahora con crudo ligero.

Expertos en áreas financieras señalan que PEMEX paga a la SHCP, impuestos y derechos cuyo monto se define por los precios de los hidrocarburos y sus derivados. Aunado a la cantidad de extracción de crudo y gas, que en este momento es deficitario, de ahí la explicación del porque nuestra economía en estos momentos no crece, nuestra economía está petrolizada, ¡pero no ahora sino siempre!

Ahora PEMEX avizora en el gas shale, una buena oportunidad de negocios; sin embargo, su extracción de las rocas constituye una grave amenaza para el medio ambiente y la sustentabilidad de nuestro país, y que hasta este momento no ha dicho PEMEX, como evitar un posible daño al medio ambiente, como lo han sufrido entidades como Veracruz, Tamaulipas, Tabasco y Campeche por la actividad petrolera.

La Reforma Energética y lo que propone

Entre sus objetivos señala de manera somera, ya lo hemos dicho de manera reiterada, en materia de energías renovables, lo siguiente:

**Sustentabilidad y protección del medio ambiente:** “Es posible mitigar los efectos negativos que la producción y el consumo de energías fósiles puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, mediante la mayor disponibilidad de fuentes de energía más limpias” Es decir, el sector energía no promueve de manera adecuada y suficiente el uso de las energías renovables, a pesar del discurso oficial que pregona lo contrario, en los hechos no le da la importancia debida.

Por el contrario los objetivos mayores de la Reforma Energética, se centran a partir de su diagnóstico de comparar la situación de los hidrocarburos sin Reforma y cómo operaría con Reforma; de la manera siguiente:

### **Diagnóstico**

El sector hidrocarburos se conforma por las actividades de exploración y extracción, refinación, petroquímica, transporte, almacenamiento,

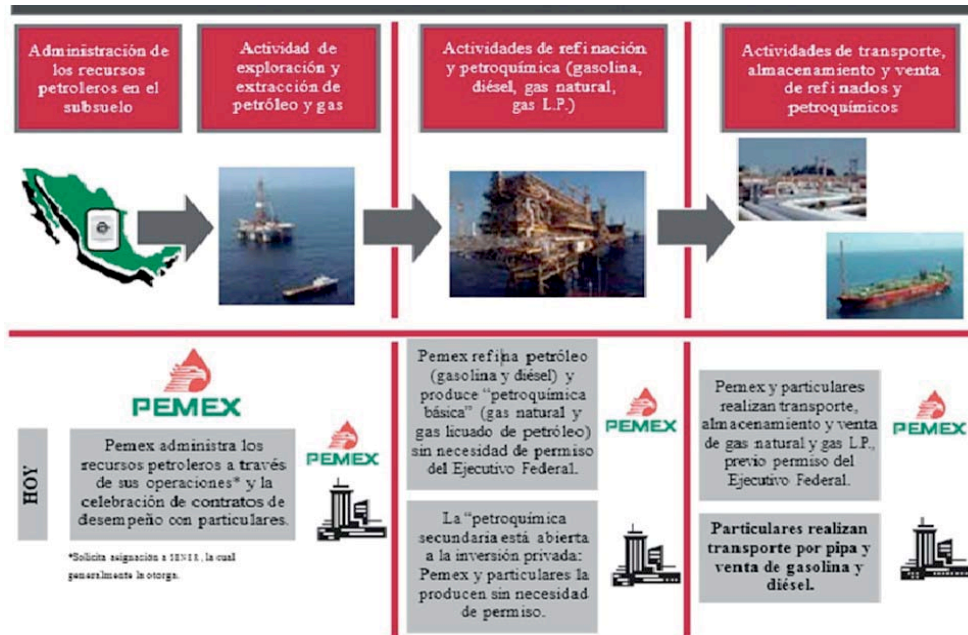
distribución y expendio al público. El diagnóstico del sector hidrocarburos, advierte la SENER, se divide en dos aspectos:

- Necesidad de complementar el esfuerzo de Petróleos Mexicanos (PEMEX), y necesidad de apuntalar la soberanía energética del país
- Necesidad de complementar el esfuerzo de Petróleos Mexicanos (PEMEX)

En términos generales, a manera de resumen, significa que PEMEX requiere del apoyo de empresas privadas nacionales y extranjeras, para la explotación de distintos tipos de yacimientos por carecer de la tecnología adecuada y de recursos financieros suficientes, sobre todo en la que se refiere a la exploración en aguas profundas y para la extracción de gas y petróleo de lutitas.

PEMEX persistirá en su objetivo en aguas someras, compartiendo la exploración y extracción de lutitas y los campos maduros, considerando que México tiene un gran potencial a nivel mundial en gas natural almacenado en rocas duras, susceptible de ser extraído a través del “fracking” o fracturamiento hidráulico que consiste en la perforación de pozos horizontales, inyectando a presión agua, arena y elementos químicos como el benceno y otra gran cantidad de productos químicos, que rompen o diluyen la roca liberando el gas lutita o gas esquito, también conocido como gas shale. El gas obtenido sigue siendo un gas fósil y por su abundancia en México, pudiera sustituir la importación de gas, debido al declive de la producción de los campos petroleros; con la posibilidad de bajar, las tarifas de gas y electricidad. Lo que no aclara PEMEX, son los mecanismos a emplear para evitar un ecocidio. En Estados Unidos y otros países hay voces divergentes que se oponen a la práctica del “fracking”

## DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 1 DEL FUNCIONAMIENTO DEL SECTOR HIDROCARBUROS



Así las cosas, resulta lógico y necesario, fortalecer y propiciar todas las acciones posibles para empoderar en la matriz energética de México a las energías renovables, especialmente aquellas que se obtienen con tecnología y equipo mexicanos.

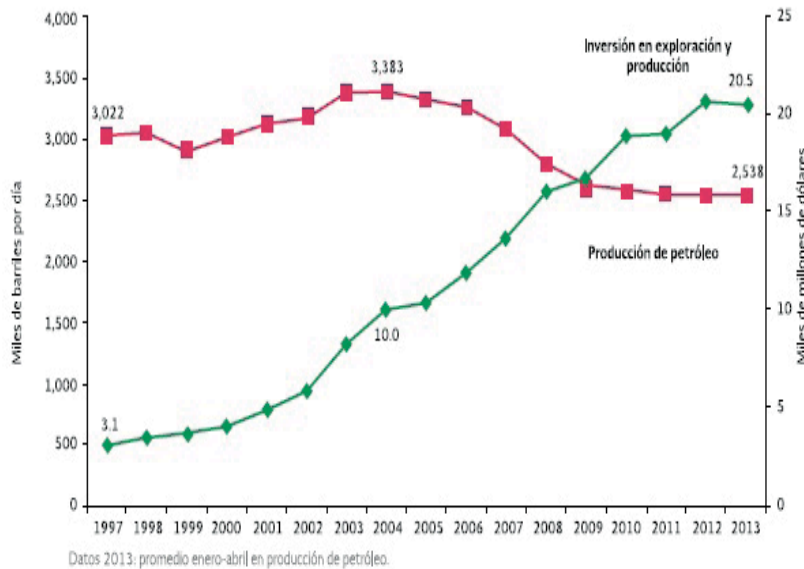
Necesidad de apuntalar la soberanía energética del país

Para apoyar en su momento la aprobación de la Reforma Energética, que implicó reformas a la Carta Magna, misma que ya es Constitucional y que al momento de escribir esta obra, han sido aprobadas en el Congreso de la Unión las Leyes Secundarias; que seguramente servirán de instrumentos para la puesta en marcha de la Reforma Energética, la SENER elaboró para ello, información estadística, muy útil para comprender y para demostrar la incapacidad de PEMEX, para continuar en la situación en la que se encontraba, en la que la demanda superó a la oferta, sobre todo en gas natural, y puso a la petrolera, en situación de déficit y con rumbo a la quiebra, lo que hizo necesaria e imperiosa su transformación a fondo, es decir, una reingeniería Constitucional y administrativa.

*La Reforma Energética, contempla subsanar el déficit de México, en el suministro de combustibles y de gas y ofrece reducir tarifas, y que hasta este momento abastece la demanda, importando dichos productos a precios muy elevados, que nos saca de la competencia internacional en la manufactura de productos mexicanos y encareciendo nuestros servicios y productos de consumo básico, por las altas tarifas de gas, electricidad, diésel y gasolina.*

**GRÁFICA 4. Fuente SENER**

**Producción de petróleo crudo, inversión en exploración y producción y precio de la Mezcla Mexicana de Exportación (1997-2013)**



**Precio de la Mezcla Mexicana de Exportación**  
(Dólares por barril)

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Precio	13	10	16	25	19	22	25	31	43	53	61	86	57	72	101	103	103

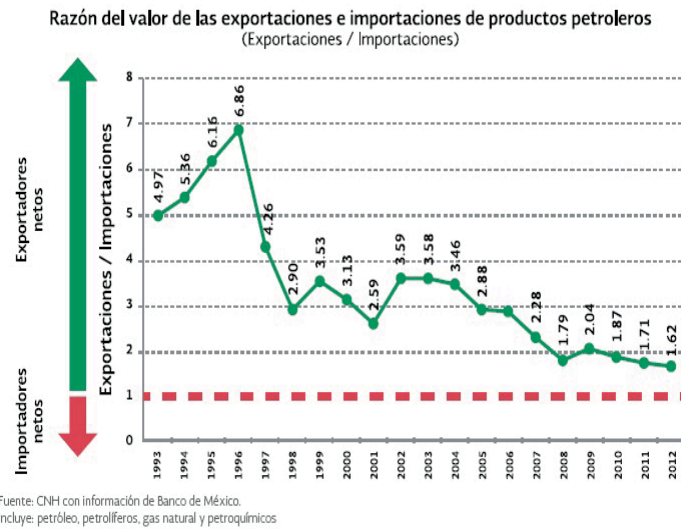
Fuente: Base de Datos Institucionales de Petróleos Mexicanos, junio 2013.

Como se puede observar a partir de 2003, empezó el decaimiento de la producción de petróleo crudo, hasta su punto más bajo en 2013, decayendo la producción en 845 mil barriles de petróleo por día, en tanto que el precio a nivel internacional pasó de 31 a 103 dólares por barril. A la vez que en ese mismo periodo, crecía la inversión en exploración y producción.

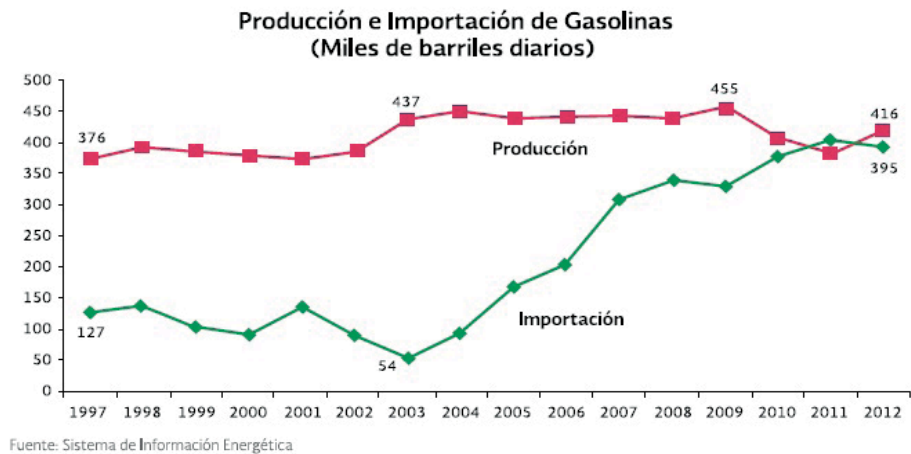


La gráfica siguiente, muestra francamente una tendencia decreciente, tendencia misma que, no ha sido revertida, revertido, y que ha llevado a México a ser un importador de hidrocarburos. La incongruencia total, por ello, urgía la Reforma Energética.

**GRÁFICA 5**



**GRÁFICA 6**



El futuro de México lo tendrá que definir la Reforma Energética y sus leyes secundarias, así como su pronta y adecuada implementación; ya que en estos momentos hay una crisis en el país en el suministro de gas natural y gasolinas, que ha provocado el freno de proyectos de inversión. Se requiere entonces de una planificación integral del sector energético, que coloque a las energías renovables en el lugar fundamental que les corresponde, ya que representan una verdadera opción para substituir de manera gradual a los combustibles fósiles; creando una cultura para su adopción e incluso para la exportación de tecnologías limpias para la generación de energía.

Lo que propone la Reforma Energética en cuanto a gas y petróleo de lutitas

“Si bien la tecnología de fractura hidráulica existe desde hace muchos años, el reciente éxito comercial en el vecino país del Norte, en su aplicación en campos de lutitas se debe a la combinación de pozos horizontales con el diseño del tipo de fractura necesario para cada yacimiento, mediante sofisticados programas geomecánicos.

La fractura optimizada de la roca de lutitas en un yacimiento, permite liberar el mayor volumen posible de los hidrocarburos contenidos, aumentando significativamente la productividad por pozo. El éxito en estos yacimientos también se debe al desarrollo de técnicas de gestión en serie, que permiten abatir costos y hacer más eficientes los procesos de producción. La integración de proveedores en la cadena de operación y estructuras livianas de personal, han contribuido también a este éxito.

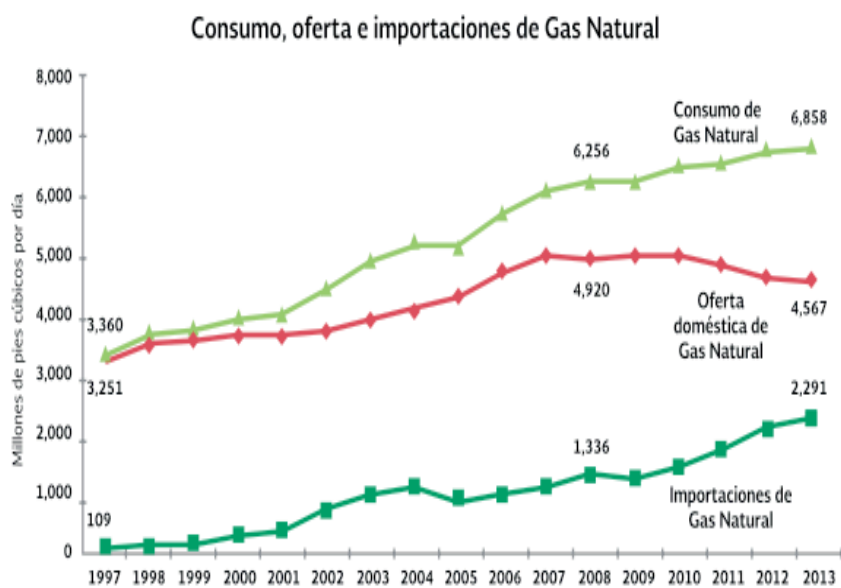
Hoy en día, la producción de gas de lutitas representa 34% de la producción de gas natural de Estados Unidos. Estos niveles de producción se han conseguido a través de una década de desarrollo, durante la cual la producción se ha incrementado en ocho veces, dando lugar a la hoy llamada “Revolución Energética en Norteamérica”.

***Lo que no precisa la Reforma Energética, son los mecanismos a emplear para evitar un ecocidio. En Estados Unidos y otros países hay voces divergentes que se oponen a la práctica del “fracking”.***

La Secretaría de Energía, en voz de su titular, Pedro Joaquín Coldwell, expresó: “Lo que vamos a ver ahí es a empresas pequeñas y medianas participando, o Pemex asociándose con ellas quizá a través de una

filial que sea más de estas dimensiones”, dijo en entrevista con CNN; comentó: “Una vez aprobadas las leyes secundarias en materia de energía, Petróleos Mexicanos (PEMEX), podrá crear una filial para explotar el *shale gas* en conjunto con empresas privadas en la frontera norte del país, región donde se encuentra uno de los mayores yacimientos de este preciado hidrocarburo”. Las estructuras geológicas norteamericanas del gas lutitas se extienden a nuestro país.

## GRÁFICA 7 FUENTE SENER REFORMA ENERGÉTICA



\* Datos promedio enero - abril 2013

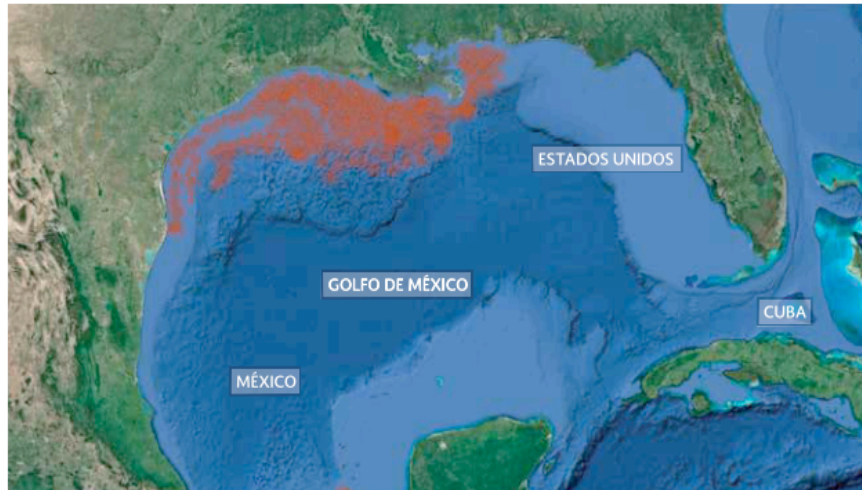
### Precio de gas natural Henry Hub (Dólares por millón de unidades térmicas británicas)

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Precio	2.53	2.08	2.27	4.23	4.07	3.33	5.63	5.85	8.79	6.76	6.95	8.85	3.89	4.39	4.01	2.83	3.65

Fuentes: Comisión Nacional de Hidrocarburos, "Análisis prospectivo del gas natural en México", 2013; Agencia Internacional de Energía, 2013.

**IMAGEN QUE ILUSTRA LA POSIBLE LOCALIZACIÓN DE YACIMIENTOS DE AGUAS PROFUNDAS Y ULTRAPROFUNDAS.**

Actividad en yacimientos en aguas profundas y ultraprofundas del Golfo de México, tanto de México como de Estados Unidos.



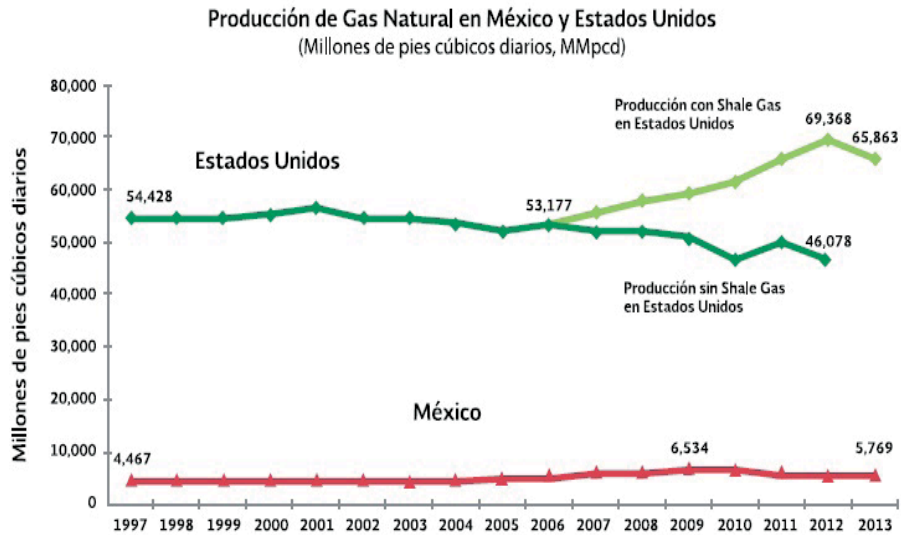
Fuente: SENER.

Se estima que México tiene una de las mayores reservas de *shale gas*, ubicada en el Golfo de México, que lo coloca en cuarto lugar en el mundo, un hidrocarburo que le ha permitido a Estados Unidos dirigirse hacia la autosuficiencia energética.

Las reservas de *shale* y *oil gas* (gas y petróleo de lutitas), en México alcanzan cerca de 60,200 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de los cuales 15,100 millones tienen perspectivas de ser explotables, según estimaciones del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), basado en información de la Agencia Internacional de Energía. La pregunta es: ¿Castillos en el aire?

***México se propone detonar sus recursos de gas lutitas, para corregir su déficit de producción y equilibrar sus finanzas, para ello requiere de fuertes inversiones, sean públicas, privadas nacionales o extranjeras.***

### GRÁFICA 8

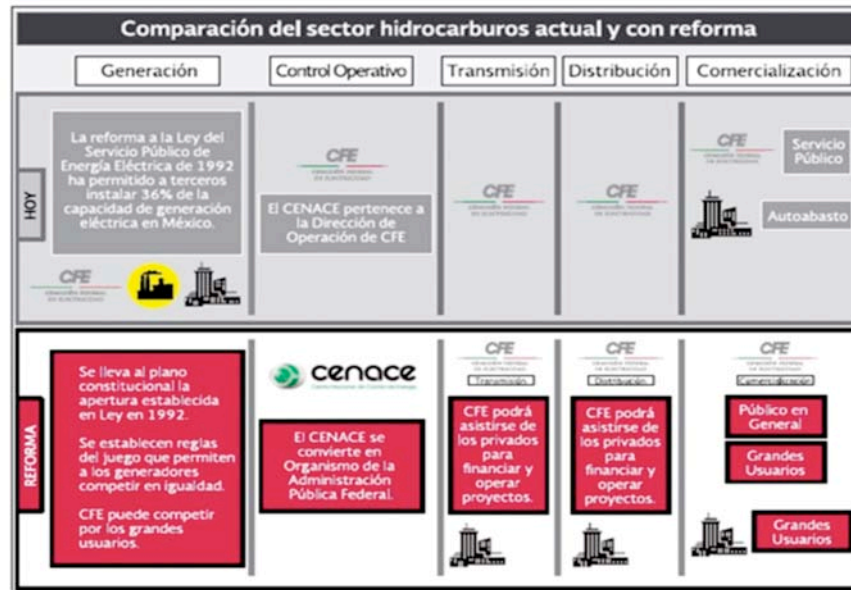


\* Producción promedio enero-abril de 2013  
Fuente: US Energy Information Administration, 2013/Petróleos Mexicanos, promedio anual 1997-2012.

La gráfica ilustra como el shale gas, a los Estados Unidos, le dio un incremento sustancial a la producción de gas natural, lo que ha permitido abaratar el precio del gas y electricidad; redujo con ello sus importaciones de crudo afectando la balanza comercial de México.

Ante el éxito del vecino país, México enfoca sus esfuerzos de la explotación del shale gas y aun cuando tiene la tecnología para su exploración y explotación, prefiere abrirle el mercado las empresas extranjeras. Lo malo de todo esto, es que no se ve como se frenará la voracidad de dichas empresas que han dañado los ecosistemas de México, sin ningún recato, por citar un ejemplo, Halliburton es una de dichas empresas depredadoras que han sentado sus reales en México. Y con seguridad está al acecho y seguirá actuando como siempre, a menos que la SENER y la SEMARNAT, tomen las previsiones necesarias.

## DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 2 CON REFORMA



El diagrama muestra un comparativo entre la cadena de valor de la industria de hidrocarburos en la actualidad y el modelo propuesto por la Reforma Energética.

La SENER ha anunciado la creación de una empresa para la explotación del gas shale, y las interrogantes afloran.

¿México tiene la tecnología para la exploración y extracción del gas shale?

Por supuesto que sí, el fracking o fracturamiento hidráulico, ya lo ha puesto en práctica PEMEX, existen pozos donde se han realizado pruebas exitosas.

¿Es rentable para PEMEX la explotación del gas shale?

Sí lo es, pero la inversión es muy alta y la recuperación de la inversión es larga, por eso se privilegia la entrada de inversiones extranjeras.

¿El fracking provocaría daños ambientales?

Desde luego que sí, si no se toman las medidas preventivas y adecuadas, ya que se obtiene gas metano y con ello la generación de mayores emisiones de gases de efecto invernadero, agravado por el uso de

Combustibles fósiles en la operación de los pozos y se pondría en riesgo el manto freático, por los químicos utilizados, provocando además sismos recurrentes, de baja magnitud por el uso de explosivos. Para ello se creó la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente.

El éxito del gas shale será posible, si se garantiza el blindaje ambiental y la obtención de los recursos financieros, provenientes del sector privado, sea este nacional o extranjero,

¿Bajarán los precios del gas y las tarifas de la luz?

La respuesta se dará a mediano plazo, no puede pronosticarse, sino hasta después de 2016. Los precios de los combustibles mexicanos, son caros para sus habitantes. En Estados Unidos en este momento se vive el “boom” del gas shale con precios bajos. Lo que pone en desventaja a nuestro petróleo de exportación.

***Voceros del Senado de la República en México, consideran que los precios del gas natural, gasolina y tarifas de electricidad permanecerán hasta el 2015. ¿Seguirán los gasolinazos! Y con ello la creciente irritabilidad social***

## **Sector Electricidad**

### **México en el contexto mundial y las energías renovables**

México se encuentra bien posicionado en materia de acceso a la energía, tanto a nivel global como en América Latina, sin embargo, la generación de energía a nivel mundial y en México, está basada en combustibles fósiles como el carbón, gas y petróleo, produciendo de manera importante emisiones de gases de efecto invernadero; por lo que resulta urgente descarbonizar al sector. De otra manera, estaríamos encaminándonos a mayores catástrofes, derivados de severos cambios climáticos. Las energías renovables contribuyen con un 16% fundamentalmente con la hidroelectricidad, en menor proporción la eólica, la solar fotovoltaica y otras como la biomasa.

Tanto la comunidad mundial como México, establecen el compromiso de incrementar el uso y el desarrollo de las energías renovables, buscando entre sus objetivos reducir la emisión de gases de efecto invernadero y contrarrestar el impacto ambiental. La capacidad total global instalada es de 1,475 GW, lo que representa un 26% de ER. En tanto que México cuenta con 14,500 MW, lo que representa un 16% de ER, con datos de 2012.

Según datos de la SENER y ya hablando en el contexto mundial y el rol de México en la energías renovables, lo que se requiere son grandes inversiones para diversificar la matriz energética e incrementar su capacidad instalada.

En 2012, China, Estados Unidos y La India contaban con una capacidad instalada de generación a base de energías renovables (sin incluir hidroeléctricas), de 90,86, y 24 GW, respectivamente, mientras que México, apenas contaba con 2.4 GW. Esto se debe en parte a que la estructura del mercado eléctrico nacional no promueve la adopción a gran escala de las energías renovables.

México, tiene el compromiso de fortalecer a las energías limpias, en las regiones con alto potencial para ello se han creado los Centros Mexicanos de Innovación en Energía eólica, solar y geotérmica, que entraron en operación en el segundo semestre de 2014

Los resultados obtenidos en el periodo 2003-2012 en materia de energías renovables, muestra una disminución del 8% al 6.2%, señala la SENER en el documento denominado: Prospectiva de energías renovables 2013-2027 y la principal fuente de generación de energía con un 77% fue la hidroeléctrica, la energía solar pasó del 0.68 % hasta alcanzar el 1.6% debido al crecimiento del uso de calentadores solares, La SENER a través del Inventario Nacional de Energías Renovables, INER establece que México cuenta con 13 185 GW, 3P, de reserva en las diversas manifestaciones de energías como son: La geotérmica, minihidráulica, eólica, solar y bioenergía. México está en el momento de diseñar instrumentos de política que permitan incentivar el desarrollo de las energías renovables.

### **El futuro de las energías renovables en el nivel mundial y para México**

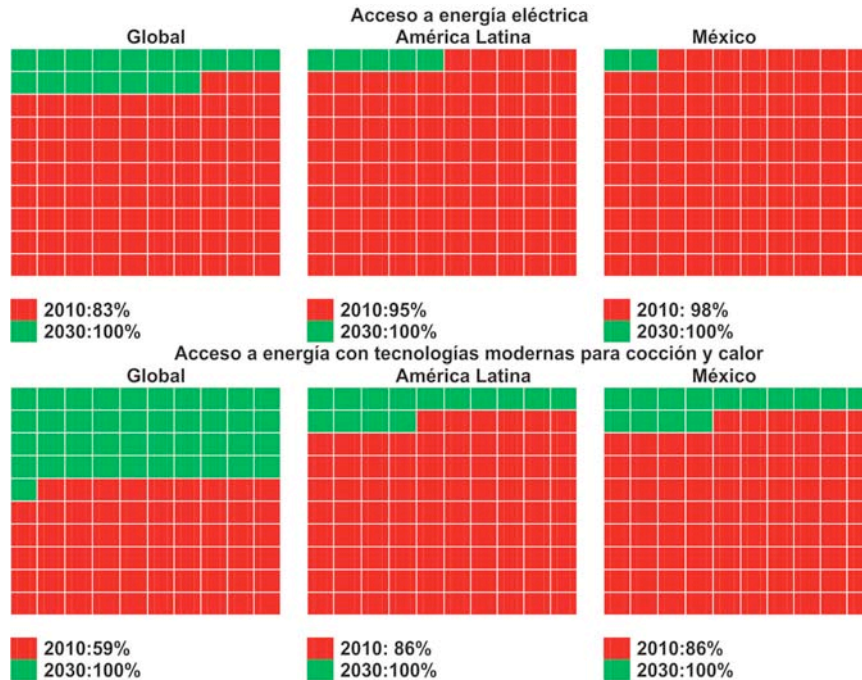
Como señalamos en la página 47, China y Estados Unidos, lideran al mundo en la generación de energías renovables, en tanto que Brasil es líder en América Latina, por su parte México, tiene un lugar importante en la generación de energía hidro- eléctrica, geotérmica, eólica y solar fotovoltaica y el incipiente uso de biomásas.

En el contexto mundial, la energía eólica ya está establecida como fuente de energía en más de 100 países. Como ejemplo, China, que con 12,960 MW instalados en 2012 ha alcanzado los 75,324 MW de potencia instalada, estimándose en unos 250,000 puestos de trabajo los asociados al sector eólico.



Se estima que, en 2020, México alcanzará en energía eólica, los 12,000 MW instalados que contribuirán a cubrir el 5% de la demanda eléctrica del país.

**Figura 2. Comparación entre México y el mundo en materia de acceso a la energía**



Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All "Data Annex" Global Tracking

### Iniciativa de energía sustentable para todos o Sustainable Energy For all,SE4ALL

De la Organización de las Naciones Unidas en 2011, se lanzó este programa, soportada en tres objetivos mundiales que tienen como fecha meta el 2030 y son: Proveer acceso a energía para toda la población, duplicar la participación de energía proveniente de fuentes renovables, dentro de la matriz energética, e incrementar la eficiencia energética. En la tabla 1. del documento Prospectiva de energías renovables 2013-2027, elaborado por la SENER por mandato del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética, se indican los objetivos y perspectivas de la iniciativa.

Tabla 1. Objetivos de SE4ALL y perspectiva de los indicadores

Indicadores	Acceso Universal de Energía Moderna		Duplicar la tasa global de eficiencia energética	Duplicar la participación de energías renovables dentro de la matriz energética global
	% de la población con acceso a electricidad	% de la población con acceso a fuentes no-sólidas de energía		
Punto de partida 2010	83	59	-1.3	18
Objetivo en 2030	100	100	-2.6	36

Fuente: Sustainable Energy for All. Global Tracking Framework. 2013.

Figura 3. Comparación entre México y el mundo en materia de intensidad energética



Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All. "Data Annex". Global Tracking Framework. 2013

Como se puede observar tanto a nivel mundial, como en México, en materia de eficiencia energética, “andamos por los suelos” tan es así que aún no se definen los indicadores para conocer la realidad y darle seguimiento, y sólo se dispone de la tasa de mejora en la intensidad en el consumo final, y que representa el punto inicial para establecer un diagnóstico y aquí es conveniente recordar que “la energía más limpia es la que no se consume”

Por lo pronto, podemos decir que la intensidad energética es consumo final contra los costos y que incide en el Producto Interno Bruto, PIB nacional.

En tanto que la eficiencia energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar el uso del agua, electricidad, gas, combustibles, uso óptimo de materias primas, adecuado control de emisiones tóxicas y peligrosas, mejorando la productividad y la calidad de los servicios y la manufactura de productos.

En México desde 1995 se introdujo el concepto de Producción Más Limpia, bajo el impulso de la ONUDI y el IPN.

Sin duda que un elemento importante para lograr la eficiencia energética, es la implantación de la tecnología y la metodología de Producción Más Limpia, disponible en México a través de la ONUDI y del IPN, pero excluida de la Reforma Energética. Como se observa en la siguiente tabla, China y Estados Unidos, lideran al mundo en la generación de energías renovables, en tanto que Brasil es líder en América Latina.

**Tabla 2. Generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas, 2011**

País/Región	Generación con renovables (GWh)	Generación total (GWh)	Participación de renovables a nivel nacional	Contribución a la generación renovable global
China	803,462	4754746	16.9%	17.87%
Estados Unidos	551,898	4349571	12.7%	12.28%
Brasil	463,273	531758	87.1%	10.30%
Canadá	396,854	636989	62.3%	8.83%
Japón	135,927	1051251	12.9%	3.02%
Alemania	124,605	608665	20.5%	2.77%
España	88,539	291360	30.4%	1.97%
México	46,964	295,837	15.9%	1.04%
Chile	26,020	65713	39.6%	0.58%
Corea	10,712	523286	2.0%	0.24%
<b>OCDE Total</b>	<b>2,130,680</b>	<b>10,866,959</b>	<b>19.6%</b>	<b>47.39%</b>
<b>Mundo</b>	<b>4,495,707</b>	<b>22, 200,994</b>	<b>20.3%</b>	<b>100%</b>

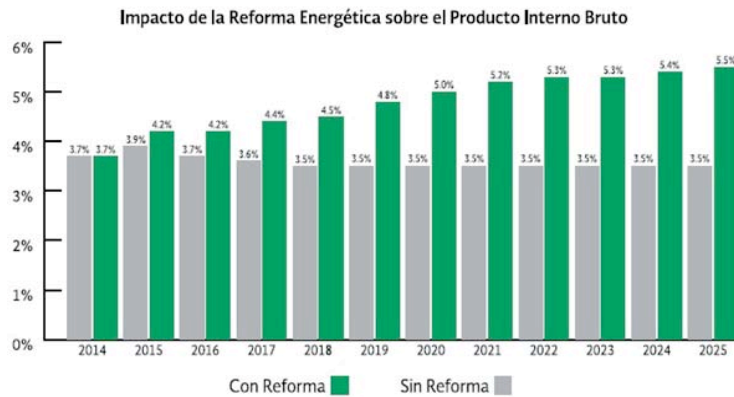
Fuente: IEA. WORDI ENERGY STATISTIC 2013.

La extracción del gas lutitas, pareciera confrontar la propuesta federal del impulso y el empoderamiento de las energías renovables, ya que representa una amenaza para el cambio climático; PEMEX, con la explotación del gas lutitas, pretende detener la importación de gas y por consiguiente el abaratamiento de la producción de electricidad, lo que haría más competitiva la manufacturación de productos y la prestación de servicios, mejorando la economía del país, que sin duda, atraería inversionistas nacionales y extranjeros, así como la creación de empleos, con un pronóstico del crecimiento gradual del Producto Interno Bruto, hasta alcanzar un 5.5%. El derrumbe de los precios del petróleo acabó con este pronóstico.

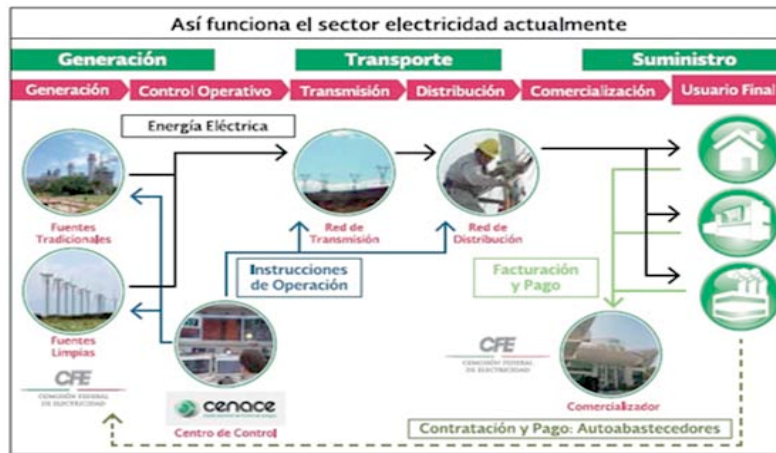
Sin embargo, se deben de resolver primero los aspectos financieros; es decir, de dónde saldrán los recursos para ello, aunado al aspecto social por el impacto que provocará en las regiones donde se encuentren localizados los pozos y el cabildeo adecuado con los moradores del

lugar. No menos importante resulta el aspecto ambiental, cuya responsabilidad directa será de la SENER, blindando y garantizando la protección al ecosistema.

**GRÁFICA 9**



**DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 3 FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SECTOR ELECTRICIDAD**



Fuente: SENER Reforma Energética

*Lo que propone la Reforma Energética para las energías limpias*

En 2012, se aprobó la Ley General de Cambio Climático, en la cual el país establece como meta la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para el 2020, y 50% para el 2050, en relación con la línea base de emisiones del año 2000. Dicha Ley es pre-

cisa en cuanto a la contribución que se espera del sector energético, particularmente de la industria eléctrica, la cual deberá promover que al menos 35% de la generación eléctrica del país provenga de fuentes limpias en 2024, y que además se cumpla con lo dispuesto en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética y la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

La CFE tiene por mandato generar energía al menor costo, por lo que históricamente su operación ha privilegiado plantas de generación a base de combustibles fósiles; es decir, termoeléctricas, carboeléctricas, duales y ciclos combinados de gas natural. Si bien a partir de los años noventa, la CFE incrementó significativamente la generación a base de ciclos combinados de gas natural, en 2012 el 20.7% de la generación para el servicio público se basó en tecnología convencional que consume combustóleo o diésel, que son de cuatro a seis veces más caros que el gas natural y tienen mayor impacto ambiental.

Se estima que la sustitución de combustóleo por gas natural produciría ahorros sustanciales. Sin embargo, bajo el marco jurídico actual, la CFE ha enfrentado diversas dificultades a la sustitución de esta capacidad debido a sus propias restricciones de planeación, financiamiento y ejecución de proyectos.

En los últimos tiempos, el desabasto de gas natural que ha sufrido el mercado interno ha obligado a la CFE a sustituir gas natural por combustóleo lo que ha tenido un impacto financiero de 18.9 miles de millones de pesos en 2012 y de 8.4 miles de millones de pesos en el primer cuatrimestre de 2013.

Una matriz energética más limpia y diversificada, es una condición necesaria para cumplir con los objetivos de mitigación del cambio climático, tener mayor flexibilidad en generación y poder disminuir los costos.

México es un país privilegiado por la diversidad de sus recursos naturales. Nuestra nación cuenta con un gran potencial en materia de energías renovables, particularmente en energía eólica, solar, geotérmica, hidráulica y minihidráulica y biomasa. ***Con la salvedad que la tecnología utilizada es extranjera***, en el caso de las dos primeras.

Nos encontramos ante una gran oportunidad para aprovechar estos recursos energéticos, tal y como lo han hecho otros países.

Cabe destacar que en 2012, China, Estados Unidos y La India contaban con una capacidad instalada de generación a base de energías renovables, sin incluir hidroeléctricas, de 90, 86 y 24 Gigawatts, respectivamente, mientras que México alcanzó apenas 2.4 Gigawatts. A pesar de los esfuerzos, en 2012, la participación de energías no-fósiles en el Sistema Eléctrico Nacional fue apenas de 16% de la energía generada, siendo que la meta a alcanzar al 2024 es de 35%. Cabe destacar que en otras latitudes el impulso a las energías renovables se ha visto acompañado por una importante generación de empleos. Entre 2009 y 2012, la creación de “empleos limpios” directos e indirectos sumó 1.7 millones en China, 611 mil en Estados Unidos y 350 mil en La India. A nivel mundial, se calcula que de 2006 a 2012 los empleos en la industria de energías renovables, excluyendo a los biocombustibles, pasaron de 1.3 a 4.4 millones.

El Sistema Eléctrico Nacional debe contar con un diseño adecuado para permitir e impulsar el aprovechamiento de las energías renovables. La Comisión Federal de Electricidad fue diseñada para responder a la necesidad urgente de electrificar al país. Esta vocación de origen fue muy exitosa para avanzar en esos objetivos, adoptando un modelo basado en grandes plantas de generación termoeléctrica.

***Sin embargo, la organización industrial que corresponde a este modelo no tiene la flexibilidad necesaria para integrar de manera eficiente las energías renovables a gran escala ni la generación distribuida.***

La Reforma tiene como uno de sus objetivos el corregir las limitaciones del modelo actual para agregar capacidad de energías renovables a gran escala mediante la creación de un mercado competitivo de generación, administrado por el Estado a través de un operador independiente, y el establecimiento de certificados de energías limpias”.

Particularmente la industria eléctrica, la cual deberá promover que al menos 35% de la generación eléctrica del país provenga de fuentes limpias en 2024 ***(lo cual resulta una meta insuficiente para combatir el cambio climático, y lo peor que nos pudiera ocurrir, es que no se alcance la meta deseada; ya veremos en el documento de ventajas y desventajas de las energías renovables, publicado en otra sección de este libro, los diversos factores que impiden el alcance de los objetivos y metas)***, y que además se cumpla con lo dispuesto en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la

## Transición Energética y la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

El gobierno mexicano, a través de la Subsecretaría de Planeación declaró en mayo de 2014, que se busca incrementar la participación de energías renovables hasta 32.9% de la capacidad instalada para 2018, destacó el subsecretario de Planeación y Transición Energética de la Secretaría de Energía, Leonardo Beltrán Rodríguez.

Al participar en la Quinta Reunión Ministerial de Energía Limpia (CEM5, por sus siglas en inglés), resaltó las reformas al modelo energético así como la inversión pública de 3.9 billones de pesos en proyectos de infraestructura en el sector durante la administración del Presidente Enrique Peña Nieto.

Resaltó que México impulsa este mecanismo desde su inicio en 2010, el cual consta de 13 iniciativas agrupadas en cuatro pilares: Eficiencia energética, oferta de energía limpia, integración energética y desarrollo de capacidades.

México participa en iniciativas de eficiencia energética, de redes inteligentes, de integración de energías renovables en la matriz energética, y de formación de talento en el sector, entre otros, concluyó Leonardo Beltrán Rodríguez.

### DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 4 SECTOR ELECTRICIDAD CON REFORMA



Fuente: SENER

La extracción del gas shale, lleva asociado problemas de orden económico social y ambiental y es quizá este último lo que conlleva mayor problema, ya que se requiere utilizar grandes cantidades de agua, mezclado con arena y una gran cantidad de químicos, que pudieran ser perjudiciales al manto freático y a los ecosistemas, además de que el uso de explosivos, pudiera causar sismos aparentemente leves, pero frecuentes, cuyos efectos negativos pueden resultar a largo plazo.

***La generación de gas, electricidad y etanol, a partir de la biomasa del nopal, es sin duda la aplicación de las energías renovables que tiene un mayor potencial para México.*** El desafío es ahora encontrar mecanismos para multiplicar los proyectos de generación para la entrega de energía a las empresas públicas y privadas. De este modo podremos hacer que el servicio público de energía reciba los beneficios de las energías renovables, principalmente en términos de reducción de riesgos económicos, para romper la dependencia de los combustibles fósiles.

México está en el momento de diseñar instrumentos de política que permitan incentivar el desarrollo de las energías renovables, en particular en aquellos casos en los que los costos sean menores de los beneficios netos para el país, a corto, mediano o largo plazos. Para ello se requerirá de la colaboración y la determinación del Congreso de la Unión, del Poder Ejecutivo, con las dependencias vinculadas, y de los tres niveles de gobierno, de la iniciativa privada y de la población en general.

### **El futuro de las energías renovables a nivel global y para México**

China y Estados Unidos, de manera reiterada hemos dicho que lideran al mundo en la generación de energías renovables, en tanto que Brasil es líder en América Latina, sin embargo, México tiene un lugar importante en la generación de energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar fotovoltaica y el incipiente uso de biomasa.

Un futuro prometedor está al alcance de México con la biomasa del nopal y lo más importante, es que se trata de tecnología mexicana, con una planta piloto funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos social, económico y ambiental.

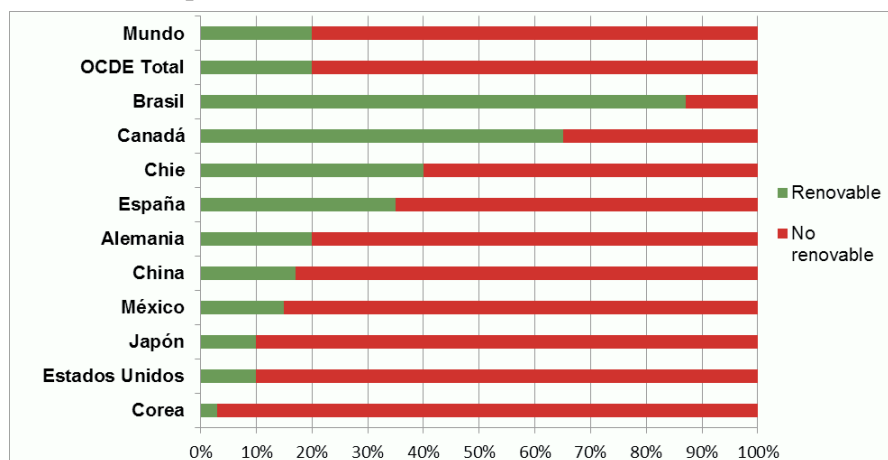
- Crea empleos en la localidad, disminuye la migración
- Crea polos de desarrollo, transformando la realidad local



- Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume bióxido de carbono transformándolo en ácido málico
- Revitaliza la tierra erosionada
- La generación de biogás y electricidad con nopal, no produce gases de efecto invernadero, no provoca lluvia ácida
- Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes que elevan la productividad en el campo
- Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina

Es una energía renovable que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética sería incompleta y excluyente.

**Gráfica 10. Participación de las energías renovables en la generación de electricidad para economías seleccionadas, 2011**



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013

A continuación veremos, partiendo de esta información las posibilidades de cada una de las tecnologías empleadas, destacando a nivel mundial la hidroeléctrica, México en este tipo de energía alcanzó una capacidad instalada de 11 GW.

### Generación de energía hidroeléctrica

El agua tiene un papel fundamental en la generación hidroeléctrica e indudablemente una fuente renovable, que funciona con la acción del sol que provoca su evaporación de los ríos y mares, que una vez elevado se expande y se condensa en nubes, regresando a la tierra en forma de

lluvia, aprovechando en su caída la energía potencial para hacer girar turbinas mecánicas que mueven a los generadores eléctricos para producir electricidad.

A nivel global se produce energía hidroeléctrica aproximadamente en un 16% y en el caso de México la participación por la vía hidroeléctrica, en energías renovables es del 12.30%, con una capacidad instalada de 11 GW.

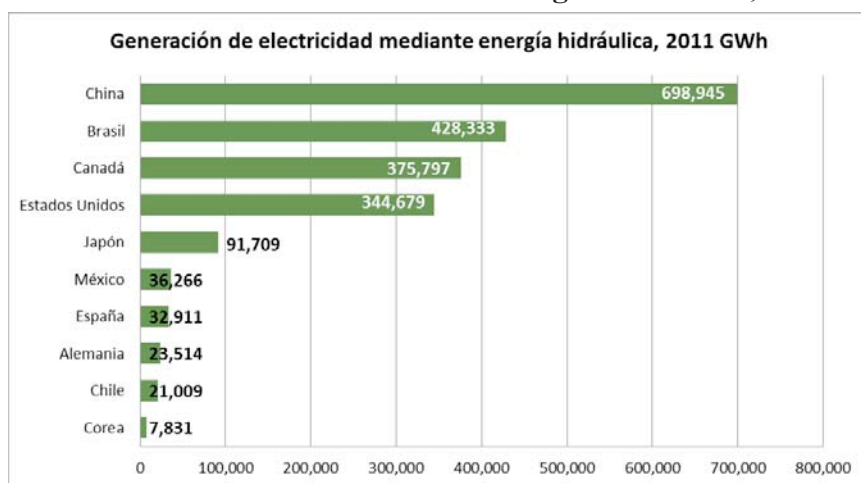
**Tabla 3. Generación hidroeléctrica, 2011.**

País/Región	% del Total
Brasil	80.60%
Canadá	59%
Chile	32%
China	14.70%
México	12.30%
España	11.30%
Japón	8.70%
Estados Unidos	7.90%
Alemania	3.90%
Corea	1.50%
OCDE Total	13.40%
Mundo	16.10%

Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013.

**Gráfica 11. Generación hidroeléctrica para países seleccionados, 2011.**

**Generación de electricidad mediante energía hidráulica, 2011. GWh**



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013

Como se puede observar China es el gigante en energía hidroeléctrica, cuya producción es mayor a todos los países juntos de América Latina.

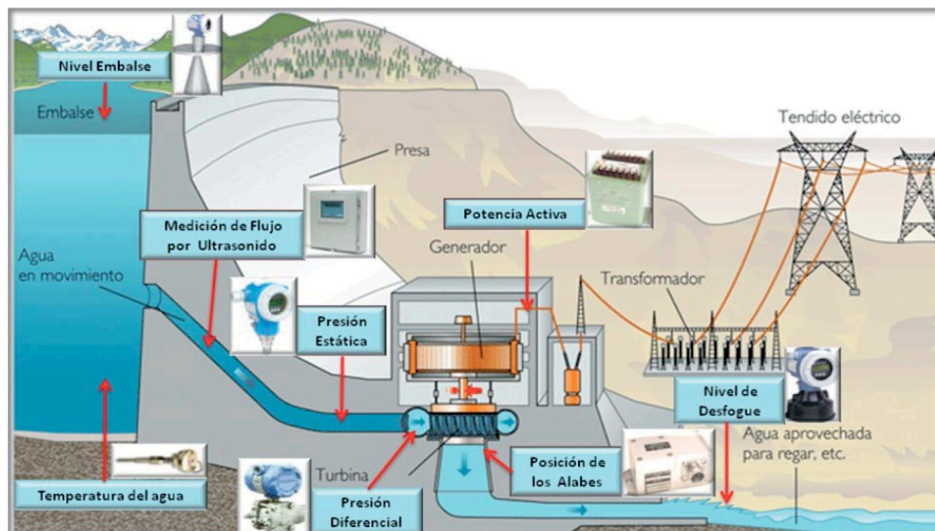
### Ventajas y desventajas

La facilidad de la operación de las plantas hidroeléctricas, le proporciona una gran ventaja sobre los otros tipos de energías renovables, ya que requieren poco mantenimiento y no reportan pérdidas cuando la planta no opera, requiere de personal mínimo y no produce contaminación. Sus desventajas radican en los costos que son elevados comparados con la termoeléctrica por ejemplo y generalmente la ubicación de las plantas son remotos y requieren líneas de transmisión al sitio de consumo.

México cuenta con grandes recursos hidrológicos especialmente en el Sur-Sureste de país, particularmente en Tabasco por donde circula el 33% del agua del país, ni más ni menos.

La generación hidroeléctrica va al frente de las energías renovables en México con un 75% aproximadamente y el restante se reparte en la geotérmica, con 14%, eololéctrica un 8% y un 2% en la biomasa y solar fotovoltaica.

### Esquema simplificado de una planta hidroeléctrica



Fuente: <http://sine.ni.com/>

## Energía eólica

El viento representa para México un futuro promisorio, ya que significa una gran oportunidad para generar electricidad, nuestro país dispone de una gran cantidad en zonas específicas, fundamentalmente en Oaxaca, en la región de la Ventosa y en Juchitán; Baja California, Zacatecas y otras entidades del país; sin embargo, está muy lejos del líder mundial en esta materia que es España, como se constata en la tabla de abajo, además de que se ha privilegiado la tecnología extranjera, *excluyendo a la mexicana, desarrollada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), que en materia de investigación y en el desarrollo del prototipo de la máquina eólica mexicana ha logrado avances importantes.*

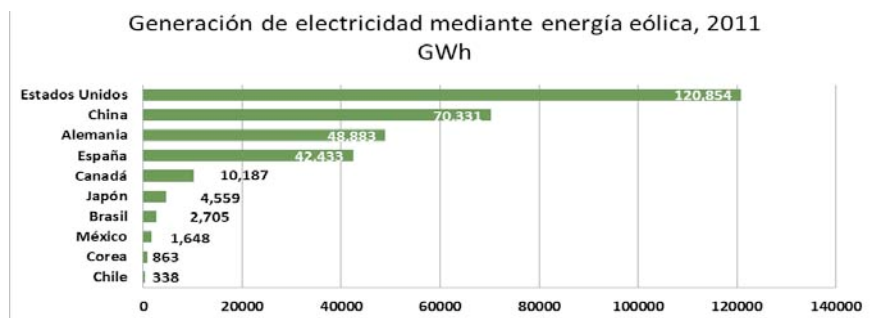
La energía eólica, es la energía creada por el viento y transformada en energía mecánica y electricidad, se crea cuando el sol calienta a la tierra, por supuesto a diferentes temperaturas y en diferentes latitudes, así que en la medida que la masa de aire se calienta arriba y se eleva crea una presión debajo de sí misma, creándose a la vez masas de aire por efecto de las diferencias de temperatura de la tierra, con tres componentes: Dirección, velocidad y densidad, una vez que la masa de aire se pone en movimiento, se genera energía cinética, que mueve las turbinas para generar energía mecánica y eléctrica. México cuenta con recursos eólicos privilegiados como pocos países en el mundo. El potencial se estima en 40 MW.

**Tabla 4. Generación eoloeléctrica, 2011**

Pais/Región	% del Total
España	14.56%
Alemania	8.03%
Estados Unidos	2.78%
Canadá	1.60%
China	1.48%
México	0.56%
Chile	0.51%
Brasil	0.51%
Japón	0.43%
Corea	0.16%
OCDE Total	3.02%
Mundo	1.96%

Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013,

**Gráfica 12. Generación eoloelectrónica para países seleccionados, 2011**



Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013

México tiene un potencial superior en energía eólica comparado con otros países, ya que, por ejemplo, en La Ventosa, Oaxaca, la eficiencia del viento (que mide en cuánto tiempo tarda éste para producir electricidad), es de 40 por ciento, cuando en Alemania es de sólo 18 por ciento. Además los costos de inversión para la generación de energía han ido descendiendo. Aquí lo interesante sería contar con el apoyo de la SENER para consolidar la tecnología mexicana, es el caso del I.I.E., que ya tiene su propia máquina eólica. Las regiones privilegiadas por la naturaleza del viento son: Istmo de Tehuantepec, Oaxaca; La Rumorosa en Baja California; en el Golfo de México, Tamaulipas y Veracruz. Nuevo León por el Norte y San Luis Potosí en el Centro del país. La Península de Yucatán tiene también un buen potencial, fundamentalmente en Cozumel, Quintana Roo.

**Líneas de investigación, del Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica, de reciente creación:**

Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica	
Líneas de investigación	
-	Mapa del recurso eólico
-	Componentes
-	Aerodinámica
-	Sistemas de control
-	Autodiagnóstico
-	Cimentaciones
-	Condiciones extremas
-	Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso eólico.
-	Almacenamiento de Energía
-	Turbinas verticales
-	Modelado
-	Generación eólica mar adentro
-	Integración a la red eléctrica nacional
-	Protocolos para pruebas y certificación de aerogeneradores y sus elementos
-	Estadística de fallas
-	Análisis de capacidades y potencial para participar en la cadena de suministro.
-	Proyectos industriales.
-	Aplicaciones no eléctricas.

Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas, organismo descentralizado de la SENER, fundó recientemente, el Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE), Construido con el apoyo económico del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), como parte de las metas del proyecto “Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México”.

***El CERTE que está ubicado en la Ventosa, del municipio de Juchitán, Oaxaca, será la plataforma que impulse la investigación y desarrollo tecnológico de la energía eólica y a la brevedad con tecnología mexicana.***

Tiene como como objetivos:

- Apoyar a fabricantes de aerogeneradores interesados en la caracterización y mejora tecnológica de sus productos bajo condiciones locales.
- Capacitar a ingenieros y personal técnico para la operación y mantenimiento de aerogeneradores y centrales eólicas.
- Conformar una plataforma de demostración, validación y evaluación, facilitando el encuentro entre fabricantes de aerogeneradores y compañías mexicanas.
- Identificar y promover convenios para la fabricación local de partes para aerogeneradores y/o emprender negocios de riesgo compartido.
- Conformar una moderna y flexible instalación para obtener datos operacionales relacionados con los aspectos de interconexión de aerogeneradores a la red de distribución de energía eléctrica.
- Servir como un medio para entender e internalizar las normas, métodos de prueba y certificación, con el objeto de detectar y facilitar la implementación de requisitos adicionales que cubran los aspectos locales.
- Constituir un medio para incrementar el nivel de investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito nacional.
- Facilitar proyectos demostrativos o experimentales.

## **Máquina Eólica Mexicana**

El Instituto de Investigaciones Eléctricas, con el propósito de aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado eólico internacional, ha emprendido el desarrollo de una turbina eólica de 1.2 MW de capacidad, diseñada para operar en condiciones de vientos intensos como los que se encuentran en la región de La Ventosa, Oaxaca.

Para el desarrollo del aerogenerador se integró un equipo multidisciplinario en el que se aplican las capacidades de las gerencias del IIE de turbo maquinaria, equipos eléctricos, instrumentación y control, transmisión y distribución, materiales y procesos químicos, ingeniería civil y energías no convencionales. Estas capacidades se complementan con el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ). Foto Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

### ***Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México***



Foto: I.I.E.

## **Energía geotérmica**

La tierra es otra fuente de energía renovable y con su calor interno, permite la generación de energías calorífica, mecánica y eléctrica y opera como una planta de vapor.

El calor del subsuelo que fluye desde el interior de la tierra, es la energía conocida como geotérmica o geotermia. Esta energía térmica comúnmente se manifiesta en forma de agua caliente o vapor y está asociada a volcanes, aguas termales, fumarolas, lodos hirvientes y géiseres.

El flujo de calor desde el interior de nuestro planeta hacia la superficie produce cambios de temperatura a distintas profundidades (gradiente geotérmico). El gradiente térmico, se refiere al cambio de temperatura

con la profundidad, lo cual es variable dependiendo de la zona del planeta.

Generalmente, a nivel de la corteza terrestre el gradiente geotérmico es de 30°C por kilómetro. Sin embargo, en ciertas regiones del planeta se alcanzan gradientes de hasta 200°C por kilómetro, sobre todo en los bordes de las placas tectónicas donde el acceso del magma es mayor debido al deslizamiento de las placas. Esta energía calienta grandes extensiones de roca en la profundidad, donde se forman enormes depósitos de flujos de calor o roca seca caliente conocidos como yacimientos de donde se explota la geotermia. El potencial hidroeléctrico se estima en 53,000 MW, y aproximadamente 40,000 MW de potencial geotérmico para usos eléctricos y térmicos.

**Tabla 5. Generación geotermoeléctrica, 2011**

<b>País/Región</b>	<b>% del Total</b>
México	2.200%
Estados Unidos	0.411%
Japón	0.255%
China	0.003%
Alemania	0.003%
OCDE Total	0.409%
Mundo	0.312%

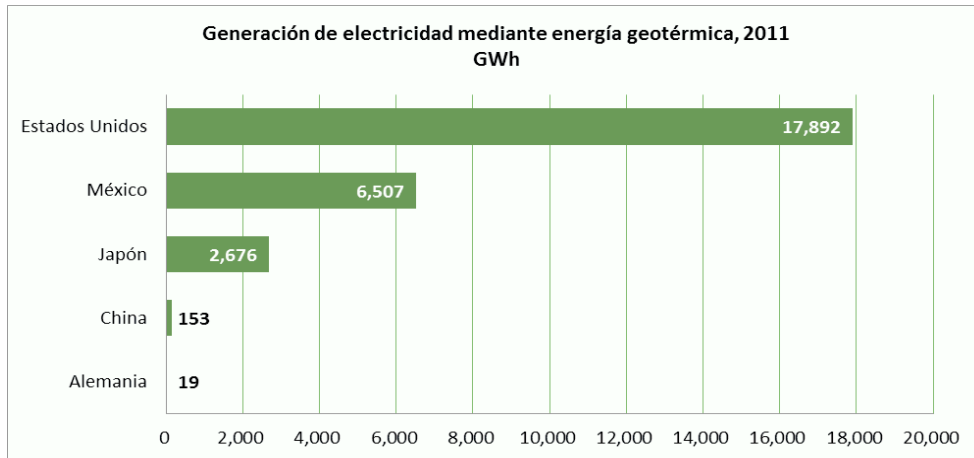
Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013

Aquí México ocupa un lugar importante en el ranking mundial, y la SENER, ha dispuesto recursos suficientes para impulsar esta tecnología que opera con éxito en México. A diferencia de otras tecnologías, señala la SENER, la generación geotérmica está concentrada en algunos países. De hecho, entre los países analizados, sólo en México la geotermia tiene una participación sustantiva en la matriz de generación, como se observa en la Tabla 5. En 2012, nuestro país se ubicó dentro de los primeros cinco lugares a nivel mundial en términos de producción de energía geotérmica con 824 MW.

Sin embargo, como se observa en la Gráfica 13, la generación en Estados Unidos es considerable, comparado con el resto de los países analizados.



Gráfica 13. Fuente: IEA.Wordl.Energy.Estatistics2013, Países seleccionados 2011.



### Aplicaciones

Como es el caso de otras energías renovables, la geotermia, es utilizada principalmente para generar electricidad a través de la conversión de la energía térmica a mecánica y finalmente a energía eléctrica. De acuerdo al tipo de yacimiento geotérmico, Enríquez Harper en su obra el ABC de las energías renovables, las clasifica en:

Sistemas hidrotérmicos

Sistemas geopresurizados

Sistemas de roca seca caliente

Debido al alto potencial geotérmico del país, es necesario seguir realizando investigación y desarrollos tecnológicos para aprovechar al máximo esta fuente de energía. El gobierno federal recién creó los Centros Mexicanos de Innovación en Energías, Geotérmica, Solar y Eólica.

**Líneas de investigación, del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, de reciente creación:**

Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica	
Líneas de investigación	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mapa del recurso geotérmico.</li><li>- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de alta entalpía. (<math>T &gt; 200^{\circ}\text{C}</math>).</li><li>- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de mediana y baja entalpía. (<math>T &lt; 200^{\circ}\text{C}</math>).</li><li>- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos de muy baja permeabilidad o de roca seca caliente.</li><li>- Uso del calor geotérmico de mediana y baja entalpía para diferentes aplicaciones como acondicionamiento climático (calefacción y enfriamiento) de espacios, calefacción de invernaderos,</li><li>- Calefacción de estanques para acuicultura, secado de productos agrícolas y minerales, usos industriales, desalación de agua y balneología y terapia.</li><li>- Sísmica 3-D especializada en roca ígnea.</li><li>- Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso geotérmico.</li></ul>	
Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.	

**Ventajas**

- \* No depende de las condiciones climáticas.
- \* Está disponible en cualquier época del año, durante el día y la noche.
- \* El vapor de agua que se emite en las plantas geotermoeléctricas, no representan un riesgo ambiental, es una fuente limpia.
- \* Genera electricidad de forma continua y confiable.
- \* Contribuye a diversificar las fuentes de energía y ocupan menor espacio, comparado con otras plantas de generación.
- \* Su precio de generación es estable, ya que no dependen de la variación de precios internacionales, como ocurre con los otros combustibles.

**Desventajas**

- \* Posible deterioro del paisaje debido a la instalación de plantas geotermoeléctricas.
- \* No es una energía que se pueda transportar.
- \* Sólo está disponible en ciertos lugares

**¿Qué se hace en México?**

A nivel mundial, México ocupa un lugar sustantivo en la generación geotermoeléctrica, con una capacidad instalada de 824 MW, que

representa el 1.52% de la producción eléctrica del país. México cuenta con sitios geotérmicos bien identificados en lugares como Baja California, Michoacán y Puebla.

A principios de este siglo, inició el desarrollo de una nueva tecnología, denominada agua en estado supercrítico, desarrollada en Islandia por parte del Iceland Deep Drilling Project, IDDP, impulsado por la autoridad del país ha estudiado el comportamiento del agua en contacto directo con el magma. Wilfred A. Elders, de la Universidad de California, sostiene que la principal vía para el aprovechamiento del agua en estado supercrítico, consiste básicamente en su descompresión, proceso que libera energía que puede ser aprovechada en una turbina de vapor”.

El investigador concluye que en México, “sitios como Cerro Prieto, en Baja California, Los azufres de Michoacán y los Humeros en Puebla, son candidatos naturales para esta tecnología”, Recientemente Pedro Joaquín Coldwell, titular de la SENER, en Michoacán apuntaló este tipo de energía con una fuerte inversión del Gobierno Federal.

### **Energía solar**

México cuenta con una envidiable y estratégica ubicación geográfica, lo que hace posible que en 80% de la superficie del país se pueda generar electricidad, mediante paneles solares, que captan la radiación electromagnética del sol, energía solar. La energía que provee el sol se clasifica en: Fotovoltaica, que consiste en la transformación de la radiación solar a través de paneles solares, celdas, conductores o módulos a base de silicio; solar de alta concentración, consistente en paneles parabólicos que concentran la radiación solar para convertirlo en electricidad y; finalmente, la Térmica, que capta la radiación solar a través de colectores solares.

Aun cuando su participación a nivel mundial no es significativa, Baja California Sur, Coahuila, Guanajuato, Oaxaca y Sonora, cuentan con su parque solar. México se encuentra integrado en el llamado “cinturón solar” que lo posiciona entre los principales países con más alto potencial solar en el mundo, ya que recibe en promedio 5KWH por metro cuadrado por día, que lo coloca entre los cinco países con mayor radiación, superado tan sólo por China y Singapur.

El sol es la fuente principal de energía del planeta y aunque se formó hace más de 4,500 millones de años, se calcula que tiene por lo menos 5,000 millones de años antes de extinguirse.

**Tabla 6. Generación mediante energía solar, 2011**

País/ Región	% del Total
Alemania	3.18%
España	2.98%
Japón	0.49%
Corea	0.18%
Estados Unidos	0.14%
China	0.05%
Canadá	0.04%
México	0.01%
OCDE Total	0.55%
Mundo	0.29%

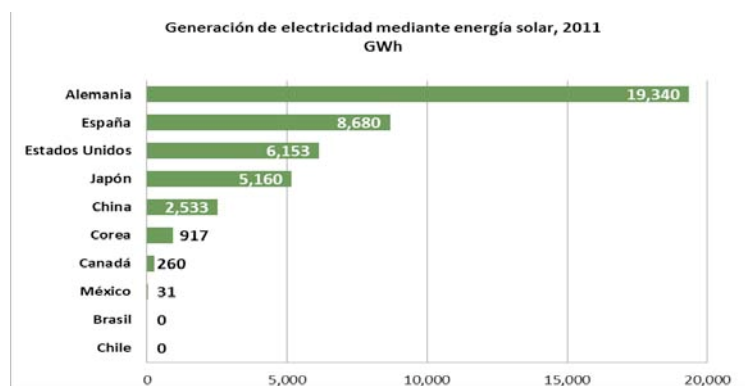
Fuente IEA, World Energy Statics 2013

Materiales Utilizados:

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos electrónicos en estado sólido, los más conocidos son los transistores y diodos. Las celdas solares están hechas a base de silicio, que proviene del cuarzo y la arena, también se utilizan otros elementos como cadmio y el galio.

Los paneles solares se constituyen de un conjunto de celdas fotovoltaicas colocadas en una estructura, de tal manera que se pueda orientar al sol.

**GRÁFICA 14. Capacidad de generación mediante energía solar para países seleccionados, 2011**



Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013

A nivel mundial y según cifras de 2011, se generaron con energía solar 63 mil GW, destacando Alemania y España, en ese contexto. México no logró sobresalir, no obstante a partir de 2011 se han venido desarrollando proyectos de generación de energía en Aguascalientes, así como proyectos pilotos por la CFE en Santa Rosalía, Baja California Sur, y en Cerro Prieto.

En la generación, de energía, se ha privilegiado mayormente el uso de paneles fotovoltaicos y una parte menor mediante concentradores solares, aprovechándose fundamentalmente, para generar electricidad y para calentar agua o crear vapor a través de procesos térmicos, eléctricos y químicos.

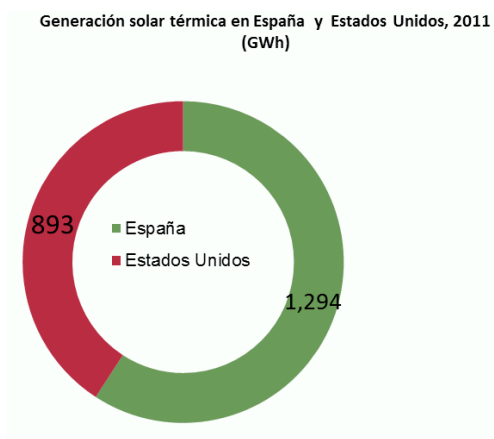
Líneas de Investigación, del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar de reciente creación:

Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar	
Líneas de investigación	
Mapa del recurso solar. Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso solar. Almacenamiento de Energía	
Solar fotovoltaico	Solar Térmico
Tecnología Fotovoltaica (transferencia tecnológica, innovación tecnológica y estudios técnico económicos).	Sistemas solares de baja temperatura para calentamiento de agua.
Evaluación de módulos fotovoltaicos.	Sistemas de Enfriamiento Operados con Energía Solar.
Normalización, registro, certificación y garantía.	Sistemas de Energía Solar para Calor de Procesos Industriales.
Desarrollo agrícola y rural.	Potabilización de agua salina mediante energía solar térmica (desalinización).
Edificios con arquitectura fotovoltaica sustentable.	Potencia solar térmica para la producción de electricidad.
Nuevos desarrollos tecnológicos (diseño, producción, ensamblado y prueba de componentes para sistemas FV).	Combustibles Solares.

Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.

El aprovechamiento de esta tecnología estuvo enfocado a nivel global en Estados Unidos y España, como se observa en la Gráfica 15.

### **Gráfica 15. Generación mediante energía solar térmica para España y Estados Unidos, 2011**



Fuente IEA. World Energy Statistics 2013.

### **Bioenergía**

La bioenergía es un tipo de energía renovable que se obtiene de la biomasa; es decir, de cualquier material o deshecho orgánico. Este tipo de energía aprovecha una gran variedad de recursos, desde cultivos y plantaciones dedicados a este fin, hasta los residuos sólidos urbanos, forestales, agrícolas y pecuarios. El uso de leña y carbón para cocinar y generar calor en los hogares, o el uso del bagazo de caña como combustible en los ingenios azucareros son ejemplos del empleo de bioenergía.

El aprovechamiento de la biomasa es liderada por dos países latinoamericanos: Chile y Brasil, seguidos por España y Japón, en tanto que México participa muy discretamente, con una capacidad instalada de 645 MW, proveniente principalmente del bagazo de caña. En México, el impulso oficial para esta tecnología no ha sido contundente, incluso la generación de biocombustibles, como el etanol se concibe su producción, solamente para su mezcla con combustibles fósiles. Uno de los problemas, es que la biomasa como el maíz, que produce etanol, es que es considerado como alimento y además su productividad es baja.

Tabla 7. Generación mediante bioenergéticos

País/ Región	% del Total
Chile	7.11%
Brasil	6.06%
Alemania	5.40%
Japón	3.03%
Canada	1.67%
España	1.55%
Estados Unidos	1.43%
México	0.85%
China	0.66%
Corea	0.21%
OCDE Total	2.25%
Mundo	1.64%

Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013

En México desde 2010, opera una planta piloto, única en su género, de generación de biogás y electricidad, a partir de la biomasa del nopal, ubicada en Zitácuaro, Michoacán.

Un futuro prometedor está al alcance de México, con la biomasa del nopal y lo más importante, es que se trata de tecnología mexicana, con una planta piloto funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos sociales, económicos y ambientales. *A finales de 2013, SAGARPA contribuyó con este proyecto para consolidar su infraestructura física. Recientemente la SENER solicitó un resumen general de los planes de utilización del nopal, para analizar los pormenores del proyecto y poder valorar el adoptarlo como iniciativa para la generación de energía como fuente renovable.*



Planta de generación de biogás y electricidad en Zitácuaro, Michoacán. Opera desde el 2010

**La generación de energía limpia y renovable obtenida con el nopal tiene las siguientes ventajas:**

- Crea empleos en la localidad, disminuye la migración.
- Crea polos de desarrollo, transformando la realidad local.
- Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume bióxido de carbono transformándolo en ácido malico.
- Revitaliza la tierra erosionada.
- La generación de biogás y electricidad con nopal, no produce gases de efecto invernadero, no provoca lluvia ácida.
- Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes que elevan la productividad en el campo.
- Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina.
- Participa en el intercambio de bonos de carbono.
- Es una energía renovable que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética sería incompleta y excluyente.
- Tecnología mexicana.



*Miguel Aké Madera*

### CAPÍTULO 3

PROPUESTAS ANTE LA SENER: “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L. y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE



DIVISIÓN DE ENERGÍAS ALTERNAS

GERENCIA DE ENERGÍAS  
NO CONVENCIONALES

**GENC/SENER/L/V1.0/15/37/013**

PROPUESTA I

***“LABORATORIO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA CON BASE EN EL CULTIVO DEL NOPAL”***

Preparada por:

***GERENCIA DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES***

Preparada para:

**FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**

**CONACYT-SENER-2013-05**

Noviembre 5, 2013

Contenido

Resumen de la Propuesta

1. Antecedentes
2. Objetivo
3. Alcances
4. Especificación de las actividades a realizar
5. Productos a entregar
6. Beneficio esperado
7. Responsables técnicos
8. Colaboración en la ejecución
9. Inicio y duración

## Anexo 1. Programa de Actividades del Proyecto

### RESUMEN DE LA PROPUESTA

Basados en las características del nopal como un cultivo con bajos requerimientos de agua y fertilizantes, que crece en la totalidad del territorio nacional limitado por los climas fríos de la época de invierno, en terrenos perturbados o abandonados por un lado y su gran capacidad de producción de biomasa y biogás por el otro; se pretende demostrar con el proyecto de la presente propuesta el alcance de estos argumentos. Para lo cual en una primera etapa, el IIE instrumentará la planta de biogás de nopal del “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” instalada en esta comunidad en el municipio de Zitácuaro, Michoacán y equipada con moto-generador eléctrico de 35 kW. Se operará la planta hasta su capacidad de diseño de conversión nopal a biogás de 8 t/d de nopal fresco, registrando los rendimientos de biogás por tonelada de nopal, los kWh generados por m<sup>3</sup> de biogás y tonelada de nopal, así como el de producción de biomasa en toneladas de nopal por hectárea cosechada. Esta información nos permitirá determinar el costo del kWh generado y la rentabilidad de la tecnología; los beneficios ambientales derivados como la fijación del carbono atmosférico y sustitución de combustibles fósiles para la generación de electricidad como tCO<sub>2</sub>/año mitigados; así como la importante generación de empleos directos derivados del cultivo y comercialización del nopal para los productores del campo. En la segunda etapa mediante un seminario se darán a conocer los resultados del proyecto ante los productores del nopal y las instituciones gubernamentales federales, estatales y municipales correspondientes. Como parte de esta segunda etapa, se formularán escenarios para seleccionar un Modelo de Unidades Productoras de Energía Sustentable, formada por los productores del campo y Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, con el propósito de generar energía bajo el concepto de Sustentabilidad Energética con Base en el Cultivo del Nopal en el territorio nacional. En esta segunda etapa se impartirán cuatro cursos o talleres con duración de 3 a 5 días a los productores del campo y funcionarios interesados en el tema. El proyecto tendrá una duración de dos años uno por cada etapa, en la que la planta piloto de biogás de nopal de Camébaro fungirá físicamente como el LABORATORIO DE INNOVACIÓN EN SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA. De acuerdo a la convocatoria Fondo CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2013-05 el IIE es el líder del proyecto y mediante acuerdo de colaboración con el Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L.

## **1. ANTECEDENTES**

Los altos rendimientos de biomasa del cultivo del nopal y sus bajos requerimientos de agua, nutrientes y suelos en climas desérticos y semidesérticos con poca o baja precipitación pluvial, lo sitúan como una fuente importante de bioenergéticos a través de su conversión a biogás mediante el proceso de fermentación anaeróbica propuesta en este proyecto.

El nopal tiene variadas aplicaciones como en la industria de alimentos y bebidas, en la industria farmacéutica, en la industria cosmética, en el sector de la construcción, en la industria textil, y nuevas en el sector energético para la producción de biogás y en el sector ambiental como fijador de carbono. Existen en nuestro país cuatro productos con valor comercial derivados del nopal, que son el nopal verdura, la tuna, el nopal forrajero y la grana cochinilla.

Después del jitomate, el chile verde y la cebolla, el nopal ha sido en los últimos años la hortaliza de mayor importancia con una superficie sembrada de 84,000 hectáreas. De estas, en 2009 se cosecharon el 75%, de las cuales el 19.2% correspondió al nopal verdura, 73.6% a la tuna y el 7.1% al nopal forrajero. Los rendimientos promedio fueron para el nopal verdura de 60 ton/ha/año a 100 ton/ha/año, para la tuna 15.7 ton/ha/año con riego y 7.3 ton/ha/año en temporal, y para el nopal forrajero de 141 ton/ha/año con riego y 24.5 ton/ha/año en temporal.

El valor de la producción de estos tres productos en 2009 fue de 2,463 millones de pesos, de los cuales el 58.1% correspondió al nopal verdura, el 40.2% a la tuna y el 1.6% al nopal forrajero. Los precios medio rural por tonelada fueron de \$1,925.3/ton de nopal verdura, \$2,877.4/ton de tuna y \$339.0/ton de nopal forrajero. Contradictoriamente el precio promedio en centrales de abasto fluctuó entre \$0.6/kg en verano y \$1.2/kg en invierno para el nopal verdura.

En el mismo año la siembra de nopal forrajero fue de 18,100 has, no obstante sólo se cosecharon 4,500 has. Los principales estados

productores son Zacatecas, Coahuila y Aguascalientes con el 99.3% del volumen producido y el resto Chihuahua, Jalisco, Guanajuato y Sonora. En 2006 se registraron rendimientos de hasta 207.2 ton/ha/año bajo régimen de riego. Los precios fluctuaron para el mismo año entre \$ 216.2/ton en Aguascalientes, y \$401.5/ton en Zacatecas. El valor de la producción fue de 40.1 millones de pesos para un volumen de 118,300 t/año.

El nopal tiene un rendimiento energético equivalente al de cultivos empleados en Europa para la producción de biogás, como el maíz con valores entre 205 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 450 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV (sólidos volátiles), y la cebada 353 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 658 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV. El nopal en el **laboratorio del IIE**, ha producido entre 350 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 450 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV, que equivalen a 30 y 40 m<sup>3</sup> de biogás/t de nopal fresco. La productividad energética del nopal, depende fundamentalmente de dos valores: Del rendimiento de biogás y su contenido de metano; y el del rendimiento del cultivo en toneladas por hectárea de superficie cosechada.

Si se considera un rendimiento de 200 t/ha/año y 40 m<sup>3</sup> de biogás/t, se producirían hipotéticamente 8,000 m<sup>3</sup> de biogás/ha/año, que equivalen a 12.25 MWh/ha/año. En los estados de Michoacán y Zacatecas se han citado rendimientos de nopal de 800 t/ha/año, con estos rendimientos, la productividad máxima de biogás y energía sería de 32,000 m<sup>3</sup>/ha/año y 56 MWh/año y una potencia de 7 kW/ha.

En la población de Camémbaro, Michoacán a las afueras de la ciudad de Zitácuaro, el “Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro” S.P.R. de R.L instaló una planta con un reactor de 100 m<sup>3</sup> de volumen, que puso en operación en 2010. El biogás generado es almacenado, lavado y comprimido para ser usado en las actividades propias del giro de la empresa destinada a la elaboración y venta de tortillas de maíz enriquecidas con semillas y nopal. La planta está equipada con motor-generator de 35 kW.

Lo antes expuesto respalda la hipótesis del proyecto basado en la sustentabilidad, ya que las características, usos, precios, costos y producción del nopal forrajero lo sitúan como el cultivo ideal para la producción de energía sin dañar el medio ambiente, la creación de empleos permanentes en el campo, en condiciones de rentabilidad económica de la tecnología propuesta.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo del proyecto es crear una cadena de valor con el LABORATORIO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA CON BASE EN EL CULTIVO DEL NOPAL, mediante la validación de la tecnología de generación de electricidad empleando biogás como combustible, derivado de la conversión anaeróbica del nopal, y aplicar estos resultados para la creación de un modelo de producción de unidades productoras de energía sustentable con empleos permanentes en el campo.

## **3. ALCANCES**

La propuesta del proyecto se enmarca dentro de la Convocatoria **CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2013-05 del LABORATORIO DE INNOVACIÓN EN SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**. Es presentado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas con sede en la ciudad de Cuernavaca, Morelos y será desarrollado en colaboración con “Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro” S.P.R. de R.L. en Zitácuaro Michoacán. El IIE es el líder del proyecto, y validará la tecnología desarrollada y mejorada por “Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro” S.P.R. de R.L., quien a su vez compartirá su planta de producción de biogás, cultivará el nopal necesario para la producción del biogás y consumirá la energía eléctrica generada durante el proyecto. Los derechos sobre los desarrollos del proyecto serán compartidos por ambas partes.

El proyecto se desarrollará en dos etapas. En la primera se efectuará la optimización y evaluación técnica y económica-financiera de la planta de biogás para demostrar la sustentabilidad de la tecnología, empleando como Laboratorio de Sustentabilidad Energética su planta ubicada en la comunidad de Camémbaro, Michoacán, que será enlazada con el IIE en Cuernavaca, Morelos, mediante un sistema de supervisión remota del Laboratorio Nacional de Energías Renovables. *En la segunda etapa, los resultados obtenidos serán empleados para la creación del Modelo de Unidades Productoras de Energía Sustentable, mediante la simulación de escenarios a diferentes escalas y condiciones que permita encontrar los factores críticos*

*y limitantes para la transferencia de la tecnología a estas unidades productoras en esquemas de franquicias, licencias o cooperativas. En la misma segunda etapa se impartirán cuatro cursos o talleres y seminarios para la difusión de los resultados entre los productores del campo y la consolidación de las unidades de producción de energía sustentable.*

#### **4. ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR**

Para cumplir con los objetivos, alcances y demostrar la hipótesis del proyecto se realizarán las actividades generales descritas a continuación.

##### **4.1 Evaluación técnica de la tecnología**

En la etapa de operación se medirá y analizará diariamente vía remota la producción y composición del biogás, el cual será purificado y comprimido para alimentar el moto-generador de 35 kW de la planta, Se analizaran las diferentes opciones para la interconexión de la planta eléctrica con la red de CFE, también se empleará este biogás en vehículos automotores como sustituto de gasolina. Se elaborará la documentación de la planta de Camébaro, destacando los balances de materia y energía del proceso que permitirán a su vez determinar la sustentabilidad energética y ambiental de la tecnología. Se recabará información con los productores de nopal para determinar el rendimiento por hectárea, así como el consumo de fertilizantes, abonos orgánicos y agua de riego, para lo cual se instalará una estación anemométrica del Laboratorio Nacional de Energías Renovables, que registre los parámetros de lluvia y clima de la región combinados con los registros de cosecha del nopal. El análisis de los resultados de estas actividades permitirá evaluar desde el punto de vista técnico el desempeño y eficiencia de la planta a través de dos indicadores básicos, que son el rendimiento de biogás y metano por tonelada de nopal procesado, y el rendimiento de nopal por hectárea sembrada y cosechada. Se formularán los manuales para puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta, que constarán de los procedimientos y protocolos correspondientes, y cultivo del nopal con altos rendimientos para la capacitación y asesoría al personal en campo.

#### **4.2 Evaluación económica de la tecnología**

Paralelamente se efectuará el análisis económico financiero mediante la formulación de escenarios, variando los parámetros económicos y los rendimientos energéticos y agrícolas obtenidos en la actividad anterior, con el propósito de efectuar la selección de alternativas del proceso a diferentes escalas, buscando la mejor opción para pequeños y grandes productores de nopal que hagan rentable y demuestren la sustentabilidad económica del proyecto. La cual se hará obteniendo el costo de producción del nopal y el costo del kWh generado, así como la tasa interna de retorno, el valor neto presente, la relación costo-beneficio y el tiempo de recuperación del capital para la planta de Camébaro a tres diferentes escalas.

#### **4.3 Formulación del modelo de UPES**

Con los resultados derivados de las actividades anteriores, se simularán escenarios donde a diferentes escalas y esquemas de asociación de productores para encontrar modelos de las Unidades Productoras de Energía Sustentable (UPES), las cuales deberán cumplir con las condiciones de sustentabilidad social, ambiental y económica. Reiterando que estos modelos de producción de calor, potencia y electricidad cubrirán tanto el cultivo del nopal con altos rendimientos, su cosecha y transformación a biogás, como el tratamiento y purificación de éste para su empleo como combustible para la generación de calor de actividades productivas, electricidad para autoabastecimiento o intercambio de energía y vehículos automotores.

*Se estima que un periodo de dos años a partir del empaquetamiento de la tecnología, se podría constituir una nueva empresa dedicada a replicar el modelo con la construcción de 10 plantas ubicadas en otras regiones del país. Esta expansión beneficiaría a agricultores y empresas comercializadoras de nopal que implantarán el sistema que proveerán de nopal a estas plantas de productoras de energía sustentable.*



#### **4.4 Capacitación de personal y transferencia de la tecnología**

Como parte del proyecto se formará personal a través de estancias como becarios de licenciatura y maestría, e impartición de cursos de capacitación a productores en el tercer año del proyecto como actividades de difusión y transferencia de los resultados del proyecto. Para lo cual se elaborarán los cursos correspondientes a la parte agrícola y de generación de energía, teniendo como centro de capacitación la planta del Grupo Camébaro.

#### **4.5 Elaboración y entrega de informes**

Cada seis meses se elaborarán y entregarán los informes de avances técnico y económico del proyecto, con el propósito de constatar el cumplimiento de los resultados parciales y finales del mismo de acuerdo a lo programado en los anexos de esta propuesta.

### **5. PRODUCTOS A ENTREGAR**

Los productos a entregar corresponden a la documentación de cada actividad de acuerdo al cronograma de actividades adjunto al final de esta propuesta (Anexo1).

### **6. BENEFICIO ESPERADO**

Cualitativamente los beneficios derivados del proyecto son de orden social, económico y ambiental. De demostrarse la hipótesis del proyecto, será posible la creación de empleos permanentes en el campo y empleos indirectos en los sectores energético y comercial afines, aprovechar superficies de cultivo ociosas, desérticas o semidesérticas en el sector agrícola, revalorar el cultivo del nopal en general y del forrajero en particular, mejorando las prácticas de cultivo; se podrá sustituir biodiesel por biogás en las labores del campo así como de electricidad, mitigando el impacto de emisiones a la atmósfera, entre otros, de gases sulfurosos y

orgánicos volátiles, brindando una atmósfera menos contaminada en beneficio de la salud de los pobladores del campo y global; generación de combustibles y energía a costos competitivos con los combustibles derivados del petróleo, con lo cual se reducirá en este sector agropecuario la dependencia del diésel y la electricidad. Cuantitativamente estos beneficios se incrementarán en la medida que crezcan las unidades de generación de energía sustentable de manera inercial por las fuerzas del mercado inducidas por el proyecto propuesto.

## **7. RESPONSABLES TÉCNICOS**

Por el Instituto de Investigaciones Eléctricas:

Ing. José Luis Arvizu, Jefe de Proyecto de la Gerencia de Energías No Convencionales.

Tel.: 01 777 3623 811 Ext.: 7247 E-mail: [jarvizu@iie.org.mx](mailto:jarvizu@iie.org.mx)

Por el “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L.

Sr. Rogelio Sosa López, Socio Propietario.

Ing. Miguel Ángel Aké Madera, Director Técnico.

## **8. COLABORACIÓN EN LA EJECUCIÓN**

Mediante acuerdo de colaboración el IIE cuenta como aliado para la realización de este proyecto con la participación del “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L., su planta de biogás y su papel durante la ejecución del mismo como **“LABORATORIO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA CON BASE EN EL CULTIVO DEL NOPAL”**, considerando esta aportación en especie para los fondos concurrentes del proyecto. Los derechos de resultados del proyecto serán compartidos por ambas partes como se establece en el convenio de colaboración citado.

## 9. INICIO Y DURACIÓN

La duración de estos trabajos es de 2 años de acuerdo al programa anexo, a partir de la aprobación de los presentes términos de referencia y la firma del convenio correspondiente ante el Fondo **CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2013-05** del **LABORATORIO DE INNOVACIÓN EN SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**.

### Programa de Actividades del Proyecto

Actividades, responsable, años y resultados							
No.	Actividades	Responsable	2014		2015		Resultados
1	Evaluación técnica de la tecnología	José Luis Arvizu	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Tecnología documentada y validada técnicamente con rendimientos de kWh generado por tonelada de nopal y hectárea cosechada por año.
2	Evaluación económica de la tecnología	Consuelo Medrano		XXXX			Tecnología documentada y validada económicamente con costo del kWh de generación.
3	Formulación de modelo de UPES	Consuelo Medrano			XXXX		Modelo para unidades de producción de energía sustentable. Seminario de presentación del Modelo.
4	Capacitación y transferencia de tecnología	José Luis Arvizu				XXXX	Formación de 6 profesionistas en actividades del proyecto e impartición de 4 cursos y 4 talleres a productores en el Laboratorio de Sustentabilidad Energética con Base el Cultivo del Nopal.
5	Elaboración y entrega de informes	José Luis Arvizu	X	X	X	X	Informes técnicos y económicos semestrales de avance y final de proyecto.

*El oro verde de México*

PROPUESTA II

**“Generación de Combustible para Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

México, D. F. a 1 de abril de 2014

**GRUPO AGROINDUSTRIAL NOPAL DE CAMÉMBARO S.P.R. DE R.L.**

Domicilio fiscal: Camino Viejo Rural Local de FOVISSSTE a Camémbaro  
Km. 0.500

Camémbaro, Michoacán

Correo electrónico: [elmanjardelcampo@hotmail.com](mailto:elmanjardelcampo@hotmail.com)

Teléfonos: 715 1110587, 1112277 y 1112278

**Zitácuaro, Michoacán**

**Anexo 1: Ficha Técnica del Proyecto “Generación de Combustible para Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

**Lic. EFRAÍN VILLANUEVA ARCOS. Secretario Técnico del Comité.**

Fideicomiso No. 2145 “Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”

PRESENTE.

**ASUNTO:**

**Solicitud de recursos para el Proyecto “Generación de Combustible para Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

**Referencia:**

**Oficio/Memorando/Comunicación ###**

## **Antecedentes**

La propuesta del proyecto se enmarca dentro de la Convocatoria Transición Energética. Es presentado por el “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L. en Zitácuaro, Michoacán y será desarrollado en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas con sede en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. El IIE validará la tecnología desarrollada por “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L., quien a su vez compartirá su planta de producción de biogás, cultivará el nopal necesario para la producción del biogás y consumirá la energía eléctrica generada durante el proyecto. Los derechos sobre los desarrollos del proyecto serán compartidos por ambas partes.

El proyecto cumple con los objetivos y programas de El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, el Programa Sectorial de Energía 2013-2018, la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 y el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, que son entre otros el promover el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas; además de fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en temas prioritarios para el sector energético. Asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país. Impulsar la reducción de costos en la generación de energía eléctrica que disminuyan las tarifas que pagan las empresas y las familias mexicanas. Homologar las condiciones de suministro de energía eléctrica en el país. Diversificar la composición del parque de generación de electricidad considerando las expectativas de precios de los energéticos a mediano y largo plazos. Ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental, en el marco de la sustentabilidad. Participación de energías renovables y tecnologías limpias en capacidad instalada de generación de electricidad en el sistema eléctrico.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general del proyecto es crear una cadena de valor con EL CULTIVO DEL NOPAL mediante la validación de la tecnología en la Planta de Biogás de Camébaro, Michoacán, para la generación de electricidad, calor de proceso y combustible para vehículos automotores,

mediante la conversión anaeróbica del nopal a biogás, y aplicar estos resultados para la creación de un modelo de negocio de productores de energía sustentable con empleos permanentes en el campo.

***El objetivo específico es el de emplear el biogás generado en la planta de biogás de Camébaro, como combustible para vehículos automotores para la sustitución de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.***

## **RELACIÓN DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA VIGENTE**

Los objetivos de la estrategia son:

1. Multiplicación de semillas, plantas y material vegetativo para la producción de insumos de bioenergéticos como: Sorgo, jatropha, yuca, y caña de azúcar, entre otros como nopal.
2. Establecimiento de cultivos a nivel comercial para la producción de insumos de bioenergéticos.
3. Apoyo a proyectos de plantas piloto y/o proyectos integrales, y proyectos innovadores de producción de insumos para bioenergéticos.
4. Proyecto de uso de energía renovable en actividades productivas del sector agropecuario.
5. Investigación y desarrollo tecnológico, validación de paquetes tecnológicos de cultivos agrícolas o de algas con potencial productivo para la obtención de biomasa utilizada en la producción de biocombustibles, y energías renovables.
6. Proyectos Específicos.

Por lo que tiene relación directa con varios de estos objetivos el proyecto propuesto de generación de energía a partir del cultivo del nopal a través de la generación de biogás y su conversión a calor, electricidad y combustible para automotores.

## **PLAZOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

De acuerdo al cronograma de actividades adjunto, el proyecto se desarrollará en un año, empezando en el presente 2014 y concluyendo

en 2015. En 2014 se llevará a cabo la optimización y evaluación técnica de la planta de biogás ubicada en la comunidad de Camémbaro, Michoacán, la cual será enlazada con el IIE en Cuernavaca, Morelos, mediante un sistema de supervisión remota para determinar su producción de biogás a plena carga de diseño de 8 ton de nopal por día; y se adquirirá el equipo para tal propósito, como el sistema de alta compresión para el llenado de tanques a 200 bares. A finales de 2014 se iniciarán las pruebas de recorrido de vehículos operados con biogás, se concluirá esta actividad y el proyecto en el primer semestre de 2015.

Programa de Actividades del Proyecto

No.	Actividades	2014		2015	
	<b>Primera etapa. Evaluación Técnica</b>				
1	Instrumentar y cambiar equipo de bombeo a la planta.	XX			
2	Operar la planta y llevarla hasta su capacidad máxima.	XX	XXXXXX	XX	
3	Registrar el flujo y composición del biogás	XX	XXXXXX		
4	Adquisición e instalación equipo y sistema de alta presión del biogás.	XX			
5	Pruebas de recorrido como combustible en un vehículo de transporte del nopal.		XXXX	XX	
6	Elaboración y entrega de informes de avance	X		X	
7	Elaboración y entrega de informes de avance y final.	X	X X X	X	

### PUNTOS DE CONTROL O ACTIVIDADES CRÍTICAS

Los programas de actividades y financiero serán los puntos de control del proyecto. Las actividades críticas serán la optimización y evaluación técnica y económica-financiera de la planta de biogás, que permitirá obtener los indicadores de producción de biogás por tonelada de nopal y las toneladas de nopal por hectárea por año, lo cual incidirá en el costo del kWh generado por la tecnología, que a su vez permitirá comparar este costo con el de generación convencional a partir de combustibles fósiles y otras fuentes de energía. Así como la creación del Modelo de Negocio de productores de nopal y energía sustentable, y los cursos o talleres y seminarios para la difusión de los resultados del proyecto son las actividades críticas del proyecto.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

1. Al finalizar el 2014 se tendrá operando la planta a su capacidad de diseño de 8 ton/día de nopal y el equipo adquirido e instalado de alta compresión y gran parte de pruebas de recorrido vehicular, que incluye los rendimientos de biogás por tonelada de nopal alimentado y tonelada de nopal por hectárea cosechada.
2. Al finalizar el segundo año se entregará la documentación de la evaluación con los parámetros de y manuales de empleo del biogás en vehículos automotores ligeros y de media carga de 4 ton, y ahorros de combustible fósil.

## **PARÁMETROS DE MEDICIÓN PERIÓDICA**

Los reportes trimestrales de avance físico y financiero, los informes anuales y las actividades de medición, verificación y certificación son los parámetros de medición periódica que permitirán la valoración del mismo por el Comité Técnico del Fondo. De acuerdo al programa de actividades del proyecto y el presupuesto del mismo, cada seis meses se tendrán productos del proyecto y gastos realizados, que por sí mismos son los parámetros idóneos para medir el avance del proyecto semestral y anualmente. En primer semestre se tendrá la tecnología documentada y validada técnicamente con rendimientos de m<sup>3</sup> biogás/km recorrido y tonelada de nopal y hectárea cosechada por año generado. En el segundo semestre tendrá la rentabilidad de la tecnología de empleo del biogás como combustible sustituto de la gasolina y diésel, entre otros parámetros económicos el del costo del m<sup>3</sup> biogás para este propósito.

## **ENTREGABLES**

- Se entregarán reportes trimestrales del proyecto con el avance físico y financiero y la valoración de la continuación del mismo. Dichos informes se presentarán un mes después del cierre del trimestre.
- Se entregarán informes anuales consolidando el avance acumulativo del Proyecto. Dichos informes se presentarán un mes después del cierre del año.



- Se entregará un informe final con las conclusiones y documentación de soporte necesaria dentro de los tres meses siguientes a que finalice el mismo.
- Cuando aplique o sea requerido por el Comité Técnico, se detallarán e indicarán los entregables adicionales incluidos en el desglose de montos, así como las fechas estimadas de presentación de los mismos, de acuerdo con el cronograma de ejecución del proyecto.
- Al finalizar el proyecto se entregará la documentación de la adquisición e instalación de la planta de compresión a 200 bares, así como las bases de datos con la producción de biogás a plena carga de nopal

## REFERENCIAS, METODOLOGÍA Y BIBLIOGRAFÍA

Basados en las características del nopal como un cultivo con bajos requerimientos de agua y fertilizantes, que crece en la totalidad del territorio nacional, en terrenos perturbados o abandonados por un lado y su gran capacidad de producción de biomasa y biogás por el otro; se pretende demostrar con el proyecto de la presente propuesta el alcance de estos argumentos. Para lo cual el IIE instrumentará la planta de biogás de nopal del “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” instalada en ésta comunidad en el municipio de Zitácuaro, Michoacán, y equipada con moto-generador eléctrico de 35 kW. Se operará la planta hasta su capacidad de diseño de conversión nopal a biogás de 8 t/d de nopal fresco, registrando los rendimientos de biogás por tonelada de nopal, los kWh generados por m<sup>3</sup> de biogás y tonelada de nopal, así como el de producción de biomasa en toneladas de nopal por hectárea cosechada. Los beneficios ambientales derivados como la fijación del carbono atmosférico y sustitución de combustibles fósiles para la generación de electricidad como tCO<sub>2</sub>/año mitigados; así como la importante generación de empleos directos derivados del cultivo y comercialización del nopal para los productores del campo. *De tal manera que el biogás empleado actualmente en la planta de biogás de Camébaro para sustituir gas LP, se comprimirá a una presión que permita hacer recorridos equivalentes con vehículos adaptados a biogás, para ello se adquirirá el equipo de compresión que permita cargar los vehículos de prueba para determinar los rendimientos y beneficios económicos de sustituir la gasolina y el diésel con el biogás. Esta es una práctica en países europeos y asiáticos por lo que en nuestro país será la primera planta demostrativa de esta naturaleza.*

REFERENCIAS

1. *Shanghai Davy Energy Technology Co. Ltd., Natural Gas Compressor*
2. *Monografía del Nopal y la Tuna; Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial; Financiera Rural Julio 2011.*
3. *Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro” S.P.R. de R.L.; “Producción integral de productos derivados del nopal y maíz, con energías renovables” en la localidad de Camémbaro, tenencia de Coatepec de Morelos, municipio de Zitácuaro, Michoacán; Domicilio fiscal: Camino Viejo Rural Local de FOVISSSTE a Camémbaro Km. 0.500.*
4. *IMPI; Base de Datos de Consulta.*
5. *Europea de Patentes – Base de Datos Espacenet 1998-2008.*
6. *Oficina Europea de Patentes – Base de Datos Latipat.*
7. *Estados Unidos: Base de datos USPTO.8. Documentos de Patentes Recuperados desde la base de datos PatFT*

Miguel Aké Madera

**GRUPO AGROINDUSTRIAL NOPAL DE CAMÉMBARO S.P.R. DE R.L.**

Domicilio fiscal: Camino Viejo Rural Local de FOVISSSTE a Camémbaro

Km. 0.500

Camémbaro, Michoacán

Correo electrónico: elmanjardelcampo@hotmail.com

Teléfonos: 715 1110587, 1112277 y 1112278

**Zitácuaro, Michoacán**

RESUMEN DE LA PROPUESTA II

**Convocatoria Fondo de Transición Energética**

**"Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal"**

**Objetivo**

El objetivo general del proyecto es crear una cadena de valor con **EL CULTIVO DEL NOPAL** mediante la validación de la tecnología en la Planta de Biogás de Camémbaro Michoacán para la generación de electricidad, calor de proceso y combustible para vehículos automotores, mediante la conversión anaeróbica del nopal a biogás, y aplicar estos resultados para la creación de un modelo de negocio de productores de energía sustentable con empleos permanentes en el campo.

El objetivo específico es el de emplear el biogás generado en la planta de biogás de Camémbaro como combustible para vehículos automotores para la sustitución de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.

**Cuadro 1 comparativo de generación eléctrica en México**

Tecnología	Costo US / KWh	Inversión US / KW
Solar fotovoltaica*	0.25-0.50	3.500-7.000
Turbinas eólicas*	0.050-0.10	1500-1800
Hidráulica*	0.115	1.600
Geotérmica*	0.030	1.200
Generador eléctrico (nopal)**	0.050	1.200

\* Fuente SENER

\*\* Fuente nuestra

**Cuadro 2 comparativo distintos biocombustibles**

	Rend. ton / hect	Rend. ton/ m3	Prod. media etanol m3/ hect	Desventaja
Remolacha	70	10	7	Balance energético
Maíz	15	2,7	5,55	Balance energético
Caña de azúcar	102	17	6	Balance energético en la destilación
Sorgo azucarero	22	3,6	6	Balance energético en la destilación
Nopal ( biogás)	1000	40	50*	-

\*Equivalente en términos de energía



## Convocatoria Fondo de Transición Energética

**"Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal"**

### Potencial Energético del Nopal

El nopal tiene un rendimiento energético equivalente al de cultivos empleados en Europa para producción de biogás como el maíz con Valores Entre 200 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 450 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV (solidos volátiles) y la cebada 353 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 658 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV. El nopal en el laboratorio del I.I.E. Ha producido entre 350 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV y 450 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t SV . La productividad energética del nopal depende fundamentalmente de 2 valores: del rendimiento de biogás y su contenido de metano y del rendimiento del cultivo en toneladas por hectárea de Superficie cosechada.

**Cuadro 3 Comparativo energías nopal, eólica y fotovoltaica**

Característica	Biomasa nopal	Energía eólica	Energía fotovoltaica
Disponibilidad	Continua 24 X 365 días	Irregular dependiendo de la hora del día.	Irregular dependiendo de la hora del día.
Mantenimiento	Bajo en condiciones de operación, cada dos años pintura. Poco personal	Bajo, muy poco personal en condiciones normales	Bajo, muy poco personal en condiciones normales
Mantenimiento en fallas	Rápida, y bajo costo. Personal de calificación media	Personal altamente calificado con fallas mayores, reparaciones costosas y lentas.	Personal altamente calificado con fallas mayores, reparaciones costosas y lentas.
Tipo de energía generada	Eléctrica, biogás, térmica (agua caliente)	Eléctrica	Eléctrica
Eficiencia generación energía	80-90 %	30 % de la capacidad instalada en tierra.	10 -20 % dependiendo del costo de celda
Duración de equipos e instalaciones	15-20 años	20 años	10 años
Beneficio ambiental	Reduce gases de efecto invernadero Regenera la tierra erosionada y produce fertilizantes orgánicos. Cambia el microclima reteniendo agua del suelo. Extrae dióxido de carbono del ambiente. Permite la venta de bonos de carbono. Proceso totalmente orgánico	No emite dióxido de carbono. Efecto neutro en el medio ambiente.	No genera dióxido de carbono. Efecto neutro en el medio ambiente.
Perjuicio ambiental	Desconocido	Alto impacto en rutas migratorias de aves, Ruidosa producción de energía por efecto de las aspas al rotal. Visualmente agresivo.	Baterías y construcción de celdas es altamente contaminante.
Disponibilidad de repuestos	Disponibles en mercado nacional en forma inmediata.	Deben ser importados	Deben ser importados con dependencia del importador y distribuidor.
Tiempo de estudio e implementación de proyecto	Corto, 1 año	Largo, 8 años mínimo para estudiar vientos	Corto 1 año.
Beneficio Social	Genera puestos de trabajo permanentes para siembra cosecha, y plantas de proceso.	Genera empleos en el montaje de equipos.	Genera empleos en el montaje de equipos. Aplicable a pequeña escala en sectores marginales.
Externalidades positivas	Culturalmente el cultivo del nopal es aceptado y favorecido por instituciones del estado. Símbolo nacional Permite la apertura de nuevos mercados al ser considerada una empresa verde que cuida el medioambiente. En Zitácuaro Michoacán opera desde 2010, la única planta piloto única en el mundo.	Tecnología conocida e implementada en Forma global.	Tecnología atractiva y ampliamente conocida. Imagen ampliamente positiva para su implementación.
Externalidades negativas	Pocas plantas construidas en el mundo, desconocidas en México. Resistencia de grupos ambientalistas a ocupar un alimento para energía.	El dinero sale del país hacia las fábricas de Europa principalmente. El dinero no se invierte en recursos humanos y tecnológicos de México	Las baterías generan contaminantes tóxicos. Los equipos son frágiles a impactos. El dinero no se invierte en recursos humanos y tecnológicos locales.
Costo instalación KW instalado	US\$1.200/ KW (no incluye ingresos por subproductos y bonos de carbono)	US 1500-1800/KW	US\$ 600 – 7.000/KW
Recuperación de la inversión	1 a 3 años	5-8 años	12-16 años

## El oro verde de México



Aspectos económicos y de mercado

Plazo estimado de recuperación de la inversión

El periodo global de recuperación de la inversión es de aproximadamente 12 -36 meses, la generación de biomasa es más lento por el volumen de la inversión y los ciclos agrícolas (36 meses).

	PRI
Biomasa	3 años
Biogás	1 año
Humus -harina	1 año
Electricidad	1 año

## Convocatoria Fondo de Transición Energética



"Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal"

Esquema General del Proyecto



**BIOGAS PARA EL TRANSPORTE**

Convocatoria Fondo de Transición Energética



"Generación de Combustible para  
el Transporte a  
Partir del Cultivo del Nopal"

Instituciones Participantes

**GRUPO AGROINDUSTRIAL NOPAL DE  
CAMÉMBARO S.P.R. DE R.L, EN ZITÁCUARO  
MICHOACÁN.**

Domicilio fiscal: Camino Viejo Rural Local de FOVISSSTE a  
Camémbaro Km. 0.500  
Camémbaro, Michoacán

Correo: [elmanjardelcampo@hotmail.com](mailto:elmanjardelcampo@hotmail.com)

Teléfonos: 715 1110587, 1112277 y 1112278

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
ELÉCTRICAS, EN CUERNAVACA MORELOS.**  
Calle Reforma No 113, Col Palmira, CP 62490 Cuernavaca,  
Morelos Tel 777 3623811 ext 7247

Convocatoria Fondo de Transición Energética




"Generación de Combustible para  
el Transporte a  
Partir del Cultivo del Nopal"

Actividades del Proyecto

De acuerdo al cronograma de actividades siguiente, el proyecto se desarrollará en un año, empezando en el presente 2014 y concluyendo en 2015. En 2014 se llevará a cabo la optimización y evaluación técnica de la planta de biogás ubicada en la comunidad de Camémbaro Michoacán, la cual será enlazada con el IIE en Cuernavaca Morelos mediante un sistema de supervisión remota para determinar su producción de biogás a plena carga de diseño de 8 ton de nopal por día; y se adquirirá el equipo para tal propósito, como el sistema de alta compresión para el llenado de tanques a 200 bares. A finales de 2014 se iniciarán las pruebas de recorrido de vehículos operados con biogás, se concluirá esta actividad y el proyecto en el primer semestre de 2015.

Convocatoria Fondo de Transición Energética




**“Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

**Actividades del Proyecto**

No.	Actividades	2014		2015	
<b>Primera etapa. Evaluación Técnica</b>					
1	Instrumentar y cambiar equipo de bombeo a la planta	XX			
2	Operar la planta y llevarla hasta su capacidad máxima.	XX	XXXXXX	XX	
3	Registrar el flujo y composición del biogás	XX	XXXXXX		
4	Adquisición e instalación equipo y sistema de alta presión del biogás	XX			
5	Pruebas de recorrido como combustible en un vehículo de transporte del nopal			XXXX	XX
6	Elaboración y entrega de informes de avance	X	X		
7	Elaboración y entrega de informes de avance y final.	X	X X	X	X

Convocatoria Fondo de Transición Energética



**“Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

**Productos del Proyecto**

- Se entregarán reportes trimestrales del Proyecto con el avance físico y financiero y la valoración de la continuación del mismo. Dichos informes se presentarán un mes después del cierre del trimestre.
- Se entregarán informes anuales consolidando el avance acumulativo del Proyecto. Dichos informes se presentarán un mes después del cierre del año.
- Se entregará un informe final con las conclusiones y documentación de soporte necesaria dentro de los tres meses siguientes a que finalice el mismo.



Convocatoria Fondo de Transición Energética



"Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal"

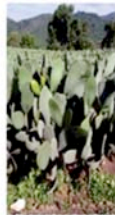
Productos del Proyecto

- Cuando aplique o sea requerido por el Comité Técnico, se detallarán e indicarán los entregables adicionales incluidos en el desglose de Montos, así como las fechas estimadas de presentación de los mismos, de acuerdo con el cronograma de ejecución del proyecto.
- Al finalizar el proyecto se entregará la documentación de la adquisición e instalación de la planta de compresión a 200 bares, así como las bases de datos con la producción de biogás a plena carga de la planta de biogás de Camébaro, obtenidas mediante supervisión remota. Y la estimación de los ahorros por sustitución de combustibles fósiles.

Convocatoria Fondo de Transición Energética



"Generación de Combustible para el Transporte a Partir del Cultivo del Nopal"



BIOGAS PARA EL TRANSPORTE



## **CAPÍTULO 4**

### **Un caso de éxito único en México y en el mundo**



Planta piloto de generación de biogás con nopal, en Zitácuaro, Michoacán, en operación desde 2010

¡De la idea a la realidad!

Antecedentes

#### **El manjar del campo**

El manjar del campo, empresa establecida en Zitácuaro, Michoacán, desde hace más de 30 años, elabora y comercializa productos derivados del maíz, como la tortilla tradicional, tortillas de nopal, totopos, tostadas y sopes. Además de otros productos como salsas y nopales curtidos, arroz y tortillas de harina y trigo.

Rogelio Sosa López, fundador de la empresa, se ha preocupado porque los equipos, materia prima y personal cumplan con los requisitos de calidad e higiene en la elaboración de sus productos.

Además de cumplir con las normas de higiene y seguridad, la empresa ha buscado optimizar la utilización de los recursos de agua, gas y electricidad con respeto al medio ambiente, utilizando para ello tecnologías de energías renovables, de tal suerte que la empresa cuenta con paneles solares para elevar y conservar el agua a temperaturas que fluctúan entre los 77 y 78°C.

Con el fin de diversificar sus horizontes se creó el Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, S. P .R. de R.L. y su filial Nopalimex, ampliando sus plantaciones de nopal, y su infraestructura física para la elaboración de tortillas de maíz de nopal y sus derivados.

Zitácuaro, es un municipio productor de guayaba, actividad que representaba a la empresa El Manjar del Campo, un negocio redituable y seguro, sin embargo, su propietario decidió correr el riesgo de sustituir a la guayaba, por el nopal, recibiendo innumerables críticas, de sus compañeros agricultores. A cambio, quien esto escribe, le ofreció el apoyo de instituciones educativas de investigación superior, como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl. Así como el acompañamiento estratégico, de la Organización de las Naciones Unidas, ONUDI y del Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE.

Empleando diversas variedades del nopal, producto de procesos de hibridación, la asesoría correcta y el paquete tecnológico adecuado, se lograron excelentes cosechas con resultados sorprendentes: 800 toneladas/hectárea/año; es decir, superó con mucho el promedio nacional de productividad del nopal, que promedia 130 toneladas / hectárea/año

El uso de la energía solar y el cultivo exitoso del nopal, llevo más tarde a esta empresa a incursionar en la utilización de la biomasa del nopal para generar gas y electricidad, con el propósito de autoabastecer sus requerimientos y con ello reducir sus costos de producción para ser más competitivo en los mercados local, nacional e internacional, sentando las bases de una empresa autosuficiente y sustentable. Una empresa a la vanguardia en el uso de tecnologías de energías renovables. La combinación del uso de energía solar, con la generación

de gas y electricidad, a partir de la biomasa del nopal, resulta una verdadera innovación tecnológica, que dio como resultado el diseño, construcción y operación de una planta en operación desde el 2010, que se produjo la primera flama de gas.

***Cuatro años después, la publicación de esta obra, tiene como propósito fundamental, compartir la experiencia de un proyecto exitoso, que muy bien se pudiera replicar, ya que significa la culminación de esfuerzos y experiencias, con resultados de alto impacto social, económico y ambiental. La empresa ha reestructurado su infraestructura física al 100%, con el apoyo de la SAGARPA. Los entregables del proyecto en cuestión son: Biogás, electricidad, agua nitrogenada, humus orgánico y se encuentra en posibilidades de comprimir el biogás para los vehículos automotores de la empresa; sustituyendo la gasolina por biogás, coadyuvando a reducir los gases de efecto invernadero, que tanto dañan al ser humano y que provocan el cambio climático que a la postre causan daños catastróficos.***

El inicio, preparación para la siembra, de nopal.

La preparación y acolchado del terreno, juega un papel importante para el éxito de la plantación, que se traduce en salud y alta productividad de la planta, implica barbecho, rastreo, volteo, surcado del terreno, elección del sistema de riego y aplicación de insecticidas, minerales y fertilizantes. Otro factor importante, es la selección del material vegetativo y su capacidad de adaptación en suelos y climas.



La foto muestra la preparación del terreno y acolchado, en Zitácuaro, Michoacán, a principios de 2009, que ha permitido el desarrollo precoz del nopal, alta productividad y para mantener la temperatura adecuada de la tierra, evitar pudriciones y crecimiento de maleza. La inversión en el acolchado es cara, pero se reditúa con la productividad.

La producción del cultivo tradicional de nopal en México, promedia 130 toneladas por hectárea/año. Como veremos más adelante, la elección del nopal esmeralda y chicomostoc, especialmente para la región de Zitácuaro, Michoacán, aunado a todos los cuidados reseñados, del análisis de la tierra, temperatura, condiciones climáticas, humedad, precipitación pluvial, y zona geográfica, constituyen elementos fundamentales para elevar considerablemente la productividad, quintuplicándola. Este paquete biotecnológico cambiaría de ser adoptado a nivel nacional, la economía de los productores de nopal.

La aceptación del nopal y la tuna en mercados internacionales, aumenta la importancia de la productividad del nopal. Japón, Europa, Canadá y la comunidad latina en Estados Unidos, por sus consumos de nopal, se vuelven un aliciente para la producción sistematizada con la aplicación de la biotecnología. Como vimos al inicio de este libro en el Capítulo I, la gran variedad de aplicaciones y usos del nopal convierten a este producto mexicano en “El oro verde de México”.

La densidad de la plantación en Zitácuaro, fue de 30,000 pencas por hectárea y se dejó una distancia de un metro entre surcos y 25 centímetros entre plantas.

### Plantación

Para hacer una plantación nueva, es necesario que las raquetas sean vírgenes y que estén en buen estado, sin malformaciones físicas y libres de plagas, extremando los cuidados, para no transmitir enfermedades al nuevo huerto. Que tengan 30 centímetros de alto y 20 centímetros de ancho.

La fecha ideal de plantación es agosto-marzo comúnmente, debe tenerse en cuenta la especie, tipo de nopal, condiciones climáticas y del suelo de la región donde pretenda plantarse; sin embargo, en regiones de bajas temperaturas se puede plantar todo el año, evitando la siembra en las épocas de lluvia.

Las mejores variedades para verdura y forraje son chicomostoc y esmeralda, y se entierra un tercio de la penca, en los bordos, o camas de plantación.

*Miguel Aké Madera*

En la foto se muestra la penca virgen seleccionada para la plantación en Zitácuaro, Michoacán.



En la gráfica mi pequeña hija Diana, presente desde el inicio de la plantación

## Plagas

Las plagas más perjudiciales conocidas son: Picudo de la espina, picudo del tallo, gusano cebrá, gusano blanco, chinche ligus, gusano bellotero, entre otros, atacan en estado larvario, por lo que es importante conocer su ciclo biológico para su control. Se requiere y es recomendable la asesoría técnica profesional, tanto para el control de plagas como la prevención de las enfermedades propias del nopal, como la mancha bacteriana, el oro del nopal, y el resecaamiento de la planta.

Para lograr tener un huerto saludable y sin problema, es necesario realizar podas de sanidad cada año, raleo de pencas para que estén más espaciadas, lo cual tiene mucho que ver con el tamaño y peso que se le quiera dar a la planta, otras medidas estrictas, consisten en mantener libre de malezas el huerto, para que no compitan por el agua y nutrientes. Las fumigaciones se hacen con productos orgánicos como T3 de bajo impacto ambiental.

### **Siembra penca virgen**

La penca debe de ser virgen de 6 meses a 1 año con sus yemas periferales intactas y debe ser tratada, para tener mayor longevidad, el huerto se fumiga y se encala antes de plantar, y se distribuye según la densidad elegida. En este caso fue de 30,000 pencas por hectárea.

### **Abono**

Consiste en aplicar abono, en la cama de plantación a razón de 100 ton/ha. Este abono tiene que estar mineralizado o hecho a base de composta para evitar problemas de plagas o infestaciones de plagas del suelo, el abono proporciona ricos nutrientes de nitrógeno y fosforo.

El sistema de riego más recomendable es de 2 pulgadas de agua al terreno, puede aplicarse con cintilla tipo 8000, o bien micro aspersor, el riego debe aplicarse por la noche y generalmente es de 4 a 6 horas según el tipo de cintilla o micro aspersor.



Siembra penca virgen, pencas de seis meses

Los cuidados inician desde el vivero madre, y en la selección para la siembra de las raquetas vírgenes, se llevan a cabo buenas prácticas de salud con las plantas madres, cuidándolos acuciosamente, desde que son meristemas, para propiciar su sano crecimiento y para que no pierdan su forma, ni modifiquen su sanidad y apariencia exuberante,



*Miguel Aké Madera*

El control de hierbas y zacates es muy importante, de otra manera la producción disminuye, puede aplicarse herbicidas como, faena, newcap o coloso para terminar con la maleza secándolas por completo, aplicando con cuidado sin tocar el nopal.

También existen productos semejantes para no dejar que germinen en los suelos las hierbas, y se apliquen sobre el suelo antes o después del riego. Cuando la plantación es orgánica, no se permiten aplicaciones, ni de fertilizantes, químicos ni de herbicidas todo es manual o usando acolchados. Con el acolchado evitamos la incidencia de malezas.



Para evitar pudriciones o mermas en la productividad se hicieron bordos elevados, que permite que el tronco del nopal esté libre de inundaciones por exceso de lluvia

Importante es la conducción, orientación y formación de la penca de nopal, respecto al sol, para la producción; cuando la planta comienza a brotar se dejan los brotes opuestos, y se conducen hacia arriba formando los brazos productivos, para que no se enferme la planta y se obtengan buenas cosechas. El nopal, sembrado inicialmente en Zitácuaro es la denominada esmeralda y Chicomostoc, y pertenecen al género *Opuntia Ficus Indica*, por selección masal de origen y cultivada en condiciones climáticas uniformes y constantes como humedad, temperatura, nutrición, manejo, poda, que la hace más productiva, más resistente a las plagas y enfermedades, mejor capacidad de adaptación a terrenos áridos y temperaturas extremas con gran contenido de azúcares, que resulta propicio para la generación de biogás y energía

*El oro verde de México*

eléctrica. El ácido abscísico, que es una fitohormona, juega un papel determinante que hace diferente a esta especie de nopal de las demás.



Una vista panorámica de la plantación del nopal a los 4 meses. Una hectárea de nopal verdura con una densidad de 30000 plantas por hectárea produce 1200 kg de verdura por ha. por día durante 272 días seguidos, posteriormente se deja descansar cuando se acumula la cosecha. En 1 año podemos cosechar hasta 800 ton/ha, pudiendo cortar 1 ó 2 veces al año



Nopal de la plantación de Zitácuaro, listo para utilizarse para generar biogás y con registros superiores a 800 toneladas/Hectárea/año de producción

*Miguel Aké Madera*

### Construcción del biodigestor

Inicio de la construcción del biodigestor en 2009, construcción de la obra civil, cimiento y pilotes del biodigestor. En la imagen Rogelio Sosa López, dueño de la empresa El Manjar del Campo y fundador del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, en Zitácuaro, Michoacán.



## Biodigestor



Capacidades del biodigestor: 100 m<sup>3</sup>, asentado sobre pilotes de 1 metro de altura, con tapa hermética, para procesar 8 toneladas de nopal al día y alimentar con biogás a un generador de 35.5 kwh, para producir 450 y 600 m<sup>3</sup> de biogás



De izquierda a derecha, se aprecian tanques de almacenamiento, tanques de purificación, calentadores y el biodigestor

*Miguel Aké Madera*

### Descripción del equipo utilizado y su funcionamiento

Se instalan los purificadores de ácido sulfhídrico, como lo ilustra la gráfica de abajo, cuyas funciones serán la de extraer el ácido sulfhídrico, generado en el biodigestor en una primera carga y que será utilizado también como trampa de agua a la salida del reactor.



Tanque de aireamiento, izquierda y tanque de recuperación de biogás, lado derecho

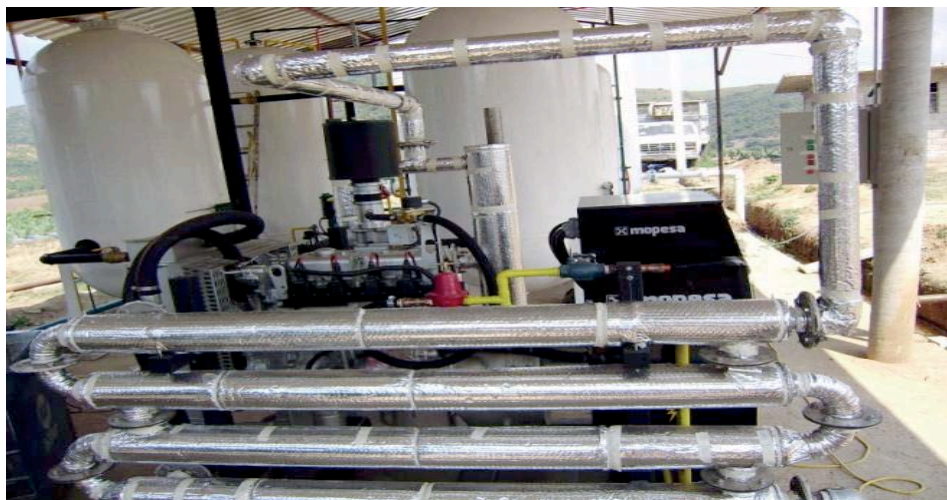


*El oro verde de México*

Generador eléctrico de 35.5 kwh, al que se le han adaptado intercambiadores de calor, agua-agua y agua-gas

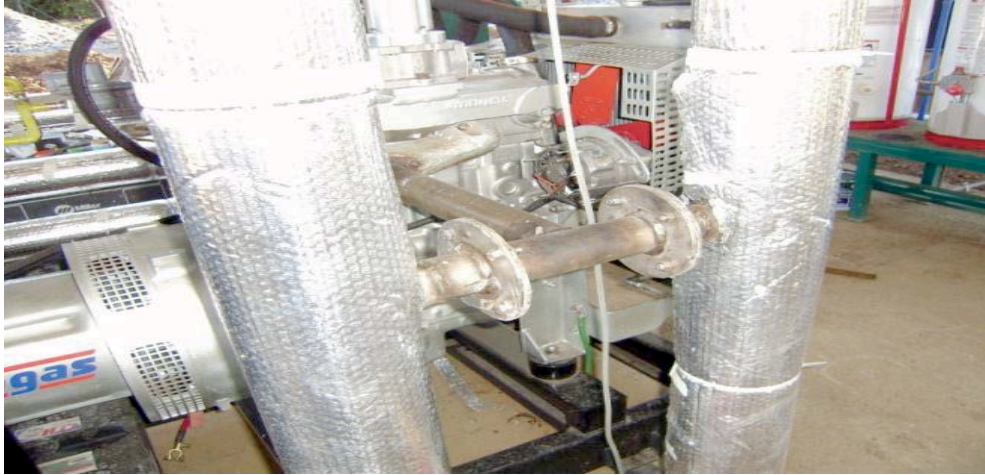


Intercambiadores de calor agua-agua



*Miguel Aké Madera*

Intercambiadores de calor agua-gas



Compresor de aire



## **Generación de biogás a partir de la biomasa del nopal**

### **Un caso de éxito**

#### **Antecedentes**

México cuenta con 104 especies de nopal de las cuales 53 son endémicas y con más de 12,000 mil hectáreas de plantaciones especializadas en verdura, que involucran a 45,000 productores de nopal, que generan más de un millón y medio de toneladas de nopal verdura para consumo humano, tunas y forraje para ganado, con 72,000 hectáreas de plantación, que generan un valor total de la producción de más de 2 mil millones de pesos anuales.

El nopal para verdura, forraje y uso agroindustrial, debe ser parte de un plan para la reconversión productiva para regiones productoras de nopal, que tienen problemas por baja productividad y rentabilidad. El promedio nacional de productividad del nopal es de 130 t/ha/año

El paquete biotecnológico desarrollado y probado, forma parte de los elementos de la agricultura prehispánica y modificada, que se ha logrado a través de procesos de hibridación de especies de nopal, selección genética, alta densidad en su plantación por hectárea, riego de temporal o tecnificado, adecuado manejo fitosanitario (control de plagas y prevención de enfermedades), y la aplicación correcta de plaguicidas orgánicos.

Se pretende con esto, que el minifundio sea rentable, aumentando la productividad que en promedio, quintuplica la producción, es decir, se alcanzan producciones que oscilan entre las 600 y 800 toneladas/ha/año y que puede producir ingresos hasta por \$150,000 pesos por hectárea en temporal y más de \$300,000 mil pesos con riego tecnificado.

El nopal en México, es usado de manera secundaria como alimento complementario para consumo humano, en el centro del país, y para consumo animal, además de las múltiples aplicaciones, que ya hemos reseñado en forma detallada; constituye además un gran potencial de desarrollo, como una nueva alternativa para las energías renovables, como fuente de energía calorífica y generación de energía eléctrica. Constituye un ejemplo en el mundo como fuente excepcional generadora, de energía limpia y sustentable, para sustituir gradualmente a los combustibles fósiles altamente contaminantes.



El nopal incide con impactos positivos en el aspecto ambiental, ya que tiene la propiedad de capturar CO<sub>2</sub>, y en un clúster de mil hectáreas fija más de 30,000 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año, mitigando el daño al medio ambiente, producido por los gases de efecto invernadero y participando en el intercambio de bonos de carbón.

Se pretende crear un mercado regional para los productores del campo, mediante la reconversión productiva para mejorar los ingresos de los productores de nopal, puede con mucho, detener la migración, frenar la erosión del suelo, fijar bióxido de carbono y acumular mucha más biomasa por metro cuadrado o por unidad de superficie, logrando impactos positivos desde los aspectos económicos, sociales y ambientales.

La presente historia de éxito, que constituye la obtención de biogás de las cactáceas, concretamente de nopal seleccionado por sus características masales y genéticas, a través de digestión anaeróbica; inició desde 2007, con el trabajo de investigación e indagación con expertos en el estudio del nopal del IPN y de Chapingo, tomando como base y guía que la **“investigación científica, es el proceso de trabajo de cuestionamiento e indagación sistemática y metódica que, haciendo uso de conocimiento objetivo previo, ordenado en un cuerpo teórico determinado, tiene como finalidad generar un “nuevo” conocimiento objetivo que contribuya en el avance de la explicación y transformación de alguna parcela de la realidad”**, acerca de la viabilidad de la biomasa del nopal, para la obtención de biogás, con el objetivo de sustituir de manera gradual el uso de combustibles fósiles. La idea persistía y creaba verdaderas expectativas.

Acudimos y obtuvimos desde el primer momento, y hasta ahora contamos, con el apoyo irrestricto de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), organismo descentralizado de la SENER. Se creó en esta institución un laboratorio experimental sobre la obtención de biogás con nopales de la plantación de Zitácuaro, Michoacán.

Los expertos de la ONUDI y el I.I.E. nos confirmaron la viabilidad técnica del uso de nopal para la generación de energía, estableciéndose a partir de entonces, una alianza estratégica con ambas instituciones.

Del nopal seleccionado y a partir de los seis meses de edad, se pudo comprobar mediante proceso anaerobio, la obtención de biogás,

reduciendo la emisión de bióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, y ácido sulfhídrico H<sub>2</sub>S, es decir, ¡de la idea a la realidad!

El aporte del proyecto realizado con tecnología y equipo mexicano, tiene altos impactos en lo social, en lo económico y en lo ambiental.

Con los antecedentes de trabajos de investigación y experiencias, de la generación de biogás y electricidad a través de diversas biomásas y tecnologías, como el aprovechamiento y disposición de excretas de ganado porcino y bovino y como las que se obtienen del maíz, caña de azúcar, yuca, remolacha, palma, soya, jatropha y la higuera que usaban nuestros ancestros mayas y conociendo los porcentajes de rendimiento de cada una de ellas, se confirmaron las ventajas del nopal y con mucha diferencia a favor. Más adelante comprobaríamos que la generación de biogás y electricidad con nopal, tendría ventajas también sobre las energías eólicas y solar fotovoltaica, empleadas en México, con la salvedad de que se utilizan tecnología y equipo importado de España, Alemania y Francia, fundamentalmente. ***Cabe reconocer el esfuerzo realizado por un equipo interdisciplinario del IIE, que ha desarrollado el prototipo de la máquina eólica mexicana, que romperá paradigmas en materia de la eolelectricidad.***

### **Biodigestores**

A nivel mundial y desde el Lejano Oriente, encontramos antecedentes, del uso de biodigestores, para la generación de energía, obteniendo combustibles relacionados con la obtención de compuestos, producto de la fermentación de materia orgánica, basados en la acción de microorganismos bacterianos transformadores de estos materiales, agregándose la parte proporcional de agua; generándose con ello el biogás y por su composición como hidrocarburo, cae en el catálogo de biocombustible, que a la vez se puede convertir en energía calorífica y electricidad para satisfacer la demanda local y regional para el desarrollo de actividades productivas y de la industria.

En la actualidad la obtención de biocombustibles se logra mediante procesos biotecnológicos específicos, que se relaciona con la materia orgánica o biomasa que se utilice y las tecnologías, que consisten en una secuencia de pasos, con el empleo de equipos que van desde tolvas de recepción, trituradores, biodigestores, separadores de lodos, gas,

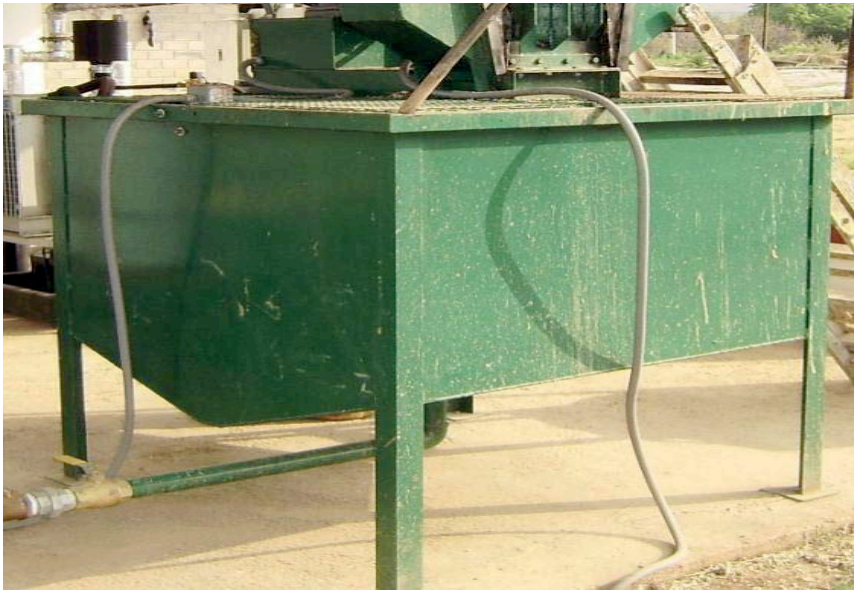
agua, purificadores, intercambiadores de calor, ductos y tuberías que alimentan a los tanques de almacenamiento, de combustible en estado gaseoso, o a las líneas de servicio de una empresa. Obteniéndose además subproductos de residuos sólidos y líquidos, que son reutilizados y sirven como fertilizantes, que al final elevan la productividad de la planta, es decir, un círculo virtuoso en donde nada se desperdicia.

Los diversos procesos biotecnológicos, aplicados a la biomasa para la obtención de biocombustibles, se clasifican con base a la naturaleza de la biomasa utilizada y relacionada con el contenido o potencial calorífico de biocombustible producido. Un ejemplo práctico, real, en operación y funcionamiento, que ilustra nuestra historia, es el caso de la planta de Zitácuaro, Michoacán, diseñada y construida para la obtención de biogás a partir del nopal.

En México, que es el mayor productor de nopal en el mundo, se han realizado registros de diversos tipos y formas de nopal así como diversos estudios en bancos de germoplasma, en la búsqueda del mejoramiento genético.

El proyecto que inició en Zitácuaro, Michoacán, en 2009, utilizó nopal con alto potencial, teniendo condiciones favorables para su cultivo, como la posición geográfica, los climas predominantes, el tipo de suelo, orografía, humedad y temperatura y desde luego la asesoría técnica adecuada. Esta aplicación innovadora del nopal, requirió de un proceso anaerobio y el diseño y construcción de equipo para la obtención del biogás a partir de biomasa formada por cactáceas, del género ficus indica, variedades, esmeralda y chicomostoc, con registros de productividad superiores a las 800 toneladas/hectárea/año, con un contenido calorífico por unidad de biomasa de los más altos, transformando la biomasa en biocombustible, con particulares ventajas sobre otras, ya que el biogás obtenido, tiene partículas mínimas de ácido sulfhídrico y su producción es rápida debido a que los tiempos de residencia son bajos.

El equipo para llevar a cabo el proceso descrito, consta de una tolva de alimentación de materia prima acoplada a un molino, triturador de nopal, que conduce a través de un cárcamo, a una bomba de alimentación a filtros de gruesos.



Molino triturador de nopal que conduce a la vez a una válvula de alimentación de agua; en una tubería que lleva al biodigestor anaeróbico, que en su interior incluye un intercambiador de calor a las que se acoplan dos bombas diametralmente opuestas. La tubería de salida del biodigestor conduce a filtros de ácido sulfhídrico, conectados a un compresor que comunica a lavadores de biogás, que a su vez comunica

*Miguel Aké Madera*

a calefactores de agua de circulación del biodigestor, tanques de almacenamiento, quemadores o al generador de electricidad.



Recuperador de gas



Purificador de biogás



Quemador

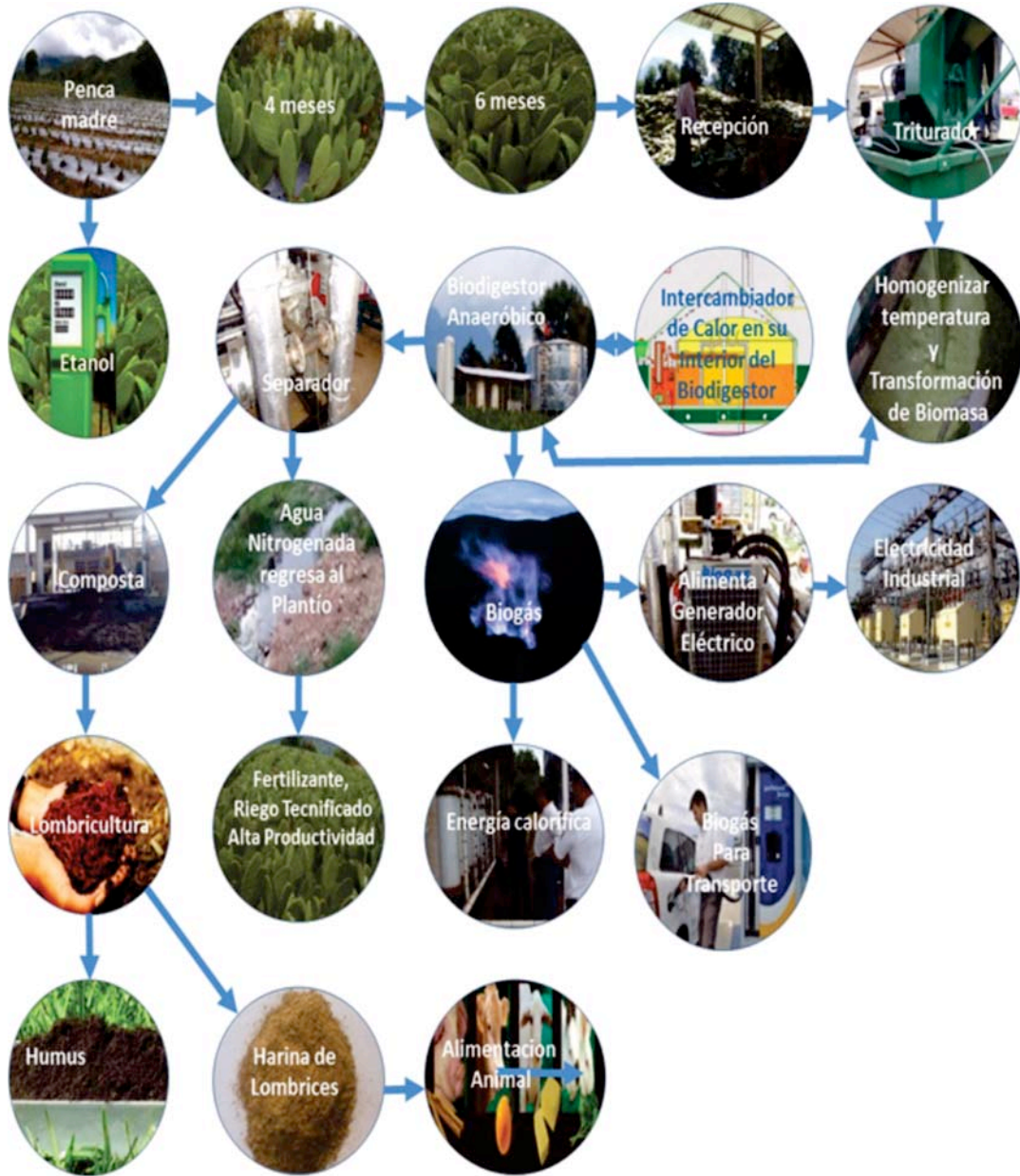


Diagrama esquemático del proceso, equipo requerido y los cuatro pasos para la obtención del biogás, electricidad y otros productos, por medio de digestión anaeróbica.

Paso 1. La preparación y acolchado del terreno, juega un papel importante para el éxito de la plantación, que se traduce en salud y alta productividad de la planta, implica barbecho, rastreo, volteo, surcado del terreno, elección del sistema de riego y aplicación de insecticidas, minerales y fertilizantes. Desde luego que otro factor importante, consistente en la selección del material vegetativo.

Paso 2. Las pencas u hojas son cortadas y puestas en la tolva de recepción y pasadas al triturador y sujeto a un proceso de homogenización incorporándose al biodigestor, en donde se mezclará con agua y con desechos orgánicos de ganado, alimentado con nopales, elementos estimulados por los intercambiadores de calor; en un proceso anaeróbico. En su fase inicial para poder generar gas pasarán de 4 a 6 semanas de proceso en el interior del biodigestor.

Paso 3. Los productos esperados serán el gas metano en un 92%, bióxido de carbono, y una mínima cantidad de ácido sulfhídrico, sedimentos, para producir humus orgánico, y agua nitrogenada, que son excelentes fertilizantes y que significan ingresos adicionales.

Paso 4. El gas metano alimentara un generador, para generar electricidad entregando 35.5 kw de energía eléctrica y/o suministro a vehículos de transporte en sustitución de gasolina.



Generador eléctrico

*El oro verde de México*



Planta terminada y en operación, diciembre de 2010



Emisión de biogás y primera flama, en pruebas de operación, diciembre de 2010



*Miguel Aké Madera*

## **EQUIPO DE TRABAJO DE LA PLANTA DE ZITÁCUARO, MICHOACÁN Y VISITANTES DISTINGUIDOS**

La instalación y puesta en marcha, de la planta piloto, generadora de biogás y electricidad a partir de la biomasa del nopal, en Zitácuaro, Michoacán; provocó asombro y generó muchas expectativas y a partir de 2010, se ha recibido, a una gran cantidad de visitantes nacionales y extranjeros, académicos, investigadores y estudiantes de diversas instituciones públicas y privadas



Equipo multidisciplinario e interinstitucional, de izquierda a derecha, Ing. José Luis Arvizu Fernández, Dr. Jorge Huacuz Villamar del Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE, Sr. Antonio Cambrón Tello, Sr. Rogelio Sosa López; del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, Dr. César Alfredo Romo del IIE e Ing. Miguel Aké Madera, del Instituto Politécnico Nacional, IPN



Artífices del proyecto, con el Lic. Ramiro Magaña Pineda, funcionario de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, factótum en el inicio y durante el proyecto hecho realidad, proporcionando asistencia técnica oportuna, para el logro de los aspectos social, económico y ambiental

*El oro verde de México*



En la gráfica el maestro Guillermo del Bosque Macías, Exdirector General de Fibras Naturales y Biocombustibles de la SAGARPA acompañado de funcionarios del FIRCO y del Dr. Jorge Huacuz Villamar del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Abril de 2012. El funcionario de la SAGARPA mediante oficio No. 312-090/2013, del 1º de abril de 2013, reconoció a nuestro proyecto como pionero para las energías alternativas a partir de insumos con potencial energético, mismo que sirvió como detonante para la publicación en noviembre de 2012 de la convocatoria 2012-08."Factibilidad técnica y financiera del nopal para la producción de metano, etanol, y coproductos en el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT"



Funcionarios de la SAGARPA y del FIRCO, reciben explicaciones del Sr. Antonio Cambrón Tello, jefe de operación de la planta.12 de abril de 2012

*Miguel Aké Madera*



Los productores de nopal del país y el Ing. Omar Carpio presidente del Comité Nacional del Sistema Producto Nopal-Tuna, además de visitar la planta, celebraron su reunión nacional de trabajo, en Zitácuaro, Michoacán, en octubre de 2013, donde acordaron potencializar el uso del nopal con fines energéticos, lo que derivó en el punto de acuerdo en la Cámara de Senadores, en diciembre de 2012, turnado a la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública, de la Cámara de Diputados, que etiquetó recursos en el PEF 2013, a nuestro proyecto. Lamentablemente el recurso no llegó a su destino

A partir del inicio de operaciones de la planta se realizaron publicaciones en diversos periódicos y revistas, entrevistas en radio y televisión, así como invitaciones para dar pláticas y conferencias, en Puebla por invitación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad Autónoma de Baja California; en Mérida, Yucatán, por invitación de la Cámara de la Industria de la Construcción y presentaciones ante instituciones como la Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía, Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, a los gobiernos estatales de Campeche, Puebla, Estado de México y Morelos, así como nuestra participación en diversos foros.



En el foro para la generación y aprovechamiento de las energías renovables en el estado de Morelos

*El oro verde de México*



Aquí con el Sr. Rogelio Sosa López y el Diputado Erick Marte Villanueva, Presidente de la Comisión Especial de Energías Renovables de la Cámara de Diputados. Foro en el estado de Morelos, celebrado en 2013. Los acuerdos y esfuerzos conjuntos, dieron como resultado propuesta de punto de acuerdo para potenciar de manera específica a la biomasa del nopal. A petición del Diputado Marte Villanueva entregamos proyecto para construir un módulo de 100 hectáreas de nopal, mismo que canalizaría ante la SAGARPA



El Dr. Jorge Huacuz, investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas, recibió a la dirigencia del Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación, encabezado por el Mtro. Juan Díaz de la Torre, Presidente del Consejo General Sindical

Como resultado de dicha reunión, se estableció la propuesta de realizar esfuerzos conjuntos para socializar entre los maestros del país, el paquete biotecnológico y el proceso ingenieril de la generación de biogás y electricidad, incorporando en este programa a trabajadores activos y jubilados, previa capacitación in situ. De manera conjunta con el IIE se entregó propuesta de trabajo al SNTE.

**Propuesta al SNTE:**

- ✓ Autogestión comunitaria en torno a proyectos productivos con energía renovable.
- ✓ Autoabastecimiento eléctrico con energía renovable para: Escuelas, viviendas de los trabajadores del SNTE, edificios pertenecientes al SNTE.
- ✓ Capacitación de técnicos de nivel medio en aspectos de instalación, operación y mantenimiento de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables.
- ✓ Capacitación y reactivación de maestros jubilados.
- ✓ Capacitación a maestros del nivel superior en temas de investigación, desarrollo y aplicación de las energías renovables.
- ✓ Formación de formadores en materia de energías renovables, a nivel de postgrado para que a su vez multipliquen la formación de recursos humanos en los niveles medio superior y básico.

Participación del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, en la semana del emprendedor, auspiciada por la Secretaría de Economía y el INADEM, que preside el Lic. Enrique Jacob Rocha. Agosto de 2013

Calificada como una de las empresas más exitosas, en la Semana del Emprendedor celebrada en el Centro Banamex, de la ciudad de México; el Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, y sus empresas vinculadas, Nopalimex y El Manjar del Campo, recibió en promedio la visita de más de 500 personas por día en su pabellón, quienes se mostraron muy interesadas por conocer el proceso de generación de biogás y electricidad a través de la biomasa del nopal, así como la oportunidad de disfrutar de los productos que elabora su empresa asociada El Manjar del Campo, tortillas de maíz, nopal, totopos y sus derivados.

El evento fue inaugurado por el Presidente Enrique Peña Nieto, el pasado martes 6 de agosto de 2013, quien expresó: La **Semana del Emprendedor**

**Innovación y Productividad para tu MIPYME**, fue pensada y diseñada para aportar soluciones a las necesidades de quienes quieren poner un negocio o hacer crecer el que ya tienen.

Como una muestra más del compromiso del Gobierno de la República con los emprendedores, inició operaciones la Red de Apoyo al Emprendedor, la cual brindará **información, asesoría, orientación y acceso a los apoyos públicos y privados** que se necesitan para emprender nuevos negocios.



La Semana del Emprendedor, resultó una magnífica oportunidad y un excelente escenario, para el intercambio de experiencias con empresarios, así como el establecimiento de alianzas estratégicas, para la consolidación y fortalecimiento de las empresas, expresaron el Sr. Rogelio Sosa López, propietario del Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro; y el Ing. Miguel Aké Madera, Director Técnico; al Presidente del Instituto Nacional del Emprendedor, Lic. Enrique Jacob Rocha.

*Miguel Aké Madera*

A solicitud de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, se elaboró la siguiente Propuesta a la UTNA

**“Reconversión Energética de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes (UTNA)**

**“Implementación de planta piloto generadora de biogás con biomasa de nopal”**



México, D.F., a 28 de noviembre de 2013

**Comunicado 01/13**

**“Reconversión Energética de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes (UTNA)**

**Implementación de planta piloto generadora de biogás con biomasa de nopal”**

- *Se realiza la reunión con el objetivo de presentar ante la CGUT y P el proyecto a desarrollar en la UTNA, en colaboración con la empresa NOPALIMEX, y considerar las observaciones, autorizaciones y los posibles apoyos para su implementación.*

*El oro verde de México*

La reunión inicia con la Mtra. Jovita Martínez presentando datos de interés, en donde se señala el interés de la UTNA por involucrarse en proyectos direccionados a la conservación del medio ambiente y desarrollo de tecnología ambiental sustentable, enseguida el Mtro. Miguel Ángel Ake y el Sr. Rogelio Sosa realizaron una detallada descripción del proceso realizado por la empresa Nopalimex para el desarrollo y éxito de este proyecto en Zitácuaro, Michoacán..

La reunión fue enriquecida con los comentarios del Lic. Ramiro Magaña Pineda, Coordinador Nacional de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien comentó la necesidad de generar una industria con impacto regional y que abone a cubrir necesidades energéticas específicas para lo cual es posible buscar el apoyo de instancias interesadas en la generación de nuevas energías, apoyando la viabilidad del proyecto de Nopalimex y su implementación en la UTNA.



Asistentes: Mtro. José Luis Arvizu Fernández, Investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas; Dr. Israel Jerónimo López, Ing. Miguel Ángel Aké Madera, profesor-investigador del Instituto Politécnico Nacional y Director Técnico de NOPALIMEX; MDDCH Jovita Martínez Rodríguez, Rectora de la UTNA; Lic. Ramiro Magaña Pineda, Coordinador Nacional de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI); Sr. Rogelio Sosa López, de la Empresa NOPALIMEX; y M en C Jorge Tito Yáñez Martínez, Director Académico de Ingenierías, UTNA

De igual manera el Mtro. José Luis Arvizu Fernández, investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), señaló los beneficios de la energía producida a través de la biomasa de nopal, considerando que además de ser relativamente económica tiene un retorno de inversión a corto plazo.



*Miguel Aké Madera*

Una vez que se comentaron los puntos anteriores el Mtro. Héctor Arreola Soria, Coordinador Nacional de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (CGUT y P), hizo una conclusión de la reunión señalando la importancia de generar acuerdos concretos partiendo de establecer los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto y las instancias a través de las cuales la universidad obtendrá tales recursos; ante lo cual se genera el compromiso de parte de la universidad de trabajar en el mes de diciembre para ingresar el proyecto en la Convocatoria de CONACYT y la Secretaría de Energía, además de coordinar la firma de una carta de intención para colaborar de manera conjunta las instancias mencionadas en el proyecto, de igual manera la universidad se compromete a entregar los planes de estudio de la maestría de energías renovables, que se imparte en el subsistema al Instituto de Investigaciones Eléctricas para su Revisión.

**¿Qué sigue, hacia dónde vamos?**

#### **Creación de NOPALIMEX**

En diciembre de 2014, la planta cumplió cuatro años de servicios ininterrumpidos, y las perspectivas de desarrollo y crecimiento son promisorias, una de las fortalezas de la empresa, es que posee su propia plantación de nopal e infraestructura física al 100%, que se logró con el apoyo de la SAGARPA en diciembre de 2013; tal como se muestra en la fotografía siguiente.



El biogás generado, alimenta a las líneas de servicio que mueve a la maquinaria y equipo que produce tortillas y sus derivados a precios competitivos, ante la reducción de costos en la generación del biogás y con respeto al medio ambiente

*El oro verde de México*



La infraestructura física al interior de la nave industrial, consta de equipo e instalaciones hidráulicas, eléctricas y de biogás al 100%



## Consolidación de la planta

*Ante la SENER hay dos planteamientos que estarían en la plataforma de lanzamiento y que conducirían a la planta piloto hacia su consolidación, ya que sería la institución formadora de los técnicos de nivel medio, en aspectos de instalación, operación y mantenimiento de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables, que saldrían a replicar en sus lugares de origen en mayor o menor escala, el diseño y construcción de plantas generadoras de biogás y de energía eléctrica a partir de la biomasa del nopal, y su posterior compresión criogénica. Desde luego con el apoyo, la asesoría técnica y el “saber hacer” nuestro y de nuestros aliados estratégicos la Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI, y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE.*

La SAGARPA, otorgó mediante oficio No.312-090/2013 del 1º de abril de 2013, el reconocimiento al proyecto de Zitácuaro, Michoacán, como: “Proyecto pionero para las energías renovables con potencial energético, mismo que sirvió como detonante para la publicación en noviembre de 2012 de la convocatoria 2012-08” “Factibilidad técnica y financiera del nopal para la producción de metano, etanol y coproductos en el fondo sectorial SAGARPA-CONACYT”.

Firmado por el maestro Guillermo del Bosque, en ese entonces Director General de Fibras Naturales y Biocombustibles.

La SAGARPA, por otra parte, a través de su Delegación en Michoacán, otorgó el reconocimiento y validez por escrito, del paquete tecnológico relativo a la especie del nopal en la plantación de Zitácuaro, y de su productividad, de 800 toneladas por hectárea/año.

Las propuestas a la SENER se presentan a manera de resumen a continuación:

PROPUESTA I

***I “LABORATORIO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA CON BASE EN EL CULTIVO DEL NOPAL”***

***De acuerdo a la convocatoria Fondo CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2013-05 el IIE, es el líder del proyecto y mediante acuerdo de colaboración con el Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, S.P.R. de R.L.***

**Antecedentes**

La propuesta del proyecto se enmarca dentro de la Convocatoria Transición Energética. Es presentado por el “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L., en Zitácuaro, Michoacán, y será desarrollado en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas con sede en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. El IIE validará la tecnología desarrollada por “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” S.P.R. de R.L., quien a su vez compartirá su planta de producción de biogás, cultivará el nopal necesario para la producción del biogás y consumirá la energía eléctrica generada durante el proyecto. Los derechos sobre los desarrollos del proyecto serán compartidos por ambas partes.

RESUMEN DE LA PROPUESTA

*Basados en las características del nopal como un cultivo con bajos requerimientos de agua y fertilizantes, que crece en la totalidad del territorio nacional limitado por los climas fríos de la época de invierno, en terrenos perturbados o abandonados por un lado y su gran capacidad de producción de biomasa y biogás por el otro; se pretende demostrar con el proyecto de la presente propuesta el alcance de estos argumentos.*

*Para lo cual en una primera etapa, el IIE instrumentará la planta de biogás de nopal del “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” instalada en esta comunidad en el municipio de Zitácuaro, Michoacán, y equipada con motor generador eléctrico de 35 kW. Se operará la planta hasta su capacidad de diseño de conversión nopal a biogás de 8 t/d de nopal fresco, registrando los rendimientos de biogás por tonelada*

*de nopal, los kWh generados por m<sup>3</sup> de biogás y tonelada de nopal, así como el de producción de biomasa en toneladas de nopal por hectárea cosechada. Esta información nos permitirá determinar el costo del kWh generado y la rentabilidad de la tecnología; los beneficios ambientales derivados como la fijación del carbono atmosférico y sustitución de combustibles fósiles para la generación de electricidad como tCO<sub>2</sub>/año mitigados; así como la importante generación de empleos directos derivados del cultivo y comercialización del nopal para los productores del campo.*

*En la segunda etapa mediante un seminario se darán a conocer los resultados del proyecto ante los productores del nopal y las instituciones gubernamentales federales, estatales y municipales correspondientes. Como parte de esta segunda etapa, se formularán escenarios para seleccionar un Modelo de Unidades Productoras de Energía Sustentable, formada por los productores del campo y Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, con el propósito de generar energía bajo el concepto de Sustentabilidad Energética con Base en el Cultivo del Nopal en el territorio nacional. En esta segunda etapa se impartirán cuatro cursos o talleres con duración de 3 a 5 días a los productores del campo y funcionarios interesados en el tema.*

*El proyecto tendrá una duración de dos años uno por cada etapa, en la que la planta piloto de biogás de nopal de Camémbaro fungirá físicamente como el LABORATORIO DE INNOVACIÓN EN SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA.*

## PROPUESTA II

El 10 de enero de 2014, mediante oficio No. DGS/211/009/2014; la SENER por conducto del Lic. Efraín Villanueva Arcos, Director General de Sustentabilidad, nos comunica el interés en conocer de manera detallada los aspectos técnicos, financieros y sociales, como trabaja el programa de utilización de la cactácea. Solicitando para ello un resumen general de los planes de utilización y producción del vegetal, para analizar los pormenores del proyecto y poder valorar el adoptarlo como iniciativa para la generación de energía como fuente renovable.

Como respuesta enviamos un resumen ejecutivo del proyecto y la siguiente propuesta:

## **II “Generación de Combustible para Transporte a Partir del Cultivo del Nopal”**

El objetivo general del proyecto es crear una cadena de valor con EL CULTIVO DEL NOPAL mediante la validación de la tecnología en la Planta de Biogás de Camébaro, Michoacán, para la generación de electricidad, calor de proceso y combustible para vehículos automotores, mediante la conversión anaeróbica del nopal a biogás, y aplicar estos resultados para la creación de un modelo de negocio de productores de energía sustentable con empleos permanentes en el campo.

***El objetivo específico es el de emplear el biogás generado en la planta de biogás de Camébaro como combustible para vehículos automotores para la sustitución de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.***

Basados en las características del nopal como un cultivo con bajos requerimientos de agua y fertilizantes, que crece en la totalidad del territorio nacional, en terrenos perturbados o abandonados por un lado y su gran capacidad de producción de biomasa y biogás por el otro; se pretende demostrar con el proyecto de la presente propuesta el alcance de estos argumentos. Para lo cual el IIE instrumentará la planta de biogás de nopal del “Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro” instalada en esta comunidad en el municipio de Zitácuaro, Michoacán y equipada con moto-generador eléctrico de 35 kW. Se operará la planta hasta su capacidad de diseño de conversión nopal a biogás de 8 t/d de nopal fresco, registrando los rendimientos de biogás por tonelada de nopal, los kWh generados por m<sup>3</sup> de biogás y tonelada de nopal, así como el de producción de biomasa en toneladas de nopal por hectárea cosechada. Los beneficios ambientales derivados como la fijación del carbono atmosférico y sustitución de combustibles fósiles para la generación de electricidad como tCO<sub>2</sub>/año mitigados; así como la importante generación de empleos directos derivados del cultivo y comercialización del nopal para los productores del campo. De tal manera que el biogás empleado actualmente en la planta de biogás de Camébaro para sustituir gas LP, se comprimirá a una presión que permita hacer recorridos equivalentes con vehículos adaptados a biogás, para ello se adquirirá el equipo de compresión que permita cargar los vehículos de prueba para determinar los rendimientos y beneficios económicos de sustituir la gasolina y el diésel con el biogás. Esta es una práctica en países europeos y asiáticos por lo que en nuestro país será la primera planta demostrativa de esta naturaleza.

### **Capacitación de personal y transferencia de la tecnología**

Como parte del proyecto se formará personal a través de estancias como becarios de licenciatura y maestría, e impartición de cursos de capacitación a productores en el tercer año del proyecto como actividades de difusión y transferencia de los resultados del proyecto. Para lo cual se elaborarán los cursos correspondientes a la parte agrícola y de generación de energía, teniendo como centro de capacitación la planta del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro.



## **¿Quiénes somos?**

### **Creación de Nopalimex**

#### **Antecedentes**

#### ***Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, S.P.R. DE R.L. y Nopalimex***

Empresa 100% mexicana, con responsabilidad social, que opera, con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI, en la producción de biogás y electricidad, a partir de la biomasa del nopal.

Surge de la necesidad de utilizar energía limpia, renovable, sustentable e inagotable para dar respuesta a los requerimientos de los mercados nacionales e internacionales; para reducir costos de producción y de manera gradual el uso de combustibles fósiles, que dañan al medio ambiente y cuyas reservas van en declive y por consecuencia sus precios van a la alza cada día.

La secuencia cronológica es la siguiente:

- 2007 se inicia el proyecto con la investigación científica de las aplicaciones del nopal y el proceso anaeróbico para la generación del biogás.
- 2008 se realiza la aplicación de la investigación y la técnica, en conjunto con la ONUDI y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, sumando conocimientos, técnicas y procedimientos, desarrollando el proceso de la generación del biogás a nivel experimental.
- 2009 se inicia la plantación del nopal con la selección de la especie adecuada y la construcción de la infraestructura física del biodigestor, en Zitácuaro, Michoacán.
- 2010 se inicia la generación del biogás que alimenta las líneas de servicio de la empresa *El Manjar del Campo* consolidándose como



*Miguel Aké Madera*

planta piloto y en una ***planta demostrativa*** cuya siguiente fase, que está en curso, será la de ***suministrar biogás y etanol a vehículos, para sustituir a los combustibles fósiles.***

Los magníficos resultados, crearon la necesidad de establecer el Sistema Producto Nopal y Tuna del Estado de Michoacán, lo que ha permitido el inicio de la recuperación y el cambio de la vocación agrícola en la entidad, el fundador de este organismo es el Sr. Rogelio Sosa López.

Michoacán se ha caracterizado por ser productor de aguacate, de fresa de riego, papa de temporal, limón y guayaba. Ahora el nopal se introduce como una planta con futuro promisorio, por las grandes aportaciones y usos del nopal, pero fundamentalmente para la generación de energía, las mismas necesidades de operación, propiciaron la creación en 2010 del Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, S.P.R. de R.L.

Como resultado del proyecto exitoso y con el fin de atender los requerimientos de información, visitas a la planta, entrevistas y propuestas de trabajo, firma de convenios y acuerdos, proyectos para el diseño y construcción de plantas de energía a partir de la biomasa del nopal, se creó la empresa, con objeto social preciso, consciente de su presente, su razón de ser y el camino a seguir: NOPALIMEX, SAPI DE C.V.

#### Misión

Ser la empresa mexicana pionera en el campo de las energías renovables, en la generación de gas y electricidad a partir de la biomasa del nopal, sustituyendo de manera gradual a los combustibles fósiles para el transporte, con respeto al medio ambiente, con tecnología de producción más limpia y mecanismos de desarrollo limpio, con tecnología innovadora y generando empleos en el campo y en el país.

#### Visión

Posicionarse como la empresa líder a niveles nacional e internacional, en el campo de las energías renovables proporcionando a las empresas que requieran de energía; asesoría, diseño y construcción de plantas generadoras de biogás, energía eléctrica y combustible para transporte, a partir del nopal, con cero emisión de contaminantes, creando beneficios ambientales, económicos y sociales para México y coadyuvando en el combate al cambio climático.

## ¿Qué ofrecemos?

### Solución tecnológica

La generación de biogás a partir de los elementos de la agrobiotecnología y el proceso de ingeniería anaerobia, utilizando el nopal como materia prima, causa impacto positivo en los siguientes aspectos:

#### Ambiental:

- Coadyuva en el combate contra cambio climático, no se producen gases de efecto invernadero, por el contrario 1000 hectáreas sembradas de nopal consumen 30 000 toneladas de CO<sub>2</sub>.
- La energía producida por la biomasa del nopal es renovable, limpia y sustentable.
- La siembra del nopal restaura suelos pobres y detiene la desertificación.
- La siembra del nopal permite la absorción de bióxido de carbono del medio ambiente, reduciendo los gases de efecto invernadero.
- La recuperación de agua nitrogenada es un fertilizante orgánico que propicia la alta productividad del nopal.
- La producción de humus orgánico ayudara a enriquecer los suelos para la cosecha de alimentos.
- Participación en bonos de carbono.

#### Social:

- Crea 4 empleos directos por cada hectárea de cultivo, creando empleos indirectos adicionales, a los moradores del lugar.
- Los subproductos de la biomasa del nopal generan humus orgánico y el desarrollo alternativo de la lombricultura, que constituye otra fuente de empleo.
- Genera una nueva cultura de empresas autosustentables.
- Centro de capacitación: La planta del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro.

### Económicos

- Las unidades o granjas de energía, crean polos de desarrollo, modificando la situación económica local, debido a la alta producción del nopal, incrementando sustancialmente los ingresos.
- La producción masiva de la biomasa nos permitirá depender menos del petróleo y de combustibles fósiles.
- El costo de construcción de infraestructura, operación e inversión, para producir biogás vegetal es más barato que el de otras alternativas de energías renovables, léase solar y eólica.
- Ante el alza constante de precios de los combustibles fósiles, esta alternativa resulta un apoyo para nuestra economía.

### **Productos generadores de ingresos, resultado de los diversos procesos de producción:**

- Biogás como energía calorífica y combustible para el transporte
- Energía eléctrica
- Etanol
- Humus orgánico
- Agua nitrogenada (fertilizante)
- Intercambio de bonos de carbón
- Nopal para consumo humano, como forraje, para uso médico, cosmético, industrial, etc.

### ¿Qué más ofrecemos?

- Planta de generación de biogás y electricidad con la biomasa del nopal.
- El paquete tecnológico, constituido por los elementos de agronomía, biotecnología e ingeniería necesarios para la transformación de la biomasa del nopal, en energía, específicamente biogás, calor y electricidad.
- ***Autorización para el uso de la patente e innovación desarrollada.***
- Equipo y proceso para la obtención de biogás a partir de cactáceas, por medio de digestión anaeróbica.

### Fortalezas

- Alianzas estratégicas con IIE y ONUDI e instituciones educativas y de investigación, como el IPN, UTN y Chapingo.
- Infraestructura física básica, plantación, equipo sistematizado que opera con eficiencia.
- Conocimiento, capacitación y actualización permanente del personal.
- Materia prima disponible, optimización del proceso de producción a través de tecnología de producción más limpia y de mecanismos de desarrollo limpio.

### Oportunidades

- Abatimiento de los costos de producción hacen más competitivo el precio del producto.
- Mejoramiento de los precios al consumidor.
- Mejorar las ganancias sin exponer el mercado.
- Aportación para tener un mejor ambiente.
  
- La energía generada a partir de la biomasa del nopal, es más rentable, que las energías como la eólica, y la solar, debido a la disposición permanente de biomasa.

### **Modelo de Negocios**

Se ha diseñado un Modelo de Negocios, con base a las asociaciones y alianzas estratégicas clave, con la Unidad de Energías no Convencionales, del Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE, y una estrecha vinculación con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, para la transferencia de la tecnología a otros países. En el cuadro siguiente se muestra la secuencia del modelo de negocios.

Modelo de Negocios

<p><b>ASOCIACIONES CLAVE</b></p> <p>Para sustentar sus operaciones y mantener su ventaja competitiva, la empresa ha establecido relaciones formales con la Unidad de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas, y busca formalizar relaciones similares con otros centros nacionales de investigación y desarrollo en temas afines.</p> <p>La empresa tiene además una estrecha vinculación con el Organismo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) para la posible transferencia de la tecnología a otros países.</p>	<p><b>ACTIVIDADES CLAVE</b></p> <p>La empresa continuará con sus actividades de desarrollo tecnológico para la optimización del producto, tanto en los aspectos agronómicos como en lo correspondiente a la biotecnología e ingeniería del sistema. En particular, en el corto plazo se abocará al empaquetamiento del producto, incluyendo la elaboración de la documentación necesaria.</p>	<p><b>OFERTA DE VALOR</b></p> <p>Paquete tecnológico constituido por los elementos de agronomía, biotecnología e ingeniería necesarios para la transformación de la biomasa del nopal en energía, específicamente biogás, calor y electricidad.</p> <p>El paquete se encuentra protegido por los correspondientes modelos de utilidad, patentes, y otros medios que otorga la ley, y consta de especificaciones, planos y manuales, necesarios para la construcción y operación de las instalaciones.</p>	<p><b>RELACIÓN CON CLIENTES</b></p> <p>En el corto plazo, mediante contactos personales con los potenciales clientes en el ámbito local. En el mediano plazo, mediante agentes promotores en el plano nacional. En el largo plazo, mediante las oficinas promotoras de productos mexicanos en el extranjero</p>	<p><b>SEGMENTOS DE CLIENTELA</b></p> <p>El ámbito de aplicación del paquete tecnológico se ubica en los siguientes dos segmentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entidades de los tres niveles de gobierno, principalmente para el suministro eléctrico de los servicios municipales y el alumbrado de edificios e instalaciones varias</li> <li>Para el suministro eléctrico de pequeñas comunidades rurales</li> <li>Para el autoabastecimiento de calor y electricidad de pequeñas y medianas empresas del sector privado</li> </ul>
<p><b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b></p> <p>Con la infraestructura básica ya construida, los principales costos se anticipan en el rubro de operación y mantenimiento de la planta, "empaquetamiento" de la tecnología para su comercialización, optimización del proceso, inversión en nuevos tipos de reactores y mantenimiento de la competitividad de la tecnología, y actividades de promoción comercial, entre otras.</p>		<p><b>FLUJO DE INGRESOS</b></p> <p>Hasta ahora la empresa ha operado con recursos propios, lo que le ha permitido construir la infraestructura básica con que cuenta y demostrar la factibilidad técnica del proceso. En el corto plazo, busca el apoyo de fondos gubernamentales para consolidar sus operaciones y promover sus productos. En el mediano y largo plazos, busca establecer una operación rentable y financieramente autosuficiente, basada en la venta de su tecnología y servicios de asistencia técnica.</p>		



## **CAPÍTULO 5**

### **Marco Regulatorio y de Políticas para las Energías Renovables**

En este capítulo final se pone a disposición del lector, el marco regulatorio y de políticas de las energías renovables, desde la expedición de las primeras legislaciones, hasta la promulgación Constitucional de la Reforma Energética, en 2013, y las leyes secundarias en 2014 y su relación vinculatoria con las energías renovables.

Se hace un análisis breve, preciso y conciso de los logros y las metas establecidas en el periodo 2006-2012 y las posibles causas del porque no se alcanzaron resultados satisfactorios. Es decir, no basta con tener leyes, normas y reglamentos, si estas no cubren todas las actividades económicas del sector, ni es ejemplo de eficiencia, una administración, con subejercicios, ante tantos proyectos y tantas tecnologías que están en espera de recursos para detonarlos con beneficios, ambientales, económicos y sociales. Resulta infame, cuando se trata de tecnología mexicana.

A pesar de que se crearon los Fondos SENER-CONACYT para la Sustentabilidad Energética con fondos de los excedentes petroleros y el Fondo para la Transición Energética con recursos fiscales, administrado por la SENER; los recursos no fluyen en apoyo de proyectos ER. ¿En dónde están los excedentes petroleros, y en qué y para qué se reasignaron los subejercicios?

Ahora bien ya en 2014, los recursos del Fondo de Transición, han sido canalizados para el ahorro de energía y no para proyectos ER. ¡Es decir se repite la misma historia!

Pese a que no se alcanzaron los resultados propuestos, la prospectiva de energías renovables para 2013-2027, siguen siendo las mismas programadas en la anterior administración durante el periodo 2006-2012.

La Ley de Bioenergéticos, está enfocada al bioetanol y al biodiésel, dejando afuera otras biomásas y tecnologías importantes.

Para iniciar con el tema del marco regulatorio de las energías renovables hemos obtenido el punto de vista, objetivo, veraz y sin sesgos de ningún tipo, de investigadores calificados y prestigiados tecnólogos, con gran experiencia en el desarrollo y evolución de las energías renovables, quienes trabajan en el sector energético.

#### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA POLÍTICA MEXICANA EN ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SEXENIO 2006-2012

\*Dr. Jorge Huacuz Villamar, miembro del Sistema Nacional de Investigadores e investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE

#### VENTAJAS

1. El Congreso aprobó las siguientes leyes en relación con las energías renovables:
  - Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE)
  - Ley para el Fomento de los Bioenergéticos
  - Ley de Sustentabilidad Energética
  - Ley de Cambio Climático
2. Se reglamentaron las leyes anteriores y se publicó el Programa Especial de Energías Renovables
3. Se instruyó a la SENER para fijar como meta la participación máxima de 65% de combustibles fósiles en la generación eléctrica para el 2024, del 60% en 2035, y del 50% en 2050.
4. Se instruyó a la Secretaría de Economía para definir políticas y medidas para fomentar una mayor integración nacional de equipos y componentes para el aprovechamiento de las energías renovables.
5. Se otorgaron permisos para la instalación de varios miles de MW para generación de electricidad con energías renovables, principalmente energía eólica.



6. Se creó el Fondo SENER-CONACYT para la Sustentabilidad Energética con fondos de los excedentes petroleros y el Fondo para la Transición Energética con recursos fiscales, administrado por la SENER.
7. Se crearon áreas responsables de las energías renovables en varios organismos del Gobierno Federal, notablemente SEMARNAT, Economía y SAGARPA.
8. Se creó el Consejo Consultivo para las Energías Renovables.

#### DESVENTAJAS

1. La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables tiene un importante sesgo hacia las aplicaciones eléctricas dejando de lado importantes posibles aplicaciones en otros ámbitos de la economía, como el suministro de calor para procesos industriales.
2. La Ley de Bioenergéticos se enfoca a la producción y uso de bioetanol y biodiesel, lo que también deja de lado otros recursos importantes.
3. Las metas del programa especial de energías renovables fueron establecidas con base en proyectos y programas que ya estaban encaminados al tiempo de su elaboración. Con todo y ello, esas metas no se alcanzaron. En lo relacionado con el programa de servicios de base eléctrica para comunidades rurales de los estados de Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, no hubo avance a pesar de la disponibilidad de fondos en donación por parte de GEF/Banco Mundial.
4. Quedó pendiente la definición de políticas y medidas para fomentar la integración nacional de equipos y componentes.
5. Prácticamente todos los proyectos ejecutados, tanto por la CFE como por el sector privado, se realizaron con tecnología importada.
6. El Fondo de Sustentabilidad energética concluyó el periodo con un fuerte subejercicio; paradójicamente, proyectos importantes como el desarrollo nacional de aerogeneradores, fueron recortados en sus alcances y presupuesto.

7. El Fondo de Transición Energética se destinó fundamentalmente a los programas de ahorro de energía; los recursos para energías renovables fueron mínimos.
8. No se realizó el inventario nacional de los recursos energéticos renovables.
9. No se elaboraron anualmente la prospectiva de estos recursos como lo establece la Ley.

\* **Breve referencia Jorge M. Huacuz Villamar.** Es ingeniero químico, graduado con Mención Honorífica en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM. Cuenta con grados de maestría y doctorado en ingeniería física por la Universidad de California, San Diego. Fue profesor, investigador en el Instituto Tecnológico de Tijuana. ***Desde 1980 trabaja en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, donde fungió como Gerente de la Unidad de Energías No Convencionales.*** Es miembro fundador de la Asociación Nacional de Energía Solar, capítulo mexicano de la Internacional Solar Energy Society, y desempeñó el cargo de presidente nacional en el periodo 1989-1990. Es miembro invitado del Grupo de Trabajo en Energías Renovables de la Agencia Internacional de la Energía, y miembro de los Comités Ejecutivos en varios Acuerdos de Implementación de la misma Agencia. ***Ha promovido entre otras iniciativas: La creación del Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE), el desarrollo de la máquina eólica mexicana de 1.2 MW (Proyecto MEM), y el esquema de medición neta para sistemas fotovoltaicos en conexión a red.*** Ha dictado conferencias y conducido seminarios sobre el tema de generación distribuida y electrificación rural con energías renovables en varios países. Ha escrito capítulos de libros y artículos en revistas especializadas y de divulgación en este tema. *Es investigador nacional por el Sistema Nacional de Investigadores.*

### **Marco regulatorio y de políticas para las energías renovables**

Marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico renovable

Fuente SENER: Documento prospección

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene en sus Artículos 4º, 27 y 28, varios preceptos en los que el uso y

aprovechamiento de las energías renovables y no renovables se sustentan, como el derecho a un medio ambiente adecuado (Artículo 4°); así como la rectoría que le corresponde al Estado del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. También, el derecho que se otorga a la nación de regular el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación (Artículo 27), con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana; y la necesidad que se establece de asegurar la eficacia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes. En este marco se desarrollan leyes, reglamentos y normativa específica.

El Servicio Público de Energía Eléctrica se entiende como la realización de obras e instalaciones y trabajos que precisen la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del Sistema Eléctrico Nacional, siempre y cuando dichas actividades se encuentren dirigidas a la prestación del servicio de energía eléctrica a la población, empresas y entidades públicas y privadas en general, y están encomendadas enteramente a la Comisión Federal de Electricidad.

En diciembre de 1992, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), fue modificada para permitir la participación privada en las actividades de generación de energía eléctrica. El artículo 3 de esta ley enumera seis actividades que no están consideradas como servicio público, entre las que se encuentra el autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, importación y exportación de energía eléctrica. Posteriormente, en 2008, con la publicación de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE), se establecieron reglas específicas para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables y mediante procesos de cogeneración eficiente. En congruencia con lo anterior, la Comisión Reguladora de Energía (CRE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía, con autonomía técnica y operativa, está encargada, entre otras actividades, de promover el desarrollo eficiente mediante la regulación de la generación, exportación e importación de energía eléctrica que realicen los particulares en México (artículo 2, fracción II Ley de la CRE).

A partir de las atribuciones conferidas por la LAERFTE, la CRE desarrolló e implantó una regulación específica para fuentes renovables de energía

y publicó convenios y modelos de contratos para regular la generación de energía según la capacidad, de acuerdo a los cuales los proyectos de menos de  $\leq 500\text{kW}$  no requieren permisos de la CRE, aunque sí el cumplimiento de la normatividad técnica emitida por CFE, a partir de metodologías emitidas por la CRE.

Por otra parte, la energía eléctrica prevista para exportación debe entenderse como aquella generada en territorio nacional para ser aprovechada en otro país. Para enajenar energía eléctrica en territorio nacional, el permisionario deberá obtener el permiso en la modalidad en que se trate. La exportación se puede realizar a través de proyectos de cogeneración, producción independiente o pequeña producción en términos de lo previsto por el artículo 116 del Reglamento de la LSPEE (RLSPEE).

Desde la perspectiva del desarrollador de proyectos de energías renovables a todas las escalas, lo fundamental es conocer con mayor detalle los procesos a los que están sujetos en materia de regulación y trámites. La Tabla 15 describe de manera desagregada el conjunto de trámites que son necesarios para que una nueva empresa desarrolle un proyecto y genere energía eléctrica con interconexión a la red, de acuerdo con la modalidad que corresponda. El conjunto de trámites descrito puede segmentarse en aquellos que se refieren a la constitución, evaluación, aprobaciones y permisos, y contrataciones, así como a la celebración de los convenios y contratos específicos.

<sup>1</sup> Elementos fundamentales pueden encontrarse en los siguientes ordenamientos: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos; Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; Ley de la Comisión Reguladora de Energía; Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; Ley de Desarrollo Rural Sustentable; Ley de Energía para el Campo; Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley Federal de las Entidades Paraestatales; Ley Federal Sobre Metrología y Normalización; Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones; Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

**Tabla 1. Trámites requeridos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de más de 500kW**

Constitución y Evaluación	<b>Constitución empresarial</b>
	-Escrituración, registro de sociedad, registros fiscales y altas empresariales - Constitución de sociedad de autoabastecimiento
	<b>Evaluación de Viabilidad Ambiental y Arqueológica</b>
	- Manifestación de Impacto Ambiental-SEMARNAT - Registro de generación de residuos-SEMARNAT - Consulta de Zona Arqueológica-INAH
	<b>Evaluación de viabilidad de proyecto eléctrico-CFE</b>
Aprobaciones y Permisos	- Estudio de prefactibilidad de interconexión - Estudio de Porteo
	<b>Uso de agua-CONAGUA</b>
	-Uso de aguas superficiales -Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica -Uso de terrenos federales
	<b>Uso de suelo-SEMARNAT</b>
	- Cambio de uso de suelo forestal - Licencia Ambiental Única - Licencia de funcionamiento - Trámite Unificado de Suelo
	<b>Generación de energía-CRE</b>
	-Generación de electricidad en producción independiente -Generación de electricidad en pequeña producción -Generación de electricidad para autoabastecimiento -Generación de electricidad en cogeneración
	<b>Instalaciones eléctricas-CFE</b>
	-Proyecto de ingeniería básica -Solicitud de servicios de transmisión
	<b>Contratos y convenios con CFE</b>
Contrataciones	- Contrato de interconexión - Contrato de respaldo - Convenio de transmisión - Convenio de compraventa de excedentes de energía - Convenio de construcción
	<b>Otras contrataciones y trámites</b>
	- Contrataciones y Licencias Estatales y Municipales - Contratación Financiera (Banca Estatal y/o Privada)

Fuente: SENER. 2013.

Nota: Los trámites de agua se refieren al desarrollo de proyectos hidroeléctricos

## Marco de políticas

México ha tomado distintas medidas para fomentar las energías renovables, con la finalidad de diversificar las fuentes de generación como una forma de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático y contribuir a la seguridad energética del país.

La legislación más específica se concentra en la LAERFTE y la Ley General de Cambio Climático (LGCC). Estas dos leyes definen metas, la primera respecto a los límites de generación fósil en 2024 (65%), en 2035 (60%), y 2050 (50%), y la segunda respecto a la participación de tecnologías de generación limpia de energía, 35% en 2024. Estas metas orientan las políticas de promoción de energías renovables, con la intención de cumplir en tiempo los requerimientos de estas Leyes.

Para el cumplimiento de estas metas, de manera adicional a los instrumentos regulatorios, el gobierno tiene a su disposición otros mecanismos y medios para fomentar el aprovechamiento de energías renovables, entre los que se incluyen instrumentos económicos, de información, de fomento a la investigación y el desarrollo tecnológico de planeación.

## Instrumentos económicos

Existe una gran variedad de instrumentos económicos, y muchas maneras de agruparlos. En la Figura 7 se describen algunos de los más importantes de acuerdo con la Asociación Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés). Se han agrupado en incentivos a la generación, mecanismos complementarios y de nivelación de costos. Dentro de cada uno de estos grupos se identifica un conjunto de políticas específicas, la mayoría de las cuales se implementan en México. La lista aquí presentada incluye subastas, obligaciones de generación, incentivos en la contraprestación, bono en la contraprestación, mecanismos fiscales, prioridad en el despacho, mecanismos de interconexión, incorporación de externalidades y fortalecimiento de cadenas de valor. Entre éstos solamente los incentivos a la generación basados en precio, es decir, incentivos y bonos a la contraprestación, no son utilizados en México. Estos se refieren a transferencias directas a los generadores ya sea asegurando una contraprestación superior a la de otras tecnologías de generación

o incrementando el pago recibido mediante una regla específica para la fijación de este bono.

### Instrumentos económicos para el fomento de generación eléctrica renovable



Fuente: Elaboración propia con base IRENA-IEA. Base de datos de políticas de fomento para las energías renovables

- Subastas de pequeña producción (incentivo a la generación)

Las subastas tienen el propósito de asegurar un precio fijo o un mecanismo cierto que permita garantizar al generador un ingreso hacia el futuro. De acuerdo con los Lineamientos para Licitaciones tipo Subasta relativas a proyectos de pequeña producción de energía eléctrica a partir de energías renovables se deben de realizar procesos de compra de energía denominados: “Licitaciones tipo Subasta”, de acuerdo con los términos de lo previsto por los “Lineamientos para las Licitaciones tipo Subasta relativas a proyectos de pequeña producción de energía eléctrica a partir de energías renovables” publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 14 de noviembre de 2012, mediante Resolución RES/382/2012. Estos proyectos tienen un límite de capacidad de hasta 30MW, y su implementación por parte de CFE están sujetos a términos definidos por la Secretaría de Energía (SENER), y por la (CRE), que permitan asegurar un pago cierto de

largo plazo para el generador y un beneficio económico para el sector eléctrico con base en la inclusión de dichas subastas en el proceso de planeación del sector eléctrico.

- Metas de generación de corto plazo (incentivo a la generación)

De conformidad con el artículo 11 de la LAERFTE la SENER deberá establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de las energías renovables, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y del potencial técnico existente. Dichas metas deberán ser actualizadas y reportadas semestralmente, y se expresarán en términos de porcentajes mínimos de capacidad instalada y porcentajes mínimos de suministro eléctrico, e incluirán metas para el suministrador (CFE), y los generadores (permisionarios).

De acuerdo con el decreto de publicación del Programa Nacional de Desarrollo, el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables (PEAER), se publicará antes de concluir abril de 2014.

- Depreciación acelerada de activos fijos (mecanismo complementario)

Dentro del conjunto de instrumentos de política existentes en México para la promoción de las energías renovables, existe uno de carácter fiscal: La depreciación acelerada para inversiones en energías renovables, establecida en 2005, que permite depreciar el 100% de las inversiones “para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables” (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40, fracción XII).

La depreciación sólo se podrá efectuar cuando haya Impuesto sobre la Renta a cargo. Si la depreciación es mayor que el impuesto, el contribuyente seguirá depreciando la inversión en los años siguientes. Con el fin de impedir que este mecanismo favorezca las inversiones en tecnologías de baja calidad, se establece que “lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción” (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40, fracción XII).

- Esquemas de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (mecanismo complementario)



El “Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable o Cogeneración Eficiente (CIFER)”, puede ser aplicado por personas físicas o morales. La capacidad instalada mayor a 500 kW requiere de un permiso de generación en la modalidad de autoabastecimiento o cogeneración de la CRE. De la misma manera el “Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Hidroeléctrica (CIFEH)”, puede ser aplicado por personas físicas o morales. La capacidad mínima instalada debe de cumplir con los criterios establecidos por la LAERFTE respecto a hidroeléctricas y requiere de un permiso de generación en la modalidad de autoabastecimiento de la CRE.

Adicionalmente existe un esquema preferente de intercambio de energía, que no forma parte del Contrato, sino está definido por la regulación emitida por la CRE. De acuerdo con este esquema, el permisionario puede aprovechar el denominado “Banco de Energía” para acumular la energía sobrante para su consumo durante los siguientes 12 meses.

- Metodología para la determinación de los cargos correspondientes a los servicios de transmisión que preste el suministrador a los permisionarios con centrales de generación de energía eléctrica con fuente de energía renovable o cogeneración eficiente (mecanismo complementario).

Esta metodología busca establecer, de una forma sencilla y económica, los cargos correspondientes a los servicios de transmisión que preste el Suministrador a los Permisionarios que requieren transmitir energía eléctrica (porteo), a sus centros de consumo. Por eso se estableció un cargo, que incluye los costos relacionados con el uso de la infraestructura, las pérdidas, los servicios conexos a la transmisión y el cargo fijo por administración del convenio. La metodología también se conoce como “estampilla postal”. Los cargos se establecieron como contraprestaciones fijas por kilowatt-hora (kWh), y dependen únicamente de los niveles de tensión utilizados en los servicios de transmisión.

- Metodología de externalidades (nivelación de costos)

El artículo 10 de la LAERFTE, el artículo 36 bis de la LSPEE y el artículo 34 de la LGCC establecen el marco legal para que la SENER, en cooperación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y la Secretaría de Salud (SS), desarrolle y aplique una metodología para que integren los costos externos al servicio público de energía eléctrica. En el

caso de la generación de energía eléctrica, dependiendo de la tecnología de generación existen diferentes costos externos, una parte importante de estos costos están asociados a la emisión de contaminantes.

La “metodología para calcular las externalidades asociadas a la generación de electricidad en México” fue publicada el 14 de diciembre de 2012 y su objetivo es incorporar los costos de las externalidades por tipo tecnología en la planeación, despacho de energía y evaluación de proyectos del sector.

- Política de fortalecimiento de cadenas de valor (nivelación de costos)

El objetivo de desarrollar cadenas de valor es doble: Por un lado, se encuentra la posibilidad de generar empleo, actividad económica e impuestos, y por el otro, es posible reducir el costo del desarrollo de proyectos de generación. Este último fenómeno sólo ocurre cuando se adoptan reglas de mercado que garantizan que los productos y servicios que provienen de cadenas de valor son globalmente competitivos y, en efecto, reducen el costo de los proyectos en lugar de incrementarlos.

La Secretaría de Economía (SE), cuenta con el Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología (PRODIAT), que hasta el momento se ha aprovechado en la industria solar, pero podría ser aprovechado por otros sectores tecnológicos, con el fin de generar los diagnósticos estratégicos sobre las barreras de mercado que impiden el desarrollo de mayores componentes de las cadenas de valor competitivas.

#### Instrumentos de información

El principal instrumento de información para la promoción de las energías renovables, es el Inventario Nacional de Energías Renovables (INER). De acuerdo con la LAERFTE es función de la SENER el establecer y actualizar el INER como una medida para hacer llegar la información de potencial y de posibilidad de proyectos a los desarrolladores.

Interesados en el tema y al público en general. Con esta herramienta se pueden sustentar con mejores argumentos las metas marcadas para la generación mediante fuentes de energías renovables que deberán ser establecidas en el PEAER, y servir como fuente de información para definir el aporte de proyectos de autoabastecimiento y cogeneración con energías renovables para satisfacer la demanda proyectada de energía en el plan de expansión de generación.

### **Internalización de los costos externos en el sistema eléctrico mexicano: El uso de la metodología de externalidades ambientales y sociales**

Como medio para impulsar el desarrollo sustentable en el sector energía se han instaurado políticas que contemplan el impacto ambiental en la generación de energía eléctrica, y su internalización mediante mecanismos que hagan más competitivas a las energías renovables sin que medie en ello una transferencia directa del gobierno o la sociedad a los generadores. Este es el caso de la política y metodología de externalidades.

De acuerdo con el artículo 10 de la LAERFTE, SENER, con la opinión de SHCP, SEMARNAT, y de la Secretaría de Salud, elaborará una metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, a partir de las diversas fuentes renovables y no renovables en sus distintas escalas, así como las acciones de política a que se refiere esta Ley, relacionadas con dichas externalidades. Asimismo de acuerdo con el artículo 36 bis de la LSPEE, la CFE debe de aprovechar la producción de energía eléctrica que le resulte de menor costo, considerando los costos de las externalidades ambientales para cada tecnología, en sus distintas escalas en el Sistema Eléctrico Nacional, y con el artículo 34 de la Ley General de Cambio Climático que estipula que para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se debe considerar incluir los costos de las externalidades sociales y ambientales para la generación de energía eléctrica, sin referirse solamente al Servicio Público de Energía Eléctrica, sino a la generación en general.

El 14 de diciembre de 2012, en cumplimiento a este mandato, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Metodología para Valorar Externalidades Asociadas con la Generación de Electricidad en México. De acuerdo con este decreto es función de la SEMARNAT en coordinación con la SENER y las dependencias responsables de la APF, desarrollar estudios que permitan medir local y/o regionalmente, el impacto o valor que tienen las emisiones asociadas a la generación de electricidad en la economía, la sociedad, el ambiente y la salud en México en el corto, mediano y largo plazos, así como elaborar y enviar a SENER un documento que indique las expectativas de corto, mediano y largo plazos para la valoración de los Instrumentos Financieros Asociados con las Emisiones de Sustancias Contaminantes.

En la estimación de externalidades sólo se considerarán los impactos positivos o negativos que pueden ser estimados con una metodología probada y basada en criterios técnicos, económicos y ambientales aceptados y cuyo impacto estimado es significativamente diferente de cero.

La metodología se aplica en los siguientes casos:

- Planeación del sector eléctrico, el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), incorporará las Externalidades Ambientales y Sociales.
- Despacho de las unidades del sector eléctrico destinadas al servicio público.
- Análisis costo-beneficio de los proyectos de inversión para la generación de energía eléctrica, las externalidades ambientales y sociales serán incorporadas en la evaluación socioeconómica del programa o proyecto de inversión en consideración por parte de la CFE.

Actualmente, con la concurrencia de los diferentes sectores Energía, Medio Ambiente y Salud, se realizan estudios para estimar dichos impactos. La implementación de un proceso sistemático de evaluación de impactos requiere de un gran esfuerzo, por lo que se ha optado por iniciar el esfuerzo con dos conjuntos de valores ya conocidos sobre externalidades de impacto local y regional, por un lado, y globales, por el otro.

Para el caso de las emisiones de contaminantes, el criterio de las autoridades mexicanas optaron por utilizar los valores del estudio realizado por SEMARNAT y CEPAL en 2004 intitulado *Evaluación de las externalidades ambientales en la generación termoeléctrica en México*. Sin embargo, al mismo tiempo se realizan estudios para todas las tecnologías mediante el uso del sistema de modelación SIMPACTS (desarrollado por el Organismo Internacional de Energía Atómica), así como otras herramientas. Los valores actualizados a precios de 2013 son los siguientes:

Valores unitarios del impacto de externalidades en la producción de electricidad (2013 /MWh)				
Combustible (tecnología)	SO2	NOx	PST	TOTAL (PM10)
Carbón (carboeléctricas)	13.82	1.61	1.56	16.99
Combustóleo (térmicas convencionales)	27.03	1.06	0.94	29.02
Diésel (turbogás de baja eficiencia y caso particular CCC Valladolid II).	10.55	1.55	0.09	12.19
Gas (ciclos combinados de alta eficiencia)	0.00	0.55	0.00	0.55
Gas (turbogás de alta eficiencia, turbogás generación distribuida, ciclo combinado antiguo y térmica convencional)	0.00	0.58	0.00	0.58
Resto de tecnologías (nuclear, geotérmica, eólica, solar, hidráulica)	-	-	-	-

En cuanto a contaminantes globales se ha utilizado el valor propuesto por SHCP para la creación de un impuesto al CO<sub>2</sub>, de 70.68 pesos por tonelada de CO<sub>2</sub>. Este valor deberá ser posteriormente complementado con estimación de mediano y largo plazo sobre el mismo.

Combustible	Emisiones de CO2 (Ton/MWh)	Costo de externalidad (\$2013 / MWh)
Combustóleo	0.822	58.04
Carbón	1.082	76.41
Gas natural	0.524	37.00

Referencias: Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México. Diario Oficial de la Federación. 14 de diciembre de 2012; SHCP. Iniciativa de Ley de Ingresos 2013; SEMARNAT-CEPAL. Evaluación de las externalidades ambientales en la generación termoeléctrica en México. CEPAL 2004.

Instrumentos de fomento a la investigación y el desarrollo tecnológico

En el marco de la Ley de Ciencia y Tecnología en el sector energía existe el Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE). El FSE es un instrumento creado para impulsar la investigación científica y tecnológica aplicada, así como la adopción, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico en 4 líneas: Eficiencia energética, fuentes renovables de energía, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.

El Fondo apoya el financiamiento de proyectos de investigación, desarrollo e innovación liderados exclusivamente por instituciones de educación superior y centros de investigación del país, inscritos en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT).

El Fondo cuenta con dos iniciativas insignia. Por un lado se encuentran los Centros Mexicanos de Innovación en Energía, que se discuten de manera extensiva en el capítulo 8, y el Laboratorio de Innovación en Sustentabilidad Energética que pretende impulsar el desarrollo de proyectos de innovación, que involucren actividades de investigación científica y tecnológica aplicada, adopción, asimilación y desarrollo tecnológico<sup>2</sup>, como una ventanilla para la recepción continua de proyectos.

#### Instrumentos de planeación

Una de las herramientas más favorables para el impulso de las energías renovables, debido a la necesidad de contar con inversión de largo plazo, es el desarrollo de instrumentos de planeación que reduzcan la incertidumbre a todos los actores involucrados, incluidas instituciones públicas, empresas y organizaciones privadas y consumidores en general.

En el sector energía, el principal instrumento de planeación de largo plazo es la Estrategia Nacional de Energía (ENE), la cual se elabora por la SENER, para su posterior aprobación por parte del Congreso de la Unión. La ENE es un documento de planeación integral que ordena y alinea las acciones de los diferentes actores que participan en el sector en una misma visión de largo plazo. Por Ley se actualiza cada año con un horizonte de 15 años, y por su propia naturaleza el documento se aleja de los temas coyunturales y se enfoca en los temas estratégicos de largo plazo, es decir, en aquellos que se tiene que actuar por largo tiempo para mejorar las condiciones.

A partir de la ENE y el PND es posible elaborar el Programa Sectorial de Energía. Estos documentos permiten a su vez la elaboración del PEAER. El PEAER permite integrar las aportaciones de todas las dependencias de la administración pública federal, así como de los sectores privados, social y otras instancias gubernamentales si así deciden hacerlo.

---

<sup>2</sup> Información adicional puede consultarse en <http://sustentabilidad.energia.gob.mx>.

De acuerdo con la LAERFTE el PEAER debe establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas, así como establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y potencial técnico existente.

Asimismo, de acuerdo con la Ley de Planeación, esta clase de instrumentos deben desarrollarse de manera participativa, por lo que en la elaboración del PEAER participa el Consejo Consultivo de las Energías Renovables que incorpora a SENER, SEMARNAT, Secretaría de Salud, Secretaría de Economía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CRE y CFE, además de seis miembros de los diferentes sectores de la sociedad e invitados, que en 2013 fueron Asociación Mexicana de Energía Eólica, Asociación Nacional de Energía Solar, Red Mexicana de Bioenergéticos, Consejo Mundial de Energía Capítulo México, Instituto de Energías Renovables-UNAM. Adicionalmente, se ha invitado de manera permanente a SEDESOL, PEMEX, CONACYT, CONAGUA y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, y se ha abierto la puerta a otras organizaciones públicas, privadas y sociales, mediante grupos de trabajo especializados, como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2 Participación en el Consejo Consultivo para las Energías Renovables**

Mecanismo de participación	Integrantes del mecanismo		Tipo de participación	
	Total de integrantes	Número de integrantes de la sociedad civil	Voz	Voto
Consejo Consultivo para las Energías Renovables	35	17	17	6
Grupos de Trabajo del Consejo Consultivo para las Energías Renovables	54	29	29	---

Fuente: Consejo Consultivo para las Energías Renovables. 2013.  
Nota: Síntesis al cierre del cuarto bimestre de 2013.

## Biocombustibles

La producción y transporte de biocombustibles se rige por la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LBDB), el Reglamento de la Ley y los Lineamientos para el Otorgamiento de Permisos para la Producción, el Almacenamiento, el Transporte y la Comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel. Este marco normativo tiene como objetivo primordial el impulso al desarrollo y crecimiento de una industria de biocombustibles en el país, como un medio para contribuir al desarrollo rural, diversificar las opciones energéticas del país y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero.

En diciembre de 2005, se presentó a la Cámara de Diputados la iniciativa LPDB, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 1º de febrero de 2008. Este ordenamiento prevé que la promoción del desarrollo de los bioenergéticos debe considerarse una actividad de interés general para coadyuvar al desarrollo nacional integral y garantizar el desarrollo sustentable del sector rural, mediante la creación de empleos para los campesinos. Es el principal eje legal para el impulso del etanol como un biocombustible y es una norma jurídica reglamentaria de los Artículos 25 y 27 fracción XX de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo que es de observancia general en toda la República Mexicana y tiene por objeto la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable, como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano y establecer las bases para promover la producción de insumos para bioenergéticos, así como desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los mismos.

El Reglamento de la Ley determina las bases, elementos y características de los programas que, en su momento, fueron elaborados por las autoridades competentes. Con la finalidad de impulsar el desarrollo de la industria del etanol anhidro y el biodiesel.

En octubre de 2009 la Secretaría de Energía difundió en la página web de la dependencia el Programa de Introducción de Bioenergéticos (PIB), y posteriormente en diciembre de 2012, el Programa de Introducción de Etanol Anhidro (PIE), mediante los cuales se pretendió analizar las condiciones que debían considerarse para la adquisición de etanol anhidro por parte de Petróleos Mexicanos a través de los procedimientos de licitación pública nacional.



## Marco jurídico y regulatorio aplicable a los biocombustibles

Al tratarse de un tema con implicaciones transversales la LPDB señala como autoridades competentes en materia de bioenergía a la SAGARPA, a la SENER y a la SEMARNAT, y prevé la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos, integrada por los titulares de las Secretarías antes señaladas, así como de la SE y la SHCP. Esta Comisión está prevista como un órgano colegiado encargado básicamente de analizar y establecer las directrices de política pública en materia de bioenergéticos, para la posterior ejecución de acciones a través del ejercicio de las facultades por parte de las autoridades competentes.

La bioenergía o generación de energía a partir de biomasa en lato senso, se le considera energía renovable y le resultan aplicables tanto la LAERFTE como la LPDB, de tal forma que la SENER tiene, entre otras, las siguientes atribuciones para llevar a cabo la planeación en el tema: Elaborar, en el marco de la Ley de Planeación, los programas sectoriales y anuales relativos a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos; establecer el Programa de Introducción de Bioenergéticos, considerando objetivos, estrategias, acciones y metas en cuya elaboración se tomarán en cuenta principalmente la producción nacional sobre la importación, la definición de plazos y regiones para la incorporación del etanol como componente de la gasolina, y la incorporación del biodiesel al consumo así como los requerimientos de infraestructura para su producción, transporte y comercialización. Se han realizado los siguientes programas:

- Programa de Introducción de Bioenergéticos: El 7 de octubre de 2009, se publicó en su portal de Internet de la SENER el Programa de Introducción de Bioenergéticos, el cual prevé tres etapas para la introducción paulatina de etanol anhidro en las gasolinas que se comercializan en las principales zonas metropolitanas del país.
- Programa de Introducción de Etanol Anhidro: El 15 de diciembre de 2011, se estableció el Programa de Introducción de Etanol Anhidro, como un instrumento que permitirá asegurar su efectiva introducción en nuestra matriz energética. Este programa sustituye lo establecido en el Programa de Introducción de Bioenergéticos en materia de etanol anhidro y oxigenantes para gasolina.

El 18 de junio de 2009, se publicó en el Diario Oficial el Reglamento de la LPDB, el cual tiene como objetivo proveer en la esfera administrativa la exacta observancia de la LPDB: Establece las bases, elementos y características que debían contener los programas que, en su momento, tenían la obligación de emitir las autoridades competentes, asimismo prevé los requisitos, procedimientos y plazos específicos para el otorgamiento de permisos para el uso del maíz en la producción de bioenergéticos, así como de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos, precisa las medidas que deberán seguirse para la protección del medio ambiente durante el desarrollo de la industria, y mide las sanciones que corresponden a las diferentes infracciones estipuladas en el marco jurídico.

El 13 de noviembre de 2009, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los acuerdos mediante los cuales se emiten los Lineamientos para el Otorgamiento de Permisos para la Producción, el Almacenamiento, el Transporte y la Comercialización de Bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel, y los formatos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel. Éstas definen los trámites fundamentales a los que están sujeto los productores de biocombustibles, que se suman al conjunto de trámites, como pueden verse en la Tabla 17.

**Tabla 3. Trámites para la solicitud de permiso de comercialización, producción y almacenamiento y transporte de bioenergéticos**

Constitución y Evaluación	Constitución empresarial
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escrituración, registro de sociedad, registros fiscales y altas empresariales.</li> <li>- Constitución de sociedad de autoabastecimiento.</li> </ul>
Aprobaciones y Permisos	Producción y Transporte de bioenergéticos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción y almacenamiento de bioenergéticos- SENER</li> <li>- Comercialización de bioenergéticos- SENER</li> <li>- Transporte de bioenergéticos- SENER</li> <li>- Distribución de bioenergéticos- SENER</li> <li>- Aviso de exención de permisos- SAGARPA</li> </ul>

Fuente: SENER. 2013.

### 3.3.2 Políticas de fomento

En relación a las Líneas Estratégicas del Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (PROINBIOS), las acciones relevantes que prevé son las siguientes:

i. Desarrollo de sistema de información

La SAGARPA puso a disposición del público, desde el 30 de marzo de 2011, el portal [www.bioenergeticos.gob.mx](http://www.bioenergeticos.gob.mx), en el que se brinda información relevante sobre los tipos de biocombustibles que existen, el panorama internacional, los programas y apoyos gubernamentales nacionales y análisis de coyuntura.

ii. Impulso a la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología

La SAGARPA a través del INIFAP desarrollo tecnologías sustentables de producción de insumos para la obtención de biocombustibles en México, contando a la fecha con estudios de potencial productivo, 21 Guías Técnicas de Producción para jatropha, higuera, sorgo dulce y remolacha, una publicación sobre la calidad fisicoquímica de insumos bioenergéticos para la producción de biodiésel, y estudios de balance energético.

El Colegio de Postgraduados (COLPOS), elaboró un estudio a detalle de potencial productivo para caña, y con el INIFAP realizó la evaluación y selección de variedades con alto potencial productivo para la producción de etanol en 8 entidades federativas del país.

La SAGARPA también apoyó el equipamiento de dos laboratorios para realizar análisis sobre la calidad de los insumos para biocombustibles, uno para etanol ubicado en Tecomán, Colima, y otro para biodiesel localizado en Rosario Izapa, Chiapas.

iii. Fomentar las asociaciones para el desarrollo de los biocombustibles

La SAGARPA estableció esquemas de apoyos para promover la producción de biocombustibles, entre ellos, para la adquisición de activos que serán reconocidos como aportación accionaria por parte de los productores.

iv. Generar certidumbre de mercado

A través de las investigaciones realizadas, la SAGARPA busca que los interesados en producir insumos para bioenergéticos tengan mayor certidumbre e información para la toma de decisiones al contar con:

- Paquetes tecnológicos validados
- Variedades con alto potencial para la producción de bioenergéticos,
- Identificación de zonas con mayor potencial, entre otros

v. Promover la producción de insumos

Durante el periodo 2008-2010, la SAGARPA apoyó el establecimiento de una Planta Piloto de Biodiesel en Chiapas, con capacidad de 20,000 litros diarios.

En lo referente a contar con material vegetativo validado, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP realizó el establecimiento de semilleros de caña de azúcar y de sorgo dulce en Tomatlán, Jalisco, para apoyar el establecimiento de cultivos comerciales.

Asimismo, los esquemas de apoyo para fomentar la producción de biocombustibles que la SAGARPA coordina o ejecuta a través de instancias como el FIRCO, FIRA, FOCIR, Financiera Rural y el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT, considera incentivos para el establecimiento de semilleros y/o cultivos comerciales para la producción de insumos para bioenergéticos; apoyo a proyectos de plantas piloto; apoyos para la adquisición de activos que serán reconocidos como aportación accionaria de los productores; e investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología.

En materia de difusión y fomento al uso de biocombustibles por parte de la SENER se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- En 2007, se llevó a cabo el seminario “Retos para el Desarrollo de Biocombustibles en México”.
- En 2009, se llevó a cabo el Segundo Congreso Internacional de Bioenergéticos en la ciudad de León, Guanajuato.
- En 2010, se publicaron en el portal electrónico de la SENER los estudios denominados “Recomendaciones de especificaciones

técnicas para el etanol y sus mezclas y la infraestructura para su manejo en México”, y su versión en inglés, “Recommendations for a mexican biodiesel standard and the infrastructure required for its handling”.

- En 2011, se integró al portal de renovables la información relativa a bioenergéticos el cual integra una descripción de las tecnologías, marco jurídico, incentivos, licitaciones, prospectivas, noticias y preguntas frecuentes de los bioenergéticos en México.
- En 2012, se llevó a cabo el Taller de Biodiesel, cuyo objetivo fue reunir a los distintos actores que participan en la cadena productiva del biodiesel, y definir los puntos más relevantes sobre el establecimiento de la calidad del biodiesel, entre otros temas.
- Del 21 al 23 de agosto de 2012, se celebró el VI Seminario Latinoamericano y de El Caribe de Biocombustibles, en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, dicho evento fue realizado por la Organización Latinoamericana de Energía en colaboración con la Secretaría de Energía.
- El 23 de abril de 2013, se integró formalmente un Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos, el cual se ha enfocado básicamente en etanol anhidro.

DOF: 20/12/2013

DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidencia de la República.

ENRIQUE PEÑA NIETO, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes sabed:

Que la Comisión Permanente del Honorable Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente

DECRETO

“LA COMISIÓN PERMANENTE DEL HONORABLE CONGRESO DE LA UNIÓN, EN USO DE LA FACULTAD QUE LE CONFIERE EL ARTÍCULO 135 CONSTITUCIONAL Y PREVIA LA APROBACIÓN DE LAS CÁMARAS DE DIPUTADOS Y DE SENADORES DEL CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, ASÍ COMO LA MAYORÍA DE

LAS LEGISLATURAS DE LOS ESTADOS, DECLARA REFORMADAS Y ADICIONADAS DIVERSAS DISPOSICIONES DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, EN MATERIA DE ENERGÍA

Artículo Único.- Se reforman los párrafos cuarto, sexto y octavo del artículo 25; el párrafo sexto del artículo 27; los párrafos cuarto y sexto del artículo 28; y se adicionan un párrafo séptimo, recorriéndose los subsecuentes en su orden, al artículo 27; un párrafo octavo, recorriéndose los subsecuentes en su orden, al artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para quedar como sigue:

Artículo 25. ...

El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el Artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan. Tratándose de la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, y del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, así como de la exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos, la nación llevará a cabo dichas actividades en términos de lo dispuesto por los párrafos sexto y séptimo del Artículo 27 de esta Constitución. En las actividades citadas la ley establecerá las normas relativas a la administración, organización, funcionamiento, procedimientos de contratación y demás actos jurídicos que celebren las empresas productivas del Estado, así como el régimen de remuneraciones de su personal, para garantizar su eficacia, honestidad, productividad, transparencia y rendición de cuentas, con base en las mejores prácticas, y determinará las demás actividades que podrán realizar.

Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

...

La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución.

Artículo 27. ...

En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, salvo en radiodifusión y telecomunicaciones, que serán otorgadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y substancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose de minerales radiactivos no se otorgarán concesiones. Corresponde exclusivamente a la nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.

Tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la nación, es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones. Con el propósito de obtener ingresos para el Estado que contribuyan al desarrollo de largo plazo de la Nación, ésta llevará a cabo las actividades de exploración y extracción del petróleo y demás hidrocarburos mediante asignaciones a empresas productivas del Estado o a través de contratos con éstas o con particulares, en los términos de la Ley Reglamentaria. Para

cumplir con el objeto de dichas asignaciones o contratos las empresas productivas del Estado podrán contratar con particulares. En cualquier caso, los hidrocarburos en el subsuelo son propiedad de la nación y así deberá afirmarse en las asignaciones o contratos.

Artículo 28. ...

No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: Correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, en los términos de los párrafos sexto y séptimo del Artículo 27 de esta Constitución, respectivamente; así como las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del Artículo 25 de esta Constitución; el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

El Estado tendrá un banco central que será autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración. Su objetivo prioritario será procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, fortaleciendo con ello la rectoría del desarrollo nacional que corresponde al Estado. Ninguna autoridad podrá ordenar al banco conceder financiamiento. El Estado contará con un fideicomiso público denominado Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, cuya Institución Fiduciaria será el banco central y tendrá por objeto, en los términos que establezca la ley, recibir, administrar y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones y contratos a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución, con excepción de los impuestos.

El Poder Ejecutivo contará con los órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley.



## Transitorios

Primero. El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo. Los derechos laborales de los trabajadores que presten sus servicios en los organismos, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal dedicadas a las actividades que comprende el presente Decreto se respetarán en todo momento de conformidad con la ley.

Tercero. La ley establecerá la forma y plazos, los cuales no podrán exceder dos años a partir de la publicación de este Decreto, para que los organismos descentralizados denominados Petróleos Mexicanos y Comisión Federal de Electricidad se conviertan en empresas productivas del Estado. En tanto se lleva a cabo esta transición, Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios quedan facultados para recibir asignaciones y celebrar los contratos a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 que se reforma por este Decreto. Asimismo, la Comisión Federal de Electricidad podrá suscribir los contratos a que se refiere el párrafo sexto del Artículo 27 que se reforma por virtud de este Decreto.

Cuarto. Dentro de los ciento veinte días naturales siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones que resulten necesarias al marco jurídico, a fin de hacer efectivas las disposiciones del presente Decreto, entre ellas, regular las modalidades de contratación, que deberán ser, entre otras: De servicios, de utilidad o producción compartida, o de licencia, para llevar a cabo, por cuenta de la nación, las actividades de exploración y extracción del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, incluyendo las que puedan realizar las empresas productivas del Estado con particulares, en términos de lo dispuesto por el Artículo 27 de esta Constitución. En cada caso, el Estado definirá el modelo contractual que mejor convenga para maximizar los ingresos de la nación.

La ley establecerá las modalidades de las contraprestaciones que pagará el Estado a sus empresas productivas o a los particulares por virtud de las actividades de exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos que hagan por cuenta de la Nación. Entre otras modalidades de contraprestaciones, deberán regularse las siguientes: I) en efectivo, para los contratos de servicios; II) con un porcentaje de la utilidad, para los contratos de utilidad compartida; III) con un porcentaje

de la producción obtenida, para los contratos de producción compartida; IV) con la transmisión onerosa de los hidrocarburos una vez que hayan sido extraídos del subsuelo, para los contratos de licencia, o V) cualquier combinación de las anteriores. La nación escogerá la modalidad de contraprestación atendiendo siempre a maximizar los ingresos para lograr el mayor beneficio para el desarrollo de largo plazo. Asimismo, la ley establecerá las contraprestaciones y contribuciones a cargo de las empresas productivas del Estado o los particulares y regulará los casos en que se les impondrá el pago a favor de la nación por los productos extraídos que se les transfieran.

Quinto. Las empresas productivas del Estado que cuenten con una asignación o suscriban un contrato para realizar actividades de exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, así como los particulares que suscriban un contrato con el Estado o alguna de sus empresas productivas del Estado, para el mismo fin, conforme a lo establecido en el presente Decreto, podrán reportar para efectos contables y financieros la asignación o contrato correspondiente y sus beneficios esperados, siempre y cuando se afirme en las asignaciones o contratos que el petróleo y todos los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, que se encuentren en el subsuelo, son propiedad de la nación.

Lo dispuesto en el párrafo anterior será aplicable a Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios durante el periodo de transición a que se refiere el transitorio tercero del presente Decreto.

Sexto. La Secretaría del ramo en materia de Energía, con la asistencia técnica de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, será la encargada de adjudicar a Petróleos Mexicanos las asignaciones a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución.

El organismo deberá someter a consideración de la Secretaría del ramo en materia de Energía la adjudicación de las áreas en exploración y los campos que estén en producción, que esté en capacidad de operar, a través de asignaciones. Para lo anterior, deberá acreditar que cuenta con las capacidades técnicas, financieras y de ejecución necesarias para explorar y extraer los hidrocarburos de forma eficiente y competitiva. La solicitud se deberá presentar dentro de los noventa días naturales siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto. La Secretaría del ramo en materia de Energía revisará la solicitud, con la asistencia técnica de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, y emitirá

la resolución correspondiente dentro del plazo de ciento ochenta días naturales posteriores a la fecha de la solicitud de Petróleos Mexicanos, estableciendo en la misma la superficie, profundidad y vigencia de las asignaciones procedentes. Lo anterior tomando en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

a) Para asignaciones de exploración de hidrocarburos: En las áreas en las que, a la fecha de entrada en vigor del presente Decreto, Petróleos Mexicanos haya realizado descubrimientos comerciales o inversiones en exploración, será posible que, con base en su capacidad de inversión y sujeto a un plan claramente establecido de exploración de cada área asignada, continúe con los trabajos en un plazo de tres años, prorrogables por un periodo máximo de dos años en función de las características técnicas del campo de que se trate y del cumplimiento de dicho plan de exploración, y en caso de éxito, que continúe con las actividades de extracción. De no cumplirse con el plan de exploración, el área en cuestión deberá revertirse al Estado.

b) Para asignaciones de extracción de hidrocarburos: Petróleos Mexicanos mantendrá sus derechos en cada uno de los campos que se encuentren en producción a la fecha de entrada en vigor del presente Decreto. Deberá presentar un plan de desarrollo de dichos campos que incluya descripciones de los trabajos e inversiones a realizar, justificando su adecuado aprovechamiento y una producción eficiente y competitiva.

Para la determinación de las características establecidas en cada asignación de extracción de hidrocarburos se considerará la coexistencia de distintos campos en un área determinada. Con base en lo anterior, se podrá establecer la profundidad específica para cada asignación, de forma que las actividades extractivas puedan ser realizadas, por separado, en aquellos campos que se ubiquen en una misma área pero a diferente profundidad, con el fin de maximizar el desarrollo de recursos prospectivos en beneficio de la nación.

En caso de que, como resultado del proceso de adjudicación de asignaciones para llevar a cabo las actividades de exploración y extracción del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos a que hace mención este transitorio, se llegaran a afectar inversiones de Petróleos Mexicanos, éstas serán reconocidas en su justo valor económico en los términos que para tal efecto disponga la Secretaría del ramo en materia de Energía. El Estado podrá determinar una contraprestación al realizar una asignación. Las asignaciones no

podrán ser transferidas sin aprobación de la Secretaría del ramo en materia de Energía.

Petróleos Mexicanos podrá proponer a la Secretaría del ramo en materia de Energía, para su autorización, la migración de las asignaciones que se le adjudiquen a los contratos a que se refiere el Artículo 27, párrafo séptimo, de esta Constitución. Para ello, la Secretaría del ramo en materia de Energía contará con la asistencia técnica de la Comisión Nacional de Hidrocarburos.

En la migración de las asignaciones a contratos, cuando Petróleos Mexicanos elija contratar con particulares, a fin de determinar al particular contratista, la Comisión Nacional de Hidrocarburos llevará a cabo la licitación en los términos que disponga la ley. La ley preverá, al menos, que la Secretaría del ramo en materia de Energía establezca los lineamientos técnicos y contractuales, y que la Secretaría del ramo en materia de Hacienda será la encargada de establecer las condiciones fiscales. En estos casos, la administración del contrato estará sujeta a las mismas autoridades y mecanismos de control que aplicarán a los contratos suscritos por el Estado.

Séptimo. Para promover la participación de cadenas productivas nacionales y locales, la ley establecerá, dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto, las bases y los porcentajes mínimos del contenido nacional en la proveeduría para la ejecución de las asignaciones y contratos a que se refiere el presente Decreto.

La ley deberá establecer mecanismos para fomentar la industria nacional en las materias de este Decreto.

Las disposiciones legales sobre contenido nacional deberán ajustarse a lo dispuesto en los tratados internacionales y acuerdos comerciales suscritos por México.

Octavo. Derivado de su carácter estratégico, las actividades de exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, a que se refiere el presente Decreto se consideran de interés social y orden público, por lo que tendrán preferencia sobre cualquier otra que implique el aprovechamiento de la superficie y del subsuelo de los terrenos afectos a aquéllas.

La ley preverá los términos y las condiciones generales de la contraprestación que se deberá cubrir por la ocupación o afectación superficial o, en su caso, la indemnización respectiva.

Los títulos de concesiones mineras que se encuentren vigentes a la entrada en vigor de este Decreto y aquellos que se otorguen con posterioridad, no conferirán derechos para la exploración y extracción del petróleo y los demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, sin perjuicio de los derechos previstos en sus propias concesiones. Los concesionarios deberán permitir la realización de estas actividades.

La ley preverá, cuando ello fuere técnicamente posible, mecanismos para facilitar la coexistencia de las actividades mencionadas en el presente transitorio con otras que realicen el Estado o los particulares.

Noveno. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico, a fin de establecer que los contratos y las asignaciones que el Estado suscriba con empresas productivas del Estado o con particulares para llevar a cabo, por cuenta de la Nación, las actividades de exploración empresas productivas del Estado o con particulares para llevar a cabo, por cuenta de la nación, las actividades de exploración y extracción del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, serán otorgados a través de mecanismos que garanticen la máxima transparencia, por lo que se preverá que las bases y reglas de los procedimientos que se instauren al efecto, serán debidamente difundidas y públicamente consultables.

Asimismo, la ley preverá y regulará:

- a) Que los contratos cuenten con cláusulas de transparencia, que posibiliten que cualquier interesado los pueda consultar;
- b) Un sistema de auditorías externas para supervisar la efectiva recuperación, en su caso, de los costos incurridos y demás contabilidad involucrada en la operación de los contratos, y
- c) La divulgación de las contraprestaciones, contribuciones y pagos previstos en los contratos.

Décimo. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones que resulten necesarias al marco jurídico a fin de establecer, entre otras,

las siguientes atribuciones de las dependencias y órganos de la Administración Pública Federal:

a) A la Secretaría del ramo en materia de Energía: Establecer, conducir y coordinar la política energética, la adjudicación de asignaciones y la selección de áreas que podrán ser objeto de los contratos a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución, con la asistencia técnica de la Comisión Nacional de Hidrocarburos; el diseño técnico de dichos contratos y los lineamientos técnicos que deberán observarse en el proceso de licitación; así como el otorgamiento de permisos para el tratamiento y refinación del petróleo, y procesamiento de gas natural. En materia de electricidad, establecerá los términos de estricta separación legal que se requieren para fomentar el acceso abierto y la operación eficiente del sector eléctrico y vigilará su cumplimiento.

b) A la Comisión Nacional de Hidrocarburos: La prestación de asesoría técnica a la Secretaría del ramo en materia de Energía; la recopilación de información geológica y operativa; la autorización de servicios de reconocimiento y exploración superficial; la realización de las licitaciones, asignación de ganadores y suscripción de los contratos para las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos; la administración en materia técnica de asignaciones y contratos; la supervisión de los planes de extracción que maximicen la productividad del campo en el tiempo, y la regulación en materia de exploración y extracción de hidrocarburos.

c) A la Comisión Reguladora de Energía: En materia de hidrocarburos, la regulación y el otorgamiento de permisos para el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos de petróleo, gas, petrolíferos y petroquímicos; la regulación de acceso de terceros a los ductos de transporte y al almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados, y la regulación de las ventas de primera mano de dichos productos. En materia de electricidad, la regulación y el otorgamiento de permisos para la generación, así como las tarifas de porteo para transmisión y distribución.

d) A la Secretaría del ramo en materia de Hacienda, entre otras, el establecimiento de las condiciones económicas de las licitaciones y de los contratos a que se refiere el presente Decreto relativas a los términos fiscales que permitan a la nación obtener en el tiempo ingresos que contribuyan a su desarrollo de largo plazo.

La ley establecerá los actos u omisiones que den lugar a la imposición de sanciones, el procedimiento para ello, así como las atribuciones de cada dependencia u órgano para imponerlas y ejecutarlas.

Lo anterior, sin perjuicio de las demás facultades que a dichas autoridades les otorguen las leyes, en estas materias.

La ley definirá los mecanismos para garantizar la coordinación entre los órganos reguladores en materia de energía y la Administración Pública Federal, para que, en el ámbito de sus respectivas competencias, emitan sus actos y resoluciones de conformidad con las políticas públicas del Ejecutivo Federal.

Décimo Primero. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico a fin de regular las modalidades de contratación para que los particulares, por cuenta de la nación, lleven a cabo, entre otros, el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, en términos de lo dispuesto en este Decreto.

Décimo Segundo. Dentro del mismo plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico para que la Comisión Nacional de Hidrocarburos y la Comisión Reguladora de energía, se conviertan en órganos reguladores coordinados en la materia, con personalidad jurídica propia, autonomía técnica y de gestión; asimismo, podrán disponer de los ingresos derivados de las contribuciones y aprovechamientos que la ley establezca por sus servicios en la emisión y administración de los permisos, autorizaciones, asignaciones y contratos, así como por los servicios relacionados con el Centro Nacional de Información de Hidrocarburos, que correspondan conforme a sus atribuciones, para financiar un presupuesto total que les permita cumplir con sus atribuciones. Para lo anterior, las leyes preverán, al menos:

a) Que si al finalizar el ejercicio presupuestario, existiera saldo remanente de ingresos propios excedentes, la comisión respectiva instruirá su transferencia a un fideicomiso constituido para cada una de éstas por la Secretaría del ramo en materia de Energía, donde una institución de la banca de desarrollo operará como fiduciario.

b) Que las comisiones respectivas instruirán al fiduciario la aplicación de los recursos de estos fideicomisos a la cobertura de gastos necesarios para cumplir con sus funciones en posteriores ejercicios respetando los principios a los que hace referencia el artículo 134 de esta Constitución y estando sujetos a la evaluación y el control de los entes fiscalizadores del Estado.

c) En el caso de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, se dará prioridad al desarrollo y mantenimiento del Centro Nacional de Información de Hidrocarburos, mismo que contendrá al menos la información de los estudios sísmicos, así como los núcleos de roca, obtenidos de los trabajos de exploración y extracción de hidrocarburos del país.

Los fideicomisos no podrán acumular recursos superiores al equivalente de tres veces el presupuesto anual de la Comisión de que se trate, tomando como referencia el presupuesto aprobado para el último ejercicio fiscal. En caso de que existan recursos adicionales, éstos serán transferidos a la Tesorería de la Federación.

Los fideicomisos a que hace referencia este transitorio estarán sujetos a las obligaciones en materia de transparencia conforme a la ley de la materia. Asimismo, cada Comisión deberá publicar en su sitio electrónico, por lo menos de manera trimestral, los recursos depositados en el fideicomiso respectivo, así como el uso y destino de dichos recursos y demás información que sea de interés público.

La Cámara de Diputados realizará las acciones necesarias para proveer de recursos presupuestales a las comisiones, con el fin de que éstas puedan llevar a cabo su cometido. El Presupuesto aprobado deberá cubrir los capítulos de servicios personales, materiales y suministros, así como de servicios generales, necesarios para cumplir con sus funciones.

Décimo Tercero. En el plazo de ciento veinte días naturales siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico, a fin de establecer que los comisionados de la Comisión Nacional de Hidrocarburos y de la Comisión Reguladora de Energía sólo podrán ser removidos de su encargo por las causas graves que se establezcan al efecto; que podrán ser designados, nuevamente, por única ocasión para cubrir un segundo periodo, y que su renovación se llevará a cabo de forma escalonada, a fin de asegurar el debido ejercicio de sus atribuciones.



Los actuales comisionados concluirán los periodos para los que fueron nombrados, sujetándose a lo dispuesto en el párrafo anterior. Para nombrar a los comisionados de la Comisión Nacional de Hidrocarburos y de la Comisión Reguladora de Energía, el Presidente de la República someterá una terna a consideración del Senado, el cual, previa comparecencia de las personas propuestas, designará al comisionado que deberá cubrir la vacante. La designación se hará por el voto de las dos terceras partes de los miembros del Senado presentes, dentro del improrrogable plazo de treinta días. Si el Senado no resolviere dentro de dicho plazo, ocupará el cargo de comisionado la persona que, dentro de dicha terna, designe el Presidente de la República.

En caso de que la Cámara de Senadores rechace la totalidad de la terna propuesta, el Presidente de la República, someterá una nueva, en los términos del párrafo anterior. Si esta segunda terna fuera rechazada, ocupará el cargo la persona que dentro de dicha terna designe el Presidente de la República.

Se nombrarán dos nuevos comisionados por cada Comisión, de manera escalonada, en los términos de los dos párrafos anteriores.

Décimo Cuarto. El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo será un fideicomiso público en el que el Banco de México fungirá como fiduciario. La Secretaría del ramo en materia de Hacienda realizará las acciones para la constitución y funcionamiento del fideicomiso público referido, una vez que se expidan las normas a que se refiere el transitorio cuarto del presente Decreto.

El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo será el encargado de recibir todos los ingresos, con excepción de los impuestos, que correspondan al Estado mexicano derivados de las asignaciones y contratos a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución. Los ingresos se administrarán y distribuirán conforme a la siguiente prelación y conforme se establezca en la ley para:

1. Realizar los pagos establecidos en dichas asignaciones y contratos.
2. Realizar las transferencias a los Fondos de Estabilización de los Ingresos Petroleros y de Estabilización de los Ingresos de las Entidades

Federativas. Una vez que el Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros, o su equivalente, haya alcanzado su límite máximo, los recursos asignados al Fondo se destinarán al ahorro de largo plazo mencionado en el numeral 5. Dentro de los ciento veinte días naturales siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones que resulten necesarias al marco jurídico en materia del límite máximo del Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros y del Derecho sobre Hidrocarburos para el Fondo de Estabilización.

3. Realizar las transferencias al Fondo de Extracción de Hidrocarburos; a los fondos de investigación en materia de hidrocarburos y sustentabilidad energética, y en materia de fiscalización petrolera.

4. Transferir a la Tesorería de la Federación los recursos necesarios para que los ingresos petroleros del Gobierno Federal que se destinan a cubrir el Presupuesto de Egresos de la Federación de cada año, se mantengan en el cuatro punto siete por ciento del Producto Interno Bruto, que corresponde a la razón equivalente a la observada para los ingresos petroleros del año 2013. Para lo anterior, se consideran los rubros siguientes: Derecho ordinario sobre hidrocarburos, Derecho sobre Hidrocarburos para el Fondo de Estabilización, Derecho extraordinario sobre exportación de petróleo crudo, Derecho para la investigación científica y tecnológica en materia de energía, Derecho para la fiscalización petrolera, Derecho sobre extracción de hidrocarburos, Derecho para regular y supervisar la exploración y explotación de hidrocarburos, Derecho especial sobre hidrocarburos y Derecho adicional sobre hidrocarburos. Para efectos del cumplimiento del monto establecido en este numeral, se considerarán incluidos los recursos transferidos acorde a los numerales 2 y 3.

5. Destinar recursos al ahorro de largo plazo, incluyendo inversión en activos financieros.

Únicamente cuando el saldo de las inversiones en ahorro público de largo plazo, sea igual o mayor al tres por ciento del Producto Interno Bruto del año previo al que se trate, el Comité Técnico del Fondo podrá destinar recursos del saldo acumulado del Fondo para lo siguiente:

- a) Hasta por un monto equivalente a diez por ciento del incremento observado el año anterior en el saldo del ahorro de largo plazo, al Fondo para el sistema de pensión universal conforme a lo que señale su ley;
- b) Hasta por un monto equivalente a diez por ciento del incremento observado el año anterior en el saldo del ahorro de largo plazo, para financiar proyectos de inversión en ciencia, tecnología e innovación, y en energías renovables;
- c) Hasta por un monto equivalente a treinta por ciento del incremento observado el año anterior en el saldo del ahorro de largo plazo, en fondear un vehículo de inversión especializado en proyectos petroleros, sectorizado en la Secretaría del ramo en materia de Energía y, en su caso, en inversiones en infraestructura para el desarrollo nacional, y
- d) Hasta por un monto equivalente a diez por ciento del incremento observado el año anterior en el saldo del ahorro de largo plazo; en becas para la formación de capital humano en universidades y postgrados; en proyectos de mejora a la conectividad; así como para el desarrollo regional de la industria. Con excepción del programa de becas, no podrán emplearse recursos para gasto corriente.

La asignación de recursos que corresponda a los incisos a), b), c) y d) anteriores no deberán tener como consecuencia que el saldo destinado a ahorro de largo plazo se reduzca por debajo de tres por ciento del Producto Interno Bruto del año anterior. Sujeto a lo anterior y con la aprobación de las dos terceras partes de los miembros presentes, la Cámara de Diputados podrá modificar los límites y los posibles destinos mencionados en los incisos a), b), c) y d) de este numeral. Una vez que el saldo acumulado del ahorro público de largo plazo sea equivalente o superior al diez por ciento del Producto Interno Bruto del año previo al que se trate, los rendimientos financieros reales anuales asociados a los recursos del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo destinados a ahorro de largo plazo serán transferidos a la Tesorería de la Federación. Los recursos transferidos a estos destinos serán adicionales a las transferencias que se realicen de acuerdo al numeral 4 del presente transitorio.

En caso de una reducción significativa en los ingresos públicos, asociada a una caída en el Producto Interno Bruto, a una disminución pronunciada en el precio del petróleo o a una caída en la plataforma de producción de petróleo, y una vez que se hayan agotado los recursos en el Fondo de

Estabilización de los Ingresos Petroleros o su equivalente, la Cámara de Diputados podrá aprobar, mediante votación de las dos terceras partes de sus miembros presentes, la integración de recursos de ahorro público de largo plazo al Presupuesto de Egresos de la Federación, aun cuando el saldo de ahorro de largo plazo se redujera por debajo de tres por ciento del Producto Interno Bruto del año anterior. La integración de estos recursos al Presupuesto de Egresos de la Federación se considerará incluidos en la transferencia acorde con el numeral 4 del presente transitorio.

El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo estará sujeto a las obligaciones en materia de transparencia de conformidad con la ley. Asimismo, deberá publicar por medios electrónicos y por lo menos de manera trimestral, la información que permita dar seguimiento a los resultados financieros de las asignaciones y los contratos a que se refiere el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución, así como el destino de los ingresos del Estado mexicano conforme a los párrafos anteriores.

El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo se constituirá durante 2014 y comenzará sus operaciones en el 2015.

Décimo Quinto. El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo contará con un Comité Técnico integrado por tres miembros representantes del Estado y cuatro miembros independientes. Los miembros representantes del estado serán los titulares de las Secretarías de los ramos en materia de Hacienda y de Energía, así como el Gobernador del Banco de México. Los miembros independientes serán nombrados por el titular del Ejecutivo Federal, con aprobación de las dos terceras partes de los miembros presentes del Senado de la República. El titular de la Secretaría del ramo en materia de Hacienda fungirá como Presidente del Comité Técnico.

El Comité Técnico del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo tendrá, entre otras, las siguientes atribuciones:

a) Determinar la política de inversiones para los recursos de ahorro de largo plazo de conformidad con lo establecido en el numeral 5 del transitorio anterior. b) Instruir a la institución fiduciaria para que realice las transferencias a la Tesorería de la Federación de conformidad con lo establecido en el transitorio anterior.

c) Recomendar a la Cámara de Diputados, a más tardar el veintiocho de febrero de cada año, la asignación de los montos correspondientes a los rubros generales establecidos en los incisos a), b), c) y d) del transitorio anterior. La Cámara de Diputados aprobará, con las modificaciones que estime convenientes, la asignación antes mencionada.

En este proceso, la Cámara de Diputados no podrá asignar recursos a proyectos o programas específicos. En caso de que la Cámara de Diputados no se pronuncie acerca de la recomendación del Comité Técnico a más tardar el treinta de abril del mismo año, se considerará aprobada. Con base en la asignación aprobada por la Cámara de Diputados, el Ejecutivo Federal determinará los proyectos y programas específicos a los que se asignarán los recursos en cada rubro, para su inclusión en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación del año de que se trate. En el proceso de aprobación de dicho Proyecto, la Cámara de Diputados podrá reasignar los recursos destinados a los proyectos específicos dentro de cada rubro, respetando la distribución de recursos en rubros generales que ya se hayan aprobado.

Lo anterior sin perjuicio de otros recursos que se establezcan en el Presupuesto de Egresos de la Federación para proyectos y programas de inversión.

Décimo Sexto. Dentro de los plazos que se señalan a continuación, el Poder Ejecutivo Federal deberá proveer los siguientes decretos:

a) A más tardar dentro de los doce meses siguientes a la entrada en vigor de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, emitirá el Decreto de creación del organismo público descentralizado denominado Centro Nacional de Control del Gas Natural, encargado de la operación del sistema nacional de ductos de transporte y almacenamiento. En dicho Decreto se establecerá la organización, funcionamiento y facultades del citado Centro.

El Decreto proveerá lo necesario para que Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios o divisiones transfieran los recursos necesarios para que el Centro Nacional de Control del Gas Natural adquiera y administre la infraestructura para el transporte por ducto y almacenamiento de gas natural que tengan en propiedad para dar el servicio a los usuarios correspondientes.

El Decreto también preverá que Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios, transfieran de forma inmediata al Centro Nacional de Control del Gas Natural los contratos que tengan suscritos, a efecto de que el Centro sea quien los administre.

El Centro Nacional de Control del Gas Natural dará a Petróleos Mexicanos el apoyo necesario, hasta por doce meses posteriores a su creación, para que continúe operando la infraestructura para el transporte por ducto y almacenamiento de gas natural que le brinde servicio en condiciones de continuidad, eficiencia y seguridad.

b) A más tardar dentro de los doce meses siguientes a la entrada en vigor de la Ley Reglamentaria de la Industria Eléctrica, emitirá el Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía como organismo público descentralizado, encargado del control operativo del sistema eléctrico nacional; de operar el mercado eléctrico mayorista; del acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a la red nacional de transmisión y las redes generales de distribución, y las demás facultades que se determinen en la ley y en su Decreto de creación. En dicho decreto se establecerá la organización, funcionamiento y facultades del citado Centro.

El Decreto proveerá lo conducente para que la Comisión Federal de Electricidad transfiera los recursos que el Centro Nacional de Control de Energía requiera para el cumplimiento de sus facultades.

El Centro Nacional de Control de Energía dará a la Comisión Federal de Electricidad el apoyo necesario, hasta por doce meses posteriores a su creación, para que continúe operando sus redes del servicio público de transmisión y distribución en condiciones de continuidad, eficiencia y seguridad.

Décimo Séptimo. Dentro de los trescientos sesenta y cinco días naturales siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico, para establecer las bases en las que el Estado procurará la protección y cuidado del medio ambiente, en todos los procesos relacionados con la materia del presente Decreto en los que intervengan empresas productivas del Estado, los particulares o ambos, mediante la incorporación de criterios y mejores prácticas en los temas de eficiencia en el uso de energía, disminución en la generación de gases y compuestos de efecto invernadero, eficiencia en el uso de recursos naturales, baja generación

de residuos y emisiones, así como la menor huella de carbono en todos sus procesos.

En materia de electricidad, la ley establecerá a los participantes de la industria eléctrica obligaciones de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes.

Décimo Octavo. El Ejecutivo Federal, por conducto de la **Secretaría del ramo en materia de Energía** y en un plazo no mayor a trescientos sesenta y cinco días naturales contados a partir de la entrada en vigor del presente Decreto, deberá incluir en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, una estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios.

Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión emitirá una ley que tenga por objeto regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos.

Décimo Noveno. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico para crear la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría del ramo en materia de Medio Ambiente, con autonomía técnica y de gestión, que disponga de los ingresos derivados de las contribuciones y aprovechamientos que la ley establezca por sus servicios para financiar un presupuesto total que le permita cumplir con sus atribuciones.

La Agencia tendrá dentro de sus atribuciones regular y supervisar, en materia de seguridad industrial, operativa y protección al medio ambiente, las instalaciones y actividades del sector hidrocarburos, incluyendo las actividades de desmantelamiento y abandono de instalaciones, así como el control integral de residuos. En la organización, funcionamiento y facultades de la Agencia, se deberá prever al menos:

a) Que si al finalizar el ejercicio presupuestario, existiera saldo remanente de ingresos propios excedentes, la Agencia instruirá su transferencia a un fideicomiso constituido por la Secretaría del ramo en materia de Medio Ambiente, donde una institución de la banca de desarrollo operará como fiduciario.

b) Que la Agencia instruirá al fiduciario la aplicación de los recursos de este fideicomiso a la cobertura de gastos necesarios para cumplir con sus funciones en posteriores ejercicios respetando los principios a los que hace referencia el Artículo 134 de esta Constitución y estando sujeta a la evaluación y el control de los entes fiscalizadores del Estado.

El fideicomiso no podrá acumular recursos superiores al equivalente de tres veces el presupuesto anual de la Agencia, tomando como referencia el presupuesto aprobado para el último ejercicio fiscal. En caso de que existan recursos adicionales, éstos serán transferidos a la Tesorería de la Federación.

El fideicomiso a que hace referencia este transitorio estará sujeto a las obligaciones en materia de transparencia derivadas de la ley. Asimismo, la Agencia deberá publicar en su sitio electrónico, por lo menos de manera trimestral, los recursos depositados en el fideicomiso, así como el uso y destino de dichos recursos.

La Cámara de Diputados realizará las acciones necesarias para proveer de recursos presupuestales a la Agencia, con el fin de que ésta pueda llevar a cabo su cometido. El presupuesto aprobado deberá cubrir los capítulos de servicios personales, materiales y suministros, así como de servicios generales, necesarios para cumplir con sus funciones.

Vigésimo. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto de este Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico para regular a las empresas productivas del Estado, y establecerá al menos que:

I. Su objeto sea la creación de valor económico e incrementar los ingresos de la Nación, con sentido de equidad y responsabilidad social y ambiental.

II. Cuenten con autonomía presupuestal y estén sujetas sólo al balance financiero y al techo de servicios personales que, a propuesta de la Secretaría del ramo en materia de Hacienda, apruebe el Congreso de la Unión. Su régimen de remuneraciones será distinto del previsto en el Artículo 127 de esta Constitución.

III. Su organización, administración y estructura corporativa sean acordes con las mejores prácticas a nivel internacional, asegurando su autonomía técnica y de gestión, así como un régimen especial de contratación para la obtención de los mejores resultados de sus



actividades, de forma que sus órganos de gobierno cuenten con las facultades necesarias para determinar su arreglo institucional.

IV. Sus órganos de gobierno se ajusten a lo que disponga la ley y sus directores sean nombrados y removidos libremente por el Titular del Ejecutivo Federal o, en su caso, removidos por el Consejo de Administración. Para el caso de empresas productivas del Estado que realicen las actividades de exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos en términos de lo previsto por el párrafo séptimo del Artículo 27 de esta Constitución, la ley deberá establecer, entre otras disposiciones, que su Consejo de Administración se conforme de la siguiente manera: Cinco consejeros del Gobierno Federal, incluyendo el Secretario del Ramo en materia de Energía quien lo presidirá y tendrá voto de calidad, y cinco consejeros independientes.

V. Se coordinen con el Ejecutivo Federal, a través de la dependencia competente, con objeto de que sus operaciones de financiamiento no conduzcan a un incremento en el costo de financiamiento del resto del sector público o bien, contribuyan a reducir las fuentes de financiamiento del mismo.

VI. Cuenten, en términos de lo establecido en las leyes correspondientes, con un régimen especial en materia de adquisiciones, arrendamientos, servicios y obras públicas, presupuestaria, deuda pública, responsabilidades administrativas y demás que se requieran para la eficaz realización de su objeto, de forma que les permita competir con eficacia en la industria o actividad de que se trate.

Una vez que los organismos descentralizados denominados Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios, y Comisión Federal de Electricidad, se conviertan en empresas productivas del Estado de conformidad con las leyes que se expidan para tal efecto en términos del transitorio tercero de este Decreto, no les serán aplicables las disposiciones relativas a la autonomía contenidas en las fracciones anteriores, sino hasta que conforme a las nuevas disposiciones legales se encuentren en funciones sus consejos de administración y estén en operación los mecanismos de fiscalización, transparencia y rendición de cuentas.

Los consejeros profesionales de Petróleos Mexicanos en funciones a la entrada en vigor del presente Decreto permanecerán en sus cargos hasta la conclusión de los periodos por los cuales fueron nombrados,

o bien hasta que dicho organismo se convierta en empresa productiva del Estado y sea nombrado el nuevo Consejo de Administración. Los citados consejeros podrán ser considerados para formar parte del nuevo Consejo de Administración de la empresa productiva del Estado, conforme al procedimiento que establezca la ley.

Vigésimo Primero. Dentro del plazo previsto en el transitorio cuarto del presente Decreto, el Congreso de la Unión realizará las adecuaciones al marco jurídico, a fin de establecer los mecanismos legales suficientes para prevenir, investigar, identificar y sancionar severamente a los asignatarios, contratistas, permisionarios, servidores públicos, así como a toda persona física o moral, pública o privada, nacional o extranjera, que participen en el sector energético, cuando realicen actos u omisiones contrarios a la ley, entre otros, los que tengan como objeto o consecuencia directa o indirecta influir en la toma de decisión de un servidor público, del personal o de los consejeros de las empresas productivas del Estado para obtener un beneficio económico personal directo o indirecto.

SALÓN DE SESIONES DE LA COMISIÓN PERMANENTE DEL HONORABLE CONGRESO DE LA UNIÓN.- México, D.F., a 18 de diciembre de 2013.- Dip. Ricardo Anaya Cortés, Presidente.- Dip. Raymundo King de la Rosa, Secretario.- Rúbricas.”

En cumplimiento de lo dispuesto por la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y para su debida publicación y observancia, expido el presente Decreto en la Residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a veinte de diciembre de dos mil trece.- Enrique Peña Nieto.- Rúbrica.- El Secretario de Gobernación, Miguel Ángel Osorio Chong.-Rúbrica.

**En abril de 2014, el Ejecutivo Federal presentó un paquete de legislación secundaria a la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión que comprende 21 leyes, agrupadas en nueve iniciativas:**

- 1.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de Hidrocarburos y se reforman diversas disposiciones de la Ley de Inversión Extranjera; Ley Minera; y Ley de Asociaciones Público Privadas;
- 2.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de la Industria Eléctrica;
- 3.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de Órganos Reguladores Coordinados en materia energética y se reforman diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal;
- 4.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expiden la Ley de Petróleos Mexicanos y la Ley de la Comisión Federal de Electricidad, así como las reformas a diversas disposiciones de la Ley Federal de las Entidades paraestatales; Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, y Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las Mismas;
- 5.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos;
- 6.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de Energía Geotérmica y se reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales;
- 7.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos;
- 8.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se expide la Ley del Fondo Mexicano del Petróleo para la estabilización y el Desarrollo, y
- 9.- Iniciativa con proyecto de Decreto por el que se reforman diversas disposiciones de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.



## **CONCLUSIONES**

El proyecto que inició en Zitácuaro, Michoacán, en 2007, utilizó nopal con alto potencial, teniendo condiciones favorables para su cultivo, como la posición geográfica, los climas predominantes, el tipo de suelo, orografía, humedad y temperatura y desde luego la asesoría técnica y la biotecnología innovadora.

Esta aplicación novedosa del nopal, como fuente de energía, requirió de un proceso anaerobio y el diseño y construcción de equipo para la obtención del biogás a partir de biomasa formada por cactáceas, del género ficus indica, variedades, esmeralda y chicomostoc, con registros de productividad superiores a las 800 toneladas/hectárea/año, con un contenido calorífico por unidad de biomasa de los más altos, transformando la biomasa en biocombustible, con particulares ventajas sobre otras, ya que el biogás obtenido, tiene partículas mínimas de ácido sulfhídrico y su producción es rápida debido a que los tiempos de residencia son cortos.

Por otra parte y en el contexto real de la situación energética en México, de los combustibles fósiles, la Reforma Energética, contempla subsanar el déficit del país, con el suministro de hidrocarburos, combustibles y de gas, a través de la exploración y extracción en aguas profundas y de la extracción del shale gas, ofertando la reducción de tarifas de electricidad y el precio del gas.

Y que hasta este momento, mientras no se implemente adecuadamente la Reforma Energética, se seguirá atendiendo la demanda, importando dichos productos a precios muy elevados, que nos saca de la competencia internacional en la manufactura de productos mexicanos, encareciendo los servicios y productos de consumo básico, por las altas tarifas de gas, electricidad, diésel y gasolina.

México se propone detonar sus recursos de shale gas, para corregir su déficit de producción y equilibrar sus finanzas, para ello requiere

de fuertes inversiones, sean éstas públicas, privadas, nacionales o extranjeras. El punto medular estaría en los mecanismos de defensa y blindaje que el Gobierno Federal implemente, basado en la Constitución Federal, para defender la soberanía nacional, de la voracidad de los reyes del dinero, depredadores del medio ambiente.

Los constantes conflictos en Medio Oriente, confirman el dicho de Henry Kissinger, Exsecretario de Estado Norteamericano: “Controla el petróleo y controlarás países, controla los alimentos y controlarás a la gente” Lo cual es cierto, pero también es cierto que con tecnología y energía propia, se puede propiciar el desarrollo económico del país y la reactivación del “campo mexicano en ruinas”

Otro aspecto que no precisa la Reforma Energética, son los mecanismos a emplear para evitar un ecocidio. En Estados Unidos, que vive en estos momentos el “boom” del shale gas y precios bajos en combustibles, hay voces divergentes que se oponen a la práctica del “fracking” por el daño ambiental.

La SENER, ha anunciado la creación de una empresa para la extracción y explotación del shale gas, lo que da lugar a muchas interrogantes:

¿México tiene la tecnología para la exploración y explotación del shale gas?

La respuesta es sí, el fracking o fractura miento hidráulico, ya lo ha puesto en práctica PEMEX, realizado pruebas exitosas, en Chicontepec, Veracruz.

¿Es rentable para PEMEX la explotación del shale gas?

Sí lo es, pero la inversión es muy alta y el periodo de recuperación es largo, por eso se privilegia la entrada de inversiones extranjeras.

¿El fracking o fracturamiento provocaría daños ambientales?

Desde luego que sí, si no se toman las medidas preventivas y adecuadas, ya que se obtiene gas metano y con ello la generación de mayores emisiones de gases de efecto invernadero, agravado por el uso de combustibles fósiles en la operación de los pozos, exponiendo al manto freático, por los químicos utilizados, provocando además sismos recurrentes, de baja magnitud por el uso de explosivos.

El éxito del shale gas, sólo será posible, si la SENER, y todas las dependencias involucradas garantizan el blindaje ambiental y la obtención de recursos financieros provenientes del sector privado, sea este nacional o extranjero.

¿Bajarán los precios del gas y las tarifas de la luz?

La respuesta no será a corto plazo, ni se puede pronosticar nada, sino después de 2016. Los precios de los combustibles en México son caros en comparación con Estados Unidos, más aun, con la novedad de la irrupción del shale gas en el mercado, lo que coloca a nuestro petróleo de exportación en desventaja. México tendrá que explorar nuevos mercados.

El Senado de la República, a través de sus voceros, ha anunciado que los precios del gas natural, gasolina y tarifas de electricidad permanecerán igual hasta el 2015.

¡Continuarán los gasolinazos y con ello la creciente irritabilidad social!

Requiere el Gobierno Federal, responder a la confianza que le ha brindado la mayoría del pueblo mexicano, por lo que resulta urgente, dar respuesta inmediata, con una eficiente planeación estratégica en materia de energía, que satisfaga el abasto de gas y de combustibles a precios competitivos, que incentiven y promuevan proyectos de inversión; y que detone a las energías renovables para compensar los terribles efectos de los gases de efecto invernadero. Es decir, una planeación estratégica con desarrollo sustentable, que garantice al país beneficios económicos, sociales y ambientales.

Cuatro años después, del inicio de la generación de biogás y electricidad con nopal en la planta piloto de Zitácuaro, Michoacán, se cumple con este trabajo, el propósito de compartir la experiencia de un caso de éxito, que bien se puede detonar y replicar como la culminación de esfuerzos encaminados a proteger el medio ambiente, crear empleos y generar polos de desarrollo.

La empresa ha reestructurado su infraestructura física al 100%, con el apoyo de la SAGARPA, actualmente cuenta con su propia plantación de nopal y biodigestor.

Los entregables del proyecto hecho realidad son: Biogás, electricidad, agua nitrogenada, humus orgánico y se encuentra en posibilidades

de comprimir el biogás para vehículos automotores de la empresa, sustituyendo el uso de gasolina, coadyuvando a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, que tanto dañan al ser humano, que provocan el calentamiento global y el cambio climático con las tragedias ya conocidas en diversas entidades del país.

Un futuro prometedor está al alcance de México con la biomasa del nopal y lo más importante, es que se trata de tecnología mexicana, que es una realidad, con una planta piloto funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos social, económico y ambiental con las siguientes ventajas:

- Crea empleos.
- Crea polos de desarrollo, transformando la realidad local.
- Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume bióxido de carbono transformándolo en ácido málico.
- Revitaliza la tierra erosionada.
- La generación de biogás y electricidad con nopal, no produce gases de efecto invernadero, no provoca lluvia ácida.
- Genera ingresos por la vía de bonos de carbono.
- Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes orgánicos que elevan la productividad en el campo.
- Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina.
- El nopal se puede sembrar en prácticamente todo el territorio nacional y requiere poca agua.

Es una energía, limpia y sustentable, que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética, estaría incompleta y sería excluyente.



## ANEXOS

### Publicaciones y archivo documental

#### BREVE REFERENCIA DEL AUTOR

Miguel Aké Madera. Apasionado profesor e investigador de energías renovables, fungió como director técnico del exitoso Proyecto Zitácuaro, "reconversión energética de México". Ing. Electricista, por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN. Maestría en administración pública; por el Instituto Nacional de Administración Pública, A .C. (INAP); y maestro en administración pública por la Universidad del Desarrollo de Puebla. Coordinador técnico del proyecto piloto, Energías no convencionales para generar energía eléctrica, mediante sistema híbrido solar y eólico, en Che Balam, Yucatán. CINVESTAV IPN. Unidad Yucatán. Director fundador de las Escuelas Secundarias Técnicas 68 y 76, en D.F. En el CONALEP, ha sido director de los planteles: Mérida II, Los Reyes la Paz, Bernardo Quintana Arrijoja; y coordinador de Evaluación Educativa a nivel nacional. En la DGETI, ha sido director de plantel, subdirector regional y subdirector de operación a nivel nacional. En el IPN, es profesor titular "C" y ha desempeñado los siguientes cargos: Subdirector administrativo del CECyT Wilfrido Massieu, director del Centro de Educación Continua, Unidad Tampico y director fundador del Centro Regional para la Producción Más Limpia de Tabasco. Ha sido Representante del Gobierno del Estado de Yucatán en el D. F. Coordinador del proyecto de generación de energía limpia, a partir de la biomasa del nopal, planta en plena operación y generación de gas y electricidad, en Zitácuaro, Michoacán, de 2009 a la fecha. Integrante de la Comisión Ejecutiva, Sección 60 del SNTE-IPN. Publicaciones: Energías no convencionales para generar energía eléctrica, mediante sistema híbrido solar-eólico, en Che Balam, Yucatán. CINVESTAV IPN. Unidad Yucatán. 1984. Implantación simultánea del Sistema de Gestión de la Calidad, en 25 planteles de la DGETI, en el

Estado de México, con aplicación de la Norma ISO 9000, un modelo de reingeniería de procesos y mejora continua basado en un sistema de gestión de calidad con referencia en la norma ISO 9001-2000, aplicando la Guía IWA-2. UNIDES 2007 ***Nopal fuente excepcional de energía limpia y sustentable. IPN-SNTE 2014.***



Mayo de 2014, al fondo el nopal ficus indica, variedad chicomostoc, con rendimientos superiores a las 800 toneladas/Hectárea/año, utilizado para la obtención de biogás, a través de un proceso de digestión anaeróbica, Zitácuaro, Michoacán

**Punto de acuerdo**

**Único.-** El Senado de la República exhorta respetuosamente a la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública de la Cámara de Diputados para que en la distribución de los recursos en el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013, destinen y etiqueten recursos para crear proyectos de instalación que genere energía renovable a partir de la biomasa del nopal.

Suscribe

**SEN. LUISA MARÍA DE GUADALUPE CALDERÓN HINOJOSA**

Senado de la Republica, a los veinte y dos días del mes de noviembre del año dos mil doce.

*Senador Ernesto Cordero Arroyo  
Presidente de la Mesa Directiva de la  
H. Cámara de Senadores  
Presente.*

*La suscrita Senadora **LUISA MARÍA DE GUADALUPE CALDERÓN HINOJOSA** integrante del Grupo Parlamentario del Partido Acción Nacional de la LXII Legislatura, de conformidad con lo previsto en el numeral I fracción II del artículo 8, 108 y 276 del Reglamento del Senado de la República, somete a consideración de esta soberanía la siguiente Proposición con Punto de Acuerdo por el que solicita a la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública de la Cámara de Diputados para que en el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013 etiqueten recursos para crear proyectos de instalación de energía biomasa del nopal, al tenor de las siguientes:*

**CONSIDERACIONES**

*En México en el último sexenio se ha hecho un esfuerzo importante por diversificar las fuentes de energía limpia y renovable a través de construcción de campos de energía*

*eólica y presas para energía hidroeléctrica para el desarrollo sustentable del país.*

*De acuerdo a datos proporcionados de Proméxico, entre 2008 y 2011 México ha logrado inversiones por 5 mil 931 millones de dólares para la inversión de proyectos de energía renovable, y a la fecha existe una cartera por otros 8 mil 648 millones de dólares de potenciales negocios hidroeléctricos, eólicos y solares.*

*Es nuestro país uno de los 15 países con mayor biodiversidad y entre sus recursos naturales, y como planta endémica se encuentra el nopal, que hasta ahora sólo ha sido utilizado como alimento y en algunos casos como previsor de ciertas enfermedades pero cuyo valor de biomasa hay que comenzar a considerar entre sus opciones de uso, explotación y fuente de energía, y de impulso al desarrollo sustentable. Su producción es de bajo costo y el beneficio es mucho mayor que sus costos.*

*Además el uso del nopal para la generación de energía, vendría a romper paradigmas, pues que su transformación y uso agroindustrial con algo rendimiento de producción por hectárea ayudaría a desarrollar proyectos paralelos y nutriría la tierra donde está muy cansada.*

*La lombricultura está ligada al proceso de generación de energía del nopal, al producir humos orgánicos que tienen como beneficio además, que el agua utilizada para este proceso de generación de gas sea reutilizada como fertilizante.*

*Enfatizo sobre las características fundamentales que hacen del nopal uno de los vegetales idóneos, desde el punto de vista de la ingeniería: Se trabaja a bajas presiones y temperaturas ambientales, permite la creación de plantaciones en climas desérticos y semidesérticos, también permite el desarrollo exponencial de las plantaciones a un bajo costo. Y, lo más importante; el nopal es la planta cuyo componente de biomasa es el de mayor proporción: Una planta madre produce una biomasa de 7 a 15 años siendo a largo plazo la producción de 800 a 1,200 toneladas.*

*La generación de gas, electricidad y etanol, a partir de la biomasa del nopal es sin duda la aplicación de las energías renovables que tiene un mayor potencial para México y los productores están dispuestos a sumarse en proyectos de transformación, sólo falta el impulso financiero. Es por ello que se requiere que en el próximo Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013, la Cámara de Diputados etiquete recursos para realizar proyectos que generen energía renovable a partir de la biomasa del nopal. Ante lo expuesto y fundado, someto a la consideración de esta Honorable Asamblea el siguiente:*

*Punto de acuerdo*

*Único.- El Senado de la República exhorta respetuosamente a la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública de la Cámara de Diputados para que en la distribución de los recursos en el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013, destinen y etiqueten recursos para crear proyectos de instalación que genere energía renovable a partir de la biomasa del nopal.*

*Suscribe*

**SEN. LUISA MARÍA DE GUADALUPE CALDERÓN HINOJOSA**  
*Senado de la Republica, a los veinte y dos días del mes de noviembre del año dos mil doce.*

Organización de las Naciones  
Unidas para el Desarrollo  
Industrial



United Nations Industrial  
Development Organization

Naucalpan de Juárez, Estado de México, a 12 de diciembre de 2012  
ONUDI/MX/C/1806

C. Dip. Mario Miguel Carrillo Huerta  
Subcomisión de Seguimiento de la Producción  
Científica y Tecnológica  
Comisión de Ciencia y Tecnología  
LXII Legislatura  
H. Cámara de Diputados  
**PRESENTE**

Como es de su apreciable conocimiento, dentro las actividades que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial lleva a cabo en el país se encuentran las relativas a las energías no convencionales, marco en el cual hemos estado brindando asesoría técnica al proyecto "Desafío Energético Zitácuaro", cuyo principal objetivo es desarrollar localmente la tecnología necesaria para producir biogás a partir de la biomasa del nopal.

En este sentido, dado el importante grado de avance que ha logrado alcanzar el citado proyecto por esfuerzo propio, y en consideración del impacto que puede tener en desarrollo tecnológico dirigido a la competitividad de las pequeñas y medianas empresas nacionales, además de los beneficios ambientales que conlleva, consideramos que el proyecto cuenta los méritos necesarios para ser incluido dentro del PEF 2013, tanto de la Comisión de Ciencia y Tecnología como de la Comisión de Energía.

Actividades como la que nos ocupa, fortalecen el desarrollo científico y tecnológico nacional, a la vez que colocan a las pequeñas y medianas empresas en el camino hacia el desarrollo sustentable.

Me reitero a sus órdenes y aprovecho la oportunidad para reiterarle las seguridades de mi consideración distinguida.

Ramiro Magaña  
Coordinador Nacional  
Oficina Regional para México, América Central y  
El Caribe



# DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

ORGANO DEL GOBIERNO CONSTITUCIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Tomo DCCXI      No. 18      México, D.F., jueves 27 de diciembre de 2012

## CONTENIDO

Secretaría de Gobernación  
Secretaría de Hacienda y Crédito Público  
Secretaría de Desarrollo Social  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Secretaría de Economía  
Secretaría de Salud  
Consejo Nacional de Normalización y Certificación  
de Competencias Laborales  
Banco de México  
Convocatorias para Concursos de Adquisiciones,  
Arrendamientos, Obras y Servicios del Sector Público  
Avisos  
Indice en página 110

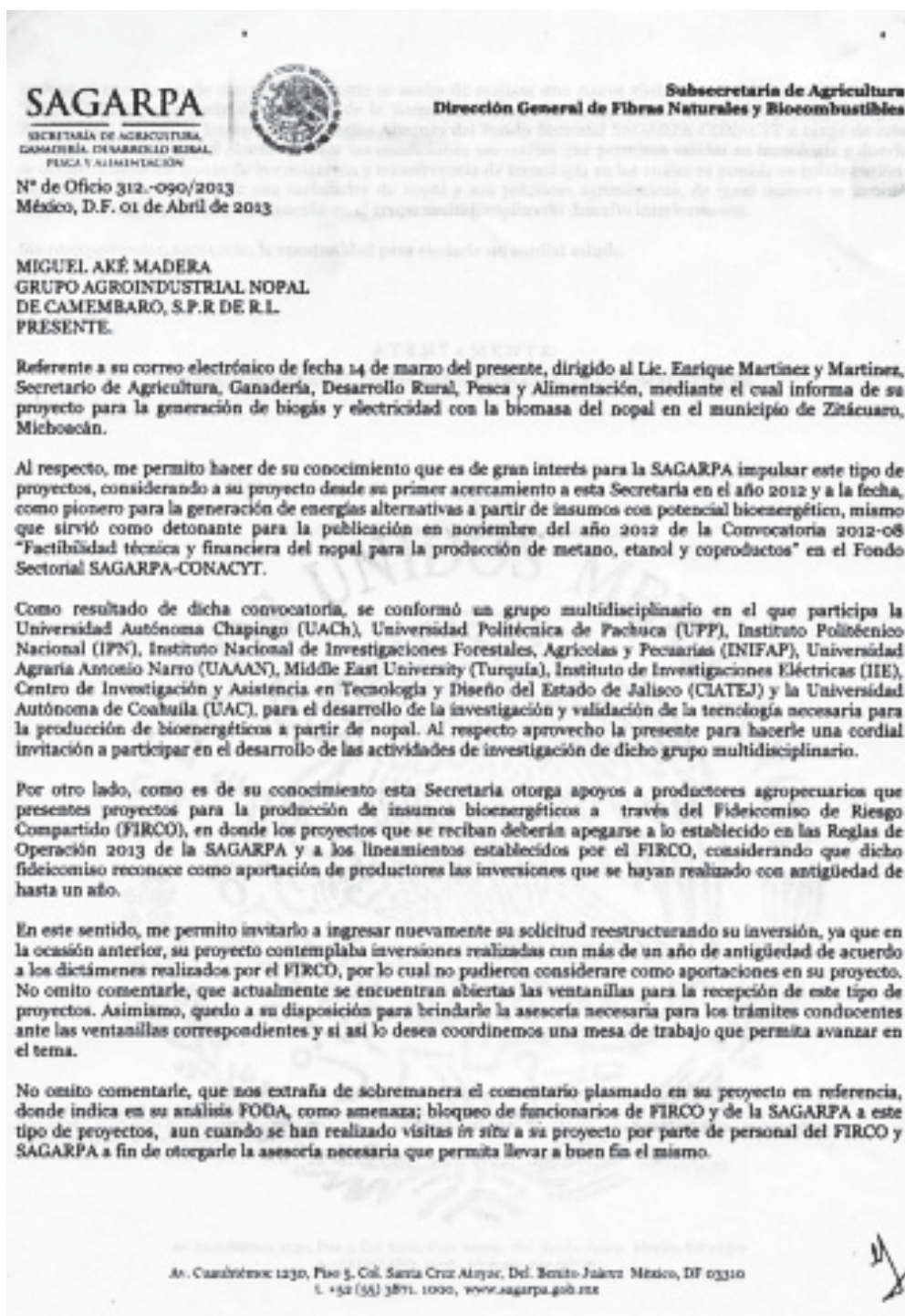
---

\$40.00 EJEMPLAR

Proyectos Estratégicos para el Desarrollo del Estado de Sonora	50,000,000
Rehabilitación de pavimento asfáltico en el camino Acapulco-Zentla-Ejido La Piña en Veracruz	28,500,000
Circuito vial Rosales (Rosales sur-9 de diciembre-Mochis-Topo) en Los Mochis, Sinaloa	115,000,000
Apoyo a la movilidad urbana y renovación del parque vehicular público en el Distrito Federal	450,000,000
Modernización de carretera paso por Bacum, en el municipio de Bacum, Sonora	36,000,000
Boulevard de las Culturas en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua	9,387,536
<b>Infraestructura Social</b>	<b>512,000,000</b>
Producción social de vivienda en el municipio de Jalapa, Veracruz	12,000,000
Proyectos de Infraestructura Social en Chihuahua	400,000,000
Proyectos de Infraestructura Social en León, Guanajuato	100,000,000
<b>Infraestructura Turística</b>	<b>125,000,000</b>
Parque temático Culiacán, Sinaloa	125,000,000
<b>Medio Ambiente</b>	<b>61,500,000</b>
Fortalecimiento del sistema de viveros forestales y producción de especies nativas para la región centro en Aguascalientes	10,000,000
Programa "Yo ahorro energía por un estado verde" en Aguascalientes	5,500,000
Reforestación de 1400 has. de ecosistema, conservación de suelos y absorción de agua en la sierra de Santa Martha, Mecayapan, Sotepan, Tahaucapanpan, en Veracruz	11,000,000
Proyecto de generación de energía limpia y renovable del Estado de Sonora	35,000,000
<b>Proyectos de Cultura</b>	<b>361,351,169</b>
Casa de la juventud en Aguascalientes, Aguascalientes	30,000,000
Construcción teatro en la Cd. de Los Mochis, Sinaloa	100,000,000
Inversión en Cultura en Baja California	45,000,000
Segunda etapa de la actualización del Museo de Historia Mexicana en Monterrey, Nuevo León	6,000,000
Construcción de la casa de la Cultura en Buenaventura, Chihuahua	2,100,000
Remodelación Auditorio Luis H. Álvarez en Ojinaga, Chihuahua	3,640,958
Centro Cultural Santa Isabel en Chihuahua	3,499,473
Plaza de la Cultura en Coyame, Chihuahua	1,151,914
Construcción del teatro al aire libre en la cabecera municipal en Ayutla, Jalisco	8,000,000
Centro de las Artes e Investigación Estéticas (Universidad Autónoma de Nuevo León)	150,000,000
Segunda etapa de la construcción de Biblioteca archivo Municipal en Guanajuato, Guanajuato	11,958,824
<b>Proyectos de Deporte</b>	<b>738,370,675</b>
Academia y museo "Reino de Béisbol" en Culiacán, Sinaloa	125,000,000
Campo de béisbol infantil Insude en Baja California Sur	8,000,000
Campos de béisbol con pasto sintético en Tortugas, Todos Santos y en Santiago, Baja California Sur	25,000,000
Canchas de fútbol con pasto sintético en puerto San Carlos, la Rivera y Guerrero Negro, Baja California Sur	27,000,000
Centro deportivo Petatlán, Taxco, Olinia, Ormepec, Atzac, Leonardo Bravo, Tecolapá, Cuajnicuilpa, Jagüey, Pantitlán, Acatlán y cabeceras municipal de Pungarabato, Quechultengo, Coyuca de Benitez en Guerrero	70,000,000
Construcción de campo de béisbol en Sabinas, Coahuila	1,200,000
Construcción de conjunto deportivo "La Parcela" en Arteaga, Coahuila	4,200,000
Construcción de polideportivos en Rincón de Romos, Aguascalientes	18,000,000
Construcción, rehabilitación y equipamiento de unidades deportivas en los municipios de Escobedo, Apodaca, Monterrey, Santiago, Cadereyta en Nuevo León	50,000,001
Inversión en Deporte en Baja California	45,000,000
Rehabilitación de espacios deportivos en las localidades de Pueblo Insurgente, Satélite Norte, Satélite Sur, Guanajuato y Satillo 2000 en Satillo, Coahuila	5,200,000
Remodelación área existente y ampliación de tribunas del estadio defines de la UNACAR en Campeche	25,000,000
Deportivo Mexico Nuevo en el Estado de México	33,000,000
Construcción de Centro de Desarrollo Deportivo Industriales del Vidrio en Nuevo León	74,781,372
Infraestructura deportiva en Monterrey, Nuevo León	137,000,000
Circuito Infantil (BUAP) en Puebla	61,000,000
Infraestructura Deportiva en Sonora	10,000,000
Rehabilitación y equipamiento del parque deportivo El Cedazo, en Aguascalientes, Aguascalientes	12,000,000
Construcción de módulos de servicios sanitarios-vestidores y dignificación de acceso en la deportiva Torres Landa en Guanajuato, Guanajuato	6,989,302
<b>Proyectos de Transporte</b>	<b>108,000,000</b>
Infraestructura para mejorar el transporte público de pasajeros en el municipio de Guadalajara, Jalisco	108,000,000
<b>Servicios de Salud</b>	<b>119,668,288</b>
Construcción de 3 centros de salud en Linares, Nuevo León	743,688
Construcción de Centro de Salud en la localidad de San Miguel de Zapote en Techaluta de Montenegro, Jalisco	2,679,600
Rehabilitación del Hospital General Moctezuma, en Moctezuma, Sonora	36,245,000
Clinica en Iztapalapa para pacientes con VIH en el Distrito Federal	80,000,000
<b>Servicios Educativos</b>	<b>569,177,093</b>
Concluir la primera etapa de la edificación del campus universitario sur de la UAA en Aguascalientes, Aguascalientes	92,580,322
Construcción de infraestructura de nivel básico y medio superior en Sonora	150,000,000
Fortalecimiento de los centros de educación y cultura ambiental en San José de Gracia, Aguascalientes	10,500,000
Museo de historia casa del teniente rey en San Francisco de Campeche, Campeche	163,100,000
Universidad de Puebla en Puebla, Puebla	20,000,000
Laboratorio Multifuncional para el Instituto Tecnológico de Aguascalientes en Aguascalientes	30,000,000
Salones de Bachilleres en San Fco. Borja, Chihuahua	2,996,771
Mantenimiento de Escuelas en el Distrito Federal	100,000,000
<b>Infraestructura y Equipamiento en Seguridad</b>	<b>322,796,776</b>
Comandancia Policía en Coronado, Chihuahua	2,796,776
Adquisición, Operación y Mantenimiento de Cámaras de Seguridad en el Distrito Federal	320,000,000









## SEMANA DEL EMPRENDEDOR

## Financiamiento, clave para el éxito de Mipymes

Para algunos la mejor manera de iniciar una empresa es con una idea, es decir desarrollando un producto, ya sea nuevo o un artículo que mejore lo que ya hay en el mercado, para otros ser emprendedor llega vía la adquisición de una franquicia.

En todos los casos hay cuatro grandes elementos que limitan el éxito: la falta de financiamiento y acceso a capital; carencia de habilidades gerenciales; uso inadecuado de las tecnologías de la información y comunicación y la poca o nula información relevante de lo que pasa en los mercados, expuso el presidente del Instituto Nacional del Emprendedor, Enrique Jacob Rocha.

Sin embargo, hay empresas que logran sortear los obstáculos como nieves La Michoacanita y Grupo Agroindustrial Nopal de Camembaro, ambas son negocios cien por ciento mexicanos que esperan crecer más con más financiamiento y apoyos de expertos.

Hace más de seis años en Michoacán un equipo de mexicanos decidió sacarle provecho al nopal y no desperdiciar ni un gramo. Es así que Grupo Agroindustrial Nopal

*“La Michoacanita y Grupo Agroindustrial Nopal de Camembaro son negocios cien por ciento mexicanos que esperan crecer más con más financiamiento y apoyos de expertos”*

de Camembaro, además de elaborar tortillas, totopos y productos de maíz con nopal, genera energía eléctrica, biogás y está en la fase experimental de producción de combustible para autos, que en este mismo año podría ser una realidad, explicó el director técnico de dicha empresa, Miguel Ángel Ake Madera.

Por cada 10 hectáreas de nopal generan 35.5 kilowatts de energía eléctrica y 800 metros cúbicos de biogás, combustibles que no contaminan por la naturaleza del insumo.

Desde 2006 obtuvieron el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, además de que contaron con la asesoría del Instituto de Investigaciones Eléctricas y de la Universidad de Chapingo, expuso Ake Madera.

**70 años y contando**

El caso de La Michoacanita es también otro caso de éxito, al ser una empresa por la que han pasado tres generaciones, de una familia que logró mantener la marca por más de 70 años en el mercado mexicano.

Uno de los objetivos de esa firma de helados es ofrecer en cada bola de nieve un valor nutricional comparable a una pieza de pollo, lo cual se logra al integrar frutas y no sabores artificiales en su preparación, afirmó su dueño, un mexicano que prefirió mantenerse en el anonimato.

Con la misión de conquistar a México y al mundo buscan financiamiento para su expansión, además de que ofrecen franquicias para vender helados, con una inversión de 10 mil, 35 mil y 150 mil pesos. Además, buscan terminar con



Miguel Ángel Ake Madera. (Foto: Cortesía)

las tiendas piratas que usan el nombre de La Michoacana o La Michoacanita, platicando con ellas y pidiéndoles que estandaricen la calidad del producto. (Ivette Saldaña)

¡Buenos días! DOMINGO, 11 DE AGOSTO DE 2013 Año LXVI, No. 21,773

# LA VOZ DE MICHOACÁN

LA VOZ DEL PUEBLO HECHA PERIÓDICO

**"MEMORIA COLECTIVA"**

Colecciona los mejores cartoons de los últimos 57 años; una destacada selección de la obra gráfica de Efraim, Orozco, Medina y Rodríguez

HOY **EFRÁIM** "Independencia y Revolución" AÑO: 1987

Búscalos gratis con tu periódico, cada domingo

ECOLOGÍA | EMPRESARIOS CREAN MODELO

## Genera Michoacán biogás de nopal

BIODIGESTOR PRODUCE 600 METROS CÚBICOS DE GAS AL DÍA; IPN APOYA EL PROYECTO EN EL ORIENTE ESTATAL

FRANCISCO JAVIER TORRES,  
La Voz de Michoacán

Productores michoacanos lograron generar biogás a partir del nopal, con apoyo del Politécnico Nacional. Las 9 hectáreas nopaleras en la co-

munidad de Camónharo generan hoy día, a través del biodigestor más grande del estado, energía suficiente para abastecer 12 tortillerías y vehículos.

¡ PÁGS. 12 y 13A !

Alta energía | Michoacanos innovan ecológicamente.



8 toneladas de nopal se producen en el Rancho de los Locos, municipio de Zitacuaro

9 hectáreas, el área donde se siembra la cactácea, en el oriente michoacano

3 años de investigaciones y trabajo se necesitaron para consolidar el proyecto



### Brilla el cobre

Salvador Escalante, Mich.- En un entorno de fiestas, un colorido desfile y la exhibición de verdaderas obras de arte fue inaugurada por artesanos, autoridades municipales, estatales y federales la Feria Nacional del Cobre, en su edición 48. Sin embargo, no todo es positivo los cobreros y el edil de Salvador Escalante reconocieron que la comunidad artesanal está en crisis.

¡ PÁG. 26 !

PASIÓN JORNADA CINCO

### ¡Ni tan fiera!

Monarcas Morelia sacó un valioso empate de visitante ante el León, en un partido trabado en la media cancha y por momentos violento; Monarcas se mantiene en la zona alta de la Tabla General; la mala noticia es que Montero y Mancilla salieron lesionados. ¡ PÁG. 20 !



### Crisis congela operatividad de la Sejovent

PAOLA FRANCO, La Voz de Michoacán

¡ POR FALTA DE RECURSOS PROPIOS NO HAN APLICADO PROGRAMAS SOCIALES; EL 60% DEL PRESUPUESTO ES DESTINADO A BUROCRACIA

¡ PÁG. 6A !

www.vozdemichoacan.com.mx Facebook: lavozdemichoacan Twitter: @vozmichoacan Vía móvil QR: \$15.00

DIRECTOR FUNDADOR: JOSÉ TOCAVÉN LAVÍN (☛) PRESIDENTE Y DIRECTOR GENERAL: LIC. MIGUEL MEDINA ROBLES

DIARIO MATUTINO \$15.00

ECOLOGÍA | EL NOPAL ES GENERADOR DE ENERGÍAS RENOVABLES

# Michoacán produce biogás

CON EL APOYO DEL POLITÉCNICO NACIONAL, SE LOGRÓ EL APROVECHAMIENTO DEL PRODUCTO; TAMBIÉN SE PRODUCIRÁ ENERGÍA ELÉCTRICA

FRANCISCO JAVIER TORRES, La Voz de Michoacán

Productores de nopal de Zitácuaro han logrado consolidar la generación energética al demostrar cómo a partir de la descomposición del nopal se puede generar biogás y ahora electricidad. De acuerdo con Rogelio Sosa, presidente del Sistema Producto Nopal y Tuna en Michoacán, la empresa instalada en la sierra del Oriente es un referente nacional para demostrar las bondades del producto agrícola. "La industria del nopal está destinada a convertirse en una alternativa de soluciones de generación de alimentos, energía, conservación de terrenos y captura de carbono, además de los muchos empleos que se pueden generar en cualquier comunidad", resaltó.

Esta industria nació buscando la manera de lograr alimentos en el proceso de la tortilla, luego que el empresario Rogelio Sosa se dedica a la elaboración de ese alimento, pero secundariamente inverta miles de pesos en gas licuado de petróleo (GLP), por lo que lo primero que buscó fueron calentadores solares para el agua del restaurant, sin embargo, en una producción a gran escala apenas representara mínima parte de la energía que piden los tortilleros.

Fue así como inició la búsqueda de un energético alternativo barato, luego de años de experimentar, encontró el biogás, generado a partir de la descomposición de estiércol, pero contando con la asesoría del Instituto Politécnico Nacional, quienes se dieron a la tarea de buscar qué planta puede generar mayor cantidad de biogás y en menor tiempo, por lo que rápido se concluyó que sólo se puede hacer con el nopal; a partir de ahí generaron el biodigestor más grande que existe en Michoacán y posiblemente en América Latina.

"Se dice fácil, pero fueron años de esfuerzo e inversión que corrimos por nuestra cuenta, a pesar de que tocamos infinidad de puertas, es hasta ahora, que demostramos que puede ser posible, cuando decidimos intentarlo a ver nuestro logro", explicó Miguel Ángel Aké, investigador del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y asesor técnico de este proyecto.

Luego de casi tres años de investigación y esfuerzo, ya está consolidada una planta de biogás en la comunidad de Camémbaro, en el municipio de Zitácuaro, capaz de pro-

ducir la cantidad de gas suficiente que requieren 12 empresas tortilleras, o abastecer a camiones que utilizan este energético de combustible.

Las bondades que han logrado han obligado incluso a que se tengan que aprovechar los nopales como alimento alternativo, es tanta la producción que se logra en 2 hectáreas que no sólo alcanza para producir el gas natural, incluso se aprovecha para elaborar tortillas, tostadas y tlapalos a partir de los nopales.

"El gas que se está generando inculca es suficiente para poder generar energía eléctrica, gracias a los cocedores se buscó cómo aprovecharlo primero se pensó en obtener un compresor para poder meter el gas en tanques de automotrices, pero se seguía produciendo en exceso, en 2012 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se interesó por el proyecto, ellos lo miraron como una alternativa para generar energía, fue así como nació la idea de generar electricidad a partir del gas que se seguía produciendo", resaltó Rogelio Sosa, presidente del Sistema.

Aunque la CFE sigue merodeando el proyecto, no se apropió de él luego que no era la única empresa que buscaba hacerse del paquete tecnológico, por lo que Rogelio Sosa y Miguel Aké, buscaron como seguir validando el proyecto ante el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI), aun así ha demostrado ser tan valioso que organismos internacionales de ayuda humanitaria han solicitado demostraciones para ver la factibilidad de replicarlo en países latinos como una alternativa barata para generar energía.

Ella ha sido motivo para que los representantes del grupo Agroindustria Nopal de Camémbaro, fueran de los principales invitados a participar en la Semana del Emprendedor, realizada en el Centro Banamex, en la Ciudad de México y auspiciada por la Secretaría de Economía y por el recién creado Instituto Nacional del Emprendedor que fue inaugurada por Enrique Peña Nieto.

En entrevista con el presidente del Sistema Producto Nopal, explicó que en este evento los alimentos a partir de este elemento, fue calificada como una de las empresas más exitosas, luego que el Grupo agroindustrial Nopal de Camémbaro, y sus

Opera en la entidad el biodigestor más grande de América Latina

El gas que se está generando incluso es suficiente para poder generar energía eléctrica. La Comisión Federal de Electricidad está interesada en el proyecto.

<b>600</b> METROS Cúbicos de gas produce el biodigestor	<b>4</b> EMPLEOS permanentes por hectáreas generan	<b>8</b> TONELADAS por hectárea produce por día en Rancho Los Looos	<b>9</b> HECTÁREAS donde siembran nopal y está el biodigestor	<b>50</b> FAMILIAS pueden obtener energía eléctrica y gas	<b>3</b> AÑOS para consolidar el proyecto
---	--	---	---	---	---



EN LA ASSEMBIA DEL POLITÉCNICO NACIONAL, PRODUCTORES DE NOPAL DE TITACUARO DEMUESTRAN QUE ESTE PRODUCTO PUEDE SER FUENTE DE ENERGÍA AL ESTADO.

empresas vinculadas, Nopalines y El Manjar del Campo, recibió en promedio la visita de más de mil personas por día en su pabellón, al menos la mitad de ellos se mostraron muy interesados por conocer el proceso de generación de biogás y electricidad a través de la biomasa del nopal, así como la oportunidad de destruir de los productos que elaboran sus empresas, como tortillas de maíz de nopal, tlapalos y sus derivados.

Para el empresario de la masa y la tortilla el logro fue que se propuso hacer las cosas bien, en buscar la ma-

nera de dar la huella en el mundo desde su negocio, buscando abaratar los costos de producción para ofrecer beneficios a sus clientes. "Habría sustituir la energía que se utiliza para la cocción del maíz. Así, fue el primero en México en colocar paneles solares con capacidad para calentar 10 mil litros diarios de agua y dejar de consumir más de 200 litros de gas por semana. Desde ese momento descubrió lo redituable que es utilizar energías renovables, y con el compromiso social y humano, pensó en abaratar el

costo de la tortilla, dado que logró disminuir el costo de producción, sin embargo sus colegas de la industria no se mostraron dispuestos a permitir una caída en los precios. Pero no estar en conflicto con los industriales, mantuvo el precio comercial, pero buscó entregar a sus clientes un producto de calidad, que por cada peso pagado las amas de casa vieran el valor de lo adquirido; así, determina dar a sus tortillas y productos derivados del maíz un toque nutricional incorporándole semilla de girasol, nopal, lecitina de

soya, linaza y amaranto. El biodigestor no salió barato, de hecho, salió mucho más caro de lo previsto a pesar de que en su construcción se usaron piezas usadas, como tanques viejos pero funcionales, tramos de conductos reutilizados, pero eso sí, no se escatimó en la relación a la seguridad, aspecto en el que todo fue nuevo y reforzado. En el difícil camino de la construcción del biodigestor, que duró por lo menos 3 años en consolidarse, se tuvo que utilizar la artesanía mexicana en todo su esplendor.

**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Subsecretaría de Planeación y Transición Energética

Dirección General de Sustentabilidad

Oficio No.- DGS/211/909/2014.

México, D.F., a 10 de enero de 2014.

**M. en C. Miguel Ángel Aké Madera**

El Manjar del Campo.

Nopolimes.

Asunto: respuesta a solicitud ciudadana.

Sirva la presente para enviarle un cordial saludo y para agradecer los deseos vertidos en su escrito expedido a la Presidencia de la República, en el cual, además ofrece la participación y experiencia profesional en el campo de las energías renovables, fundamentalmente a partir de la biomasa del nopal.

En respuesta a su exposición, le comunico que esta Dirección General se encuentra interesada en conocer de manera detallada los aspectos, técnicos, financieros y sociales, como trabaja el programa de utilización de la opuntia que su organización exitosamente ha logrado aprovechar.

Por lo anterior, en medida de su tiempo, le solicitamos envíe al correo electrónico [apener@energia.gob.mx](mailto:apener@energia.gob.mx), un resumen general de los planes de utilización y producción del vegetal, para analizar los pormenores del proyecto y poder valorar el adoptarlo como iniciativa para la generación de energía como fuente renovable.

Sin más por el momento, quedo de Usted para cualquier duda o aclaración.

**ATENTAMENTE**  
**DIRECTOR GENERAL DE SUSTENTABILIDAD.**

**LIC. EFRAÍN VILLANUEVA ARCOS.**

C.c.p. Mtro. Leonardo F. Echán Rodríguez - Subsecretario de Planeación y Transición Energética (Turno No. 1/30122014)  
Mtro. Manuel Amanda Ceballos - Jefe de la Oficina del Secretario. (Atención ciudadana folio 2300072777-13)

Av. Insurgentes Sur 890, Piso 3, Col. Del Valle, Del. Benito Juárez, C.P. 03100 México, D.F.  
Tel.: 5000 6000, [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

Publicación periódico Excélsior

Nopal, de platillo típico a generador de biogás

**En Zitácuaro, Michoacán, está la planta que, en colaboración con la ONU, busca producir combustible**

Excélsior 01/06/2014 04:56 Redacción



Científicos e investigadores buscan que en un futuro inmediato se utilice el biogás como combustible de vehículos en sustitución de gasolinas e hidrocarburos fósiles. Foto: Excélsior

CIUDAD DE MÉXICO, 1 de junio.- Mientras que en el Senado se perfeccionan los términos de las leyes secundarias de la Reforma Energética, ya surgen nuevas ideas para la generación de energías alternativas que mejoren el medio ambiente y la economía de los propietarios de vehículos.

En el futuro inmediato se visualiza la utilización de biogás de vehículos de combustión interna en sustitución de gasolinas e hidrocarburos fósiles que dañan el medio ambiente y cuyas reservas van en declive y sus precios al alza.

Una empresa mexicana hizo la apuesta para disminuir los precios de combustibles amables con el medio ambiente y ya se realizaron los estudios para adecuar los vehículos de la ciudad de México para el uso

alternativo de biogás en sustitución de la gasolina. Se pretende generalizar la utilización del combustible y la generación de electricidad a bajo costo.

Luego de años de investigación, que se inició en 2007, surgió en Zitácuaro, Michoacán, el grupo empresarial Nopal de Camébaro, como sociedad de producción rural de responsabilidad limitada (SPR de RL), que opera en cooperación técnica con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), en la producción del biogás y electricidad a partir de la biomasa del nopal.

Rogelio Sosa como propietario y Miguel Aké Madera, investigador del Instituto Politécnico Nacional, como director técnico, emprendieron en 2007 el proyecto con la investigación científica de las aplicaciones del nopal y el proceso anaeróbico para la generación del biogás.

*El nopal en México, usado de manera secundaria como alimento para consumo humano en el centro del país, y como forraje para consumo animal, constituye además un gran potencial de desarrollo como una nueva alternativa para las energías renovables, como fuente energética y de generación de energía eléctrica”, explicó el investigador Aké Madera.*

*Este milenario cultivo mexicano constituye un ejemplo en el mundo como fuente excepcional generadora de energía limpia y sustentable para sustituir gradualmente a los combustibles fósiles altamente contaminantes”, agregó.*

Ambos emprendedores fueron entrevistados durante una visita a la planta, una granja agropecuaria en la que también se pretende generar energía limpia, a partir de la utilización del aire (eólica), y solar, así como a través de la biomasa del nopal.

Madera expuso que esta empresa “surge de la necesidad de utilizar energía limpia, renovable, sustentable e inagotable para dar respuesta a los requerimientos de los mercados nacionales e internacionales para reducir costos de producción y de sustituir de manera gradual el uso de combustibles fósiles que dañan al medio ambiente y cuyas reservas van en declive y por consecuencia su precios van al alza cada día”.

Refirió que fue en 2007 cuando se inició el proyecto con la investigación científica de las aplicaciones del nopal y el proceso anaeróbico para la generación del biogás, y en 2008 se realizó la técnica aplicada con la



ONUDI y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), desarrollando la generación del biogás a nivel experimental.

Por su parte, Rogelio Sosa recordó que en 2009 se inició la plantación del nopal con la selección de la especie adecuada y la construcción de la infraestructura física del biodigestor, en Zitácuaro, Michoacán.

En 2010 se inició la generación del biogás que alimenta las líneas de servicio de la empresa El Manjar del Campo, propiedad de Sosa, consolidándose en una planta demostrativa, cuya siguiente fase, que está en curso, será la de una planta comercial para suministrar biogás a vehículos.

Explicaron que al industrializar el campo aprovechan el nopal en cuatro fases: Como verdura, para recoger tunas, para producir cosméticos y medicinas, como forraje para ganado y, al final, para producir energía eléctrica y biogás.

## **DIVERSIDAD**

Su aprovechamiento en la generación de energía.

- Obtención de biogás a partir de la biomasa del nopal, como fuente excepcional de energía limpia y sustentable.
- México cuenta con 104 especies de nopal, de las cuales 53 son endémicas y con más de 12 mil hectáreas de plantaciones especializadas en verdura, que involucra a 45 mil productores de nopal, que generan más de un millón y medio de toneladas para consumo humano, tunas y forraje para ganado, con 72 mil hectáreas, que generan más de dos mil millones de pesos anuales.
- El nopal para verdura, forraje y uso agroindustrial debe ser parte de un plan para la reconversión productiva para regiones productoras que tienen problemas por baja productividad y rentabilidad.
- El paquete biotecnológico desarrollado y probado forma parte de los elementos de la agricultura prehispánica y modificada a través de procesos de hibridación, alta densidad en su plantación por hectárea y riego de temporal o tecnificado.
- Se pretende que sea rentable, aumentando la productividad que, en promedio, quintuplica la producción, es decir, se alcanzan producciones que oscilan entre las 600 y 800 toneladas por hectárea al año.



## REFERENCIAS

### CAPÍTULO 1

- La gran Tenochtitlan. "Autor: Diego Rivera. Palacio Nacional, México. Pág. 17
- Poder hipoglucemiante. Una investigación realizada por el Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales, de 1964 a 1979. Pág. 23
- Plan Rector del Sistema Producto Nopal y Tuna, elaborado en 2012. Sr. Rogelio Sosa López e integrantes de su organización. Sistema Producto Nopal y Tuna, estado de Michoacán. Pág. 19
- Nopal protector natural contra diabetes y osteoporosis. Un grupo formado por 12 científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), y la Universidad del Valle de México (UVM) -reconocidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Pág. 23
- Taxonomía, Acidez, Valor Nutricional. Aminoácidos, [http://www.giga.com/~mag/Tratado\\_Nopal.htm](http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm) Recuperado abril 2012 Pág. 8
- Murillo-Amador et al., 2006, nopal forrajero que han sido utilizadas como forrajes alternativos para alimentar ganado caprino, bovino, ovino, conejos, cerdos y aves de corral. Pág. 28
- Snyman, 2007, el nopal ha constituido una alternativa de cultivo para la obtención de frutos para consumo humano y para la alimentación de ganado. Pág. 28
- Rinehart, 2008, ecosistemas de pastizal producen materias que son altamente digestibles para animales rumiantes. Pág. 28

Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de nopal (expresado en % en base a materia seca) (Vázquez et al., 2008). Pág. 29

Carindapaz, municipio de Senguio. Estos productores establecieron un módulo productivo de grana cochinilla durante los años 1997-2002. Pág. 30

Fotos cortesía de El Manjar del Campo, Nopal, totopos y sus derivados. Pag. 31

Miretzky, Patricia y Muñoz, Carolina. 2009. Varios biomateriales como levaduras, algas, hongos, bacterias y cierta flora acuática han sido analizados, observándose una gran efectividad en la adsorción de metales.

*Opuntia streptacantha*, cuya biomasa puede ser utilizado como una planta biosorbente que remueve plomo en agua contaminada. Mediante diferentes experimentos se obtuvo una capacidad máxima de adsorción de plomo de 29 mg. por gramo de biomasa, con una eficiencia del 94%. Pág. 33

Ranking mundial de emisiones de CO<sub>2</sub>. Fuente AQUAVITAE. Reflexiones con Algore, acerca del agua. Año 7/2011/número 14 Pág. 37

## **CAPÍTULO 2**

Reforma Energética, Fuente SENER, 2013. Pág. 39

Prospectiva Energías Renovables 2013-2027 Pag. 39

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, mayo de 2014, importaciones de PEMEX, superan a las exportaciones. Pág. 40

Héctor Juan Villareal, director general del Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, (CIEP), ante la caída de la producción y exportación de crudo mexicano, así como la baja de precios, ya se están buscando nuevos destinos. Pág. 41

ONUDI, en México desde 1995 se introdujo el concepto de Producción Más Limpia, bajo el impulso de la ONUDI y el IPN. Pág. 45

- Ley General de Cambio Climático, SENER, Marco Regulatorio. Pág. 45
- Xavier Mathew, investigador de la UNAM, planta piloto solar 2009. Pág. 48
- Fig.1 SENER, comparación entre México y el mundo en materia de energías renovables. Pág. 50
- Gráfica 2 estadística de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y de México. AQUAVITAE. Reflexiones con Algore, acerca del agua. Año 7/2011/número 14. Pág. 51
- Gráfica 3. Matriz energética del sistema eléctrico mexicano, 2011. Fuente SENER. Pág. 54
- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 1 DEL FUNCIONAMIENTO DEL SECTOR HIDROCARBUROS. Fuente Reforma Energética. Pág. 57
- Gráfica 4 Reforma Energética. Fuente SENER. Pág. 58
- Gráfica 5 CNH con información del Banco de México. Pág. 59
- Gráfica 6 Sistema de Información Energética. Pág. 59
- Gráfica 7 SENER. Pág. 61
- IMAGEN QUE ILUSTRAS LA POSIBLE LOCALIZACIÓN DE YACIMIENTOS DEL SHALE GAS. Fuente SENER. Pág. 62
- Gráfica 8, US Energy Information Administration/ Petróleos Mexicanos, Promedio anual 1997-2012. Pág. 63
- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 2 CON REFORMA, Fuente SENER. Pág. 64
- Fig.2 Comparación entre México y el mundo en materia de acceso a la energía. Fuente SENER. Pág. 67
- Tabla 1. Objetivos de SE4ALL y perspectiva de los indicadores. Fuente: Sustainable Energy for All. Global Tracking Framework. 2013. Pág. 68
- Fig. 3. Comparación entre México y el mundo en materia de intensidad energética. Fuente SENER. Pág. 68

Tabla 2. Generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 69

Gráfica 9. Estimaciones de SHCP. Pág. 70

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 3 FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SECTOR ELECTRICIDAD. Fuente SENER. Pág. 70

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO 4 SECTOR ELECTRICIDAD CON REFORMA. Fuente SENER. Pág. 73

Gráfica 10. Participación de las energías renovables en la generación de electricidad para economías seleccionadas, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 75

Tabla 3. Generación hidroeléctrica, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 76

Gráfica 11. Generación hidroeléctrica para países seleccionados, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 76

Esquema simplificado de una planta hidroeléctrica. <http://sine.ni.com/> Pág. 77

Tabla 4. Generación eoloelectrica, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 78

Gráfica 12. Generación eoloelectrica para países seleccionados, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pág. 79

Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica Fuente Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Pág. 79

Tabla 5. Generación geotermoeléctrica, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pag. 82

Gráfica 13. Capacidad de generación geotérmica para países seleccionados, 2011. Fuente IEA. World Energy Statistic 2013. Pag. 83

Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Fuente Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Pág. 84

Tabla 6. Generación mediante energía, solar, 2011. Pág. 86

Gráfica 14. Capacidad de generación mediante energía solar para países seleccionados, 2011. Fuente IEA. Wordl Energy Statistic 2013. Pág. 86

Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar. Fuente Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Pág. 87

Gráfica 15. Generación mediante energía solar térmica para España y Estados Unidos, 2011. Fuente IEA. Wordl Energy Statistic 2013. Pág. 88

Tabla 7. Generación mediante bioenergéticos. Fuente IEA. Wordl Energy Statistic 2013. Pág. 89

Foto planta piloto de generación de biogás y electricidad, en Zitácuaro, Michoacán. Cortesía: Miguel Ángel Zamna Aké Montiel. Pág. 89

### **CAPÍTULO 3**

1. Shánghai Davy Energy Technology Co. Ltd., Natural Gas Compressor
2. Monografía del Nopal y la Tuna; Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial; Financiera Rural, julio 2011.
3. Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro” S.P.R. de R.L.; “Producción integral de productos derivados del nopal y maíz, con energías renovables” en la localidad de Camémbaro, tenencia de Coatepec de Morelos, municipio de Zitácuaro, Michoacán; Domicilio fiscal: Camino Viejo Rural Local de FOVISSSTE a Camémbaro Km. 0.500.
4. IMPI; Base de Datos de Consulta.
5. Europea de Patentes–Base de Datos Espacenet, 1998-2008.
6. Oficina Europea de Patentes–Base de Datos Latipat.

7. Estados Unidos: Base de datos USPTO. 8. Documentos de Patentes Recuperados desde la base de datos

Cuadro 1 comparativo de generación eléctrica en México. Fuente SENER. Pág. 109

Cuadro 2 comparativo distintos biocombustibles. Fuente Nuestra. Pág. 110

Cuadro 3 comparativo energías nopal, eólica y fotovoltaica. Pág. 111

#### **CAPÍTULO 4**

Reconversión Energética de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, (UTNA) Foto: Coordinación General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (CGUTyP), noviembre 2013. Pág. 145

NOPALIMEX: [www.Nopalimex.org](http://www.Nopalimex.org)

#### **CAPÍTULO 5**

Ventajas y desventajas de la Política Mexicana en Energías Renovables en el Sexenio 2006-2012. Pág. 162

Tabla 1. Trámites requeridos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de más de 500kW. Fuente SENER. 2013. Pág. 167

Instrumentos económicos para el fomento de generación eléctrica renovable. Fuente Elaboración propia con base IRENA-IEA. Base de datos de políticas de fomento para las energías renovables. Pág. 169

Valores Unitarios del impacto de Externalidades en la Producción de Electricidad. Fuente SENER. Pág. 175



Tabla 2 participación en el Consejo Consultivo para las Energías Renovables. Fuente Consejo Consultivo para las Energías Renovables. 2013. Pág 177

Tabla 3. Trámites para la solicitud de permiso de comercialización, producción y almacenamiento y transporte de bioenergéticos. Fuente SENER. Pág. 180

## **ANEXOS**

Punto de Acuerdo: El Senado de la República respetuosamente exhorta a la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública de la Cámara de Diputados para que en el PEF 2013, destinen recursos para generar energía renovable a partir de la biomasa de nopal. 22 de noviembre de 2012. Págs. 213, 214 y 215

Oficio de Apoyo al Proyecto; Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Of. No. ONUDI/MX/C/1806: ONUDI 12 de diciembre de 2012. Pág. 216

Diario Oficial de la Federación. Págs. 217 y 218

Oficio de Reconocimiento, Subsecretaría de Agricultura; Dirección General de Fibras Naturales y Biocombustibles. Of. No. 312-090/2013: SAGARPA 01. Abril 2013. Pág. 219

### **Publicaciones:**

El Financiero

Financiamiento, clave para el éxito de Mipymes. 8 de agosto de 2013. Pág. 221

La Voz de Michoacán

Genera Michoacán biogás de nopal. 11 de agosto de 2013. Págs. 222 y 223

Solicitud de Resumen Ejecutivo de la Potencialidad del Nopal;  
Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, Dirección  
General de Sustentabilidad, Of. No. DGS/211/009/2014:  
SENER. 10 de enero 2014. Pág. 224

Periodico Excelsior  
Nopal, de platillo típico a generador de biogás. Págs. 225,226 y 227

### **FOTOS**

Fotos: Zamna Aké Montiel. Plantación en Zitácuaro Michoacán. Págs.  
17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23

Máquina Eólica Mexicana. Fuente IIE. Pág. 81

Fotografías Planta Física Grupo Agroindustrial Nopal de Cámbaro Págs.  
137 y 138

### **SIGLAS**

CECyT	Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGUTyP	Coordinación General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas
CIEP	Centro de Investigación Económica y Presupuestaria
CINVESTAV-IPN	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
DGS	Dirección General de Sustentabilidad
DGETI	Dirección General de Educación Tecnológica e Industrial

DOF	Diario Oficial de la Federación
FOVISSSTE	Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
IEA	Agencia Internacional de Energía
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
INAP	Instituto Nacional de Administración Pública
IPN	Instituto Politécnico Nacional
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
MIPyMES	Micro, Pequeñas y Medianas Empresas
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PEMEX	Petróleos Mexicanos
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SNTE	Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación
UAQ	Universidad Autónoma de Querétaro UNAM
	Universidad Nacional Autónoma de México
UNIDES	Universidad del Desarrollo del Estado de Puebla

UPIICSA	Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas
UTNA	Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes
UVM	Universidad del Valle de México



Impreso en el mes de julio de 2014,  
en los talleres gráficos de la Editorial del Magisterio “Benito Juárez”,  
del Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación.  
[editorialsnte@prodigy.net.mx](mailto:editorialsnte@prodigy.net.mx).  
Versión electrónica publicada en México, año de 2015.



**Miguel Aké Madera**

Apasionado profesor e investigador de energías renovables, fungió como Director Técnico del exitoso Proyecto Zitácuaro, "reconversión energética de México".

Ing. electricista, por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN. Cuenta con maestría en administración pública, por el Instituto Nacional de Administración Pública A.C. (INAP), y maestro de administración pública por la Universidad del Desarrollo de Puebla. Coordinador técnico del proyecto piloto, Energías no convencionales para generar energía eléctrica, mediante sistema híbrido solar y eólico, en Che Balam, Yucatán. CINVESTAV IPN, Unidad Yucatán. Director fundador de las Escuelas Secundarias Técnicas 68 y 76, en el D.F. En el CONALEP, ha sido director de los planteles: Mérida II, Los Reyes La Paz, Bernardo Quintana Arrijoja; y Coordinador de Evaluación Educativa a nivel nacional. En la DGETI, ha sido director del plantel, subdirector regional y subdirector de operación a nivel nacional.

En el IPN, es profesor Titular "C" y ha desempeñado los siguientes cargos: Subdirector administrativo del CECyT Wilfrido Massieu, Director del Centro de Educación Continua, Unidad Tampico y Director fundador del Centro Regional para la Producción Más Limpia de Tabasco. Ha sido representante del Gobierno del Estado de Yucatán en el D.F. Coordinador del proyecto de generación de energía limpia, a partir de la biomasa del nopal, planta en plena operación, y generación de gas y electricidad, en Zitácuaro, Michoacán, de 2009 a la fecha. Integrante de la Comisión Ejecutiva, Sección 60 del SNTE-IPN.

Publicaciones: Energías no convencionales para generar energía eléctrica mediante sistema híbrido solar-eólico, en Che Balam, Yucatán, CINVESTAV IPN. Unidad Yucatán. 1984. Implantación simultánea del Sistema de Gestión de la Calidad, en 25 planteles DGETI, en el Estado de México, con aplicación de la Norma ISO 9000, un modelo de reingeniería de procesos y mejora continua basado en un sistema de gestión de calidad con referencia en la Norma ISO 9001-2000 aplicando la Guía IWA-2. UNIDES 2007, Nopal fuente excepcional de energía limpia y sustentable. IPN-SNTE 2014.



- **Planta piloto ubicada en Zitácuaro, Michoacán, México, operando desde 2010**

- **Aliados estratégicos ONUDI e IIE**

- **Diseño y construcción de una planta de generación de energía con cero emisión de contaminantes.**

- **Guía fácil para la selección, siembra y cultivo del nopal, para generar biogás, electricidad y su compresión para sustituir gasolina para el transporte.**

**El nopal gradualmente desplazará el uso de las energías fósiles con beneficios social, económico y ambiental**