NopaliMex

BIOGÁS & ELECTRICIDAD VERDE

Biogás con nopal para vehículos en sustitución de combustibles fósiles

Miguel Aké Madera

Un caso de éxito

NopaliMex

BIOGÁS & ELECTRICIDAD VERDE

PREMIO NACIONAL DEL TRABAJO 2015.

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

Constituido en 2010, con el objetivo de generar energía limpia renovable y sustentable a partir de 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.

2009-2013 se inicia la plantación del nopal con la selección de la especie adecuada y la construcción de la infraestructura física en Zitácuaro, Michoacán.

2014 auto suministro de calor, electricidad y biocombustible.

2015 Premio Nacional de Trabajo 2015, otorgado por la STPS y la Presidencia de la República.

2016 Inicia Programa de Generación de Biogás con Nopal para Vehículos Automotores, combinando el uso de hidrógeno.

2016 Se obtiene del IMPI, patente Titulo 338494. Proceso y equipo para la obtención de biogás a partir de cactáceas por medio de digestión anaeróbica.

Contacto:

Miguel Aké Madera

balam4928@hotmail.com
www.nopalimex.org
www.nopalimexgasyenergía.com

Zitácuaro Michoacán
CDMX 2017

Biogás con nopal para vehículos en sustitución de combustibles fósiles

Miguel Ángel Aké Madera
DIRECTOR TÉCNICO NOPALIMEX

ISBN: 978-607-97672-0-4

Formato: Electrónico
Versión: Internet/PDF

Año de edición: Junio 2017

Primera edición

Derechos reservados

Hecho en México

Queda prohibida su reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio impreso o digital sin el permiso expreso del autor.

El contenido de esta obra es total responsabilidad del Autor: Miguel Ángel Aké Madera.

ÍNDICE

PRÓLOGO 1

PRESENTACIÓN 5

AGRADECIMIENTOS 9

INTRODUCCIÓN 12

Capítulo I 15

Aspectos fundamentales del nopal 15

Bibliografía 35

Capítulo II 36

Energías Renovables 36

Las fechas clave del Acuerdo de París 62

Bibliografía 72

Capítulo III 75

Un caso de éxito en México: Biogás con nopal para vehículos automotores 75

Bibliografía 88

Capítulo IV 89

Proceso de generación de biogás para vehículos automotores 89

Bibliografía 100

Capítulo V 101

Programa de Generación de Biogás para vehículos automotores. Ampliación de la planta 101

¿Quiénes somos? Creación de Nopalimex 109

Marco Regulatorio y de Políticas para las Energías Renovables 131

BREVE REFERENCIA DEL AUTOR 134

Bibliografía 136

SIGLAS 137

PRÓLOGO

La presente obra ha sido preparada por uno de sus actores, del proyecto exitoso, “Generación de Biogás con Nopal para Vehículos en Sustitución de Combustibles Fósiles” el Ing. Miguel Aké Madera y con la contribución de investigadores de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL).

De 2007 a 2017 se forja esta historia de éxito, que en 2015 mereció el Premio Nacional de Trabajo, cuya primera parte se reseña en el libro Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable “El Oro Verde de México”, del mismo autor, y ahora en una segunda etapa se describe el proyecto, en el libro "Biogás con nopal para vehículos en sustitución de combustibles fósiles”.

La primera fase surge de la necesidad de abatir los costos de electricidad y gas L.P. en la operación de la empresa “El Manjar del Campo” instalada en Zitácuaro, Michoacán, cuyo producto final es la tortilla y sus derivados. Aquí se conjugó la necesidad de una empresa y por otra parte la generación de conocimiento con la participación de investigadores e instituciones de educación tecnológica en el campo de las energías renovables, como el Instituto Politécnico Nacional, el Tecnológico Nacional de México, con el continuo apoyo de la ONUDI y el INEEL.

Con los acontecimientos actuales en nuestro entorno global ocasionados por el cambio climático, como la muerte de miles de reses por la sequía en el campo, incendios forestales, inundaciones, huracanes y destructores tsunamis, causados por maremotos, agravado con la contaminación de ríos, mares, cuerpos de agua y mantos freáticos, así como la polución en las grandes ciudades producida por fábricas, cementeras, ladrilleras, comercios y vehículos que consumen combustibles fósiles, que acumulan enormes cantidades de gases de efecto invernadero, pareciera que vivimos condenados a un final dantesco.

Ante este panorama desalentador, surge una esperanza y una alternativa real, que es el resultado de los trabajos de un equipo multifacético e interdisciplinario, que aprovechando las diversas propiedades del nopal, generan energía de esta histórica planta, estampa de México, aceptada como complemento alimentario en la mesa del mexicano, sobre todo en el altiplano del país, aprovechado como forraje animal, como pintura, cosméticos y medicamentos para prevenir y controlar niveles de triglicéridos, colesterol, diabetes y obesidad, el uso del mucílago para la industria de la construcción, su uso probado para descontaminar tierras afectadas por químicos, combustibles e hidrocarburos, que revitaliza la tierra erosionada, volviéndola fértil.

En la plantación de nopal en Zitácuaro, se ha logrado una alta productividad; 800 toneladas por hectárea por año, que supera con mucho al promedio nacional, lo que constituye el primer factor de éxito en la generación de energía, debido a la gran disposición de biomasa, el segundo factor lo constituye la producción de hasta 100 m^3 de biogás por tonelada de nopal y la cantidad de metano contenido en el biogás, que en una primera etapa se utilizó como calor y para producir electricidad, y que a partir de 2016 se obtuvo el **97%** de metano, que lo hace óptimo para su uso en cualquier vehículo.

Para lograr los resultados con el uso del nopal que ya hemos mencionado, Nopalimex realizó comparativos de los contenidos energéticos de diversas biomasas como el maíz, caña de azúcar, cebada, yuca, higuerilla, jatropha y bambú para la generación de energía, revisando y contrastando las experiencias de los subproductos de animales en granjas.

Otra buena noticia es que investigadores del IPN han logrado alargar la vida de anaquel del nopal hasta por 5 meses, lo que permitirá a los productores de nopal, comercializarlo adecuadamente.

El resultado de la aplicación del proceso biotecnológico anaerobio e ingenieril al que fue sometido el nopal, al interior de un biodigestor, produjo en 2010 las primeras emanaciones de biogás que alimenta desde entonces las líneas de servicio de la empresa y la segunda fase que es la que ahora se reseña, la sustitución del uso de gasolina y diésel por biogás con nopal, en vehículos automotores, con cero emisiones de contaminantes, constituye la transición de una pequeña planta agroindustrial a planta comercial.En agosto de 2014 se publicó el libro intitulado Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable, “El Oro Verde de México” y en diciembre de 2015, la biotecnología y la ingeniería empleada para generar biogás y electricidad con la biomasa de nopal, mereció el Premio Nacional de Trabajo que otorga la Presidencia de la República a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Mención especial es la obtención de la patente que otorgó el Instituto Mexicano para la Propiedad Industrial (IMPI) a los autores del proyecto, “Proceso y equipo para la obtención de biogás a partir de cactáceas por medio de digestión anaeróbica” amparado con el Título número 338494, el 20 de abril de 2016. Esta novedosa biotecnología y proceso ingenieril para la generación de energía limpia, crea empleos en el lugar donde se instala la planta, por lo que cumple con el aspecto social y por su rentabilidad alcanza el objetivo económico aunado al ambiental, ya que el nopal desde el momento en que es sembrado, empieza a trabajar en favor del medio ambiente, debido a que una solo hectárea de nopal absorbe 70 toneladas de la atmósfera.

Los resultados obtenidos con la planta de biogás de Zitácuaro, que ahora transita a planta comercial en el Estado de Michoacán, se logró con voluntad, esfuerzo, técnica y ciencia aplicada, haciendo cosas distintas para obtener resultados mejores, cambiando el estado de las cosas con ensayos y errores, para hacer que las ideas se vuelvan realidad, y es a partir de aquí, que se abre un futuro prometedor para México, ya que la tecnología lograda y ahora patentada, fue realizada con la voluntad y visión del dueño de una pequeña empresa, que expuso su patrimonio familiar, con el soporte profesional de técnicos investigadores, obreros y campesinos mexicanos.

La energía generada con nopal compite con éxito con las energías renovables más conocidas como la eólica, solar y fotovoltaica, con la salvedad de que las tecnologías de estas últimas son extranjeras. Los entregables de la energía con nopal son los siguientes: calor para sustituir al gas L.P. o gas natural, electricidad, biocombustible,

fertilizante y humus orgánico y la generación es permanente, no intermitente como es el caso de la eólica y la solar.

La publicación de este libro, se da en momentos en que nuestro país vive situaciones de cambios drásticos estructurales, como la Reforma Educativa y la Energética y la aprobación de la Ley de Transición Energética.

El gobierno de Michoacán, convencido de las bondades sociales, económicas y ambientales de este proyecto innovador y exitoso, apoya con determinación la ampliación de la planta, ya que coadyuvará en la sustitución de combustibles fósiles a menores costos, así como de la electricidad, que en una primera etapa suministrará biogás con nopal, al parque vehicular del ayuntamiento de Zitácuaro, y posteriormente a los transportes colectivos y transportistas de Zitácuaro.

El libro constituye una magnífica fuente de orientación y consulta para estudiantes del nivel básico, medio superior y posgrado, ya que de manera sencilla paso a paso los guía de la teoría a la praxis, en la generación de biogás y electricidad a partir de la biomasa de nopal, su uso como energía calorífica y ahora como combustible para el transporte, que sustituirá de manera gradual a los combustibles fósiles, además de realizar un repaso de la situación actual de las energías renovables en México y el mundo para alcanzar los objetivos y metas de los acuerdos firmados en foros internacionales.

Ing. Silvano Aureoles Conejo
Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques
Maestro en Ciencias para el Desarrollo Rural Regional
Por la Universidad Autónoma de Chapingo

PRESENTACIÓN

Este trabajo tiene como objetivo presentar y difundir las experiencias adquiridas durante 10 años, por un equipo multidisciplinario e interinstitucional, 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 de nopal y su utilización como energía limpia, que de manera gradual inicia la sustitución de los combustibles derivados del petróleo: Nopalimex, SAPI de C.V.

El proyecto exitoso de generación de energía, con base en la biomasa de nopal, es un proceso anaerobio sencillo, pero a la vez con biotecnología e ingeniería innovadora; es el motivo de esta segunda reseña histórica, de un caso de éxito con señales prometedoras de bienestar en lo social, económico y ambiental. Creando a la vez conocimiento y desarrollo tecnológico nacional, por lo cual obtuvieron la patente otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Lo anterior ha sido motivado por la toma de conciencia de los autores del proyecto, en relación con el daño a los ecosistemas en los que vivimos, afectados por el calentamiento global provocado por gases de efecto invernadero, que alteran el ritmo y la temperatura de los océanos, provocando huracanes, ciclones, tormentas severas que han sido causa de inundaciones y deslaves, mientras en otros lugares causan sequías extremas, que tanto sufrimientos han ocasionado a nuestros compatriotas, sobre todo a los grupos vulnerables. Esta aportación de ciencia aplicada es pionera y ha sido reconocida por propios y extraños, mereciendo en 2015 el Premio Nacional de Trabajo 2015, constituye una magnífica innovación tecnológica mexicana, que apunta soluciones a los problemas ambientales en México y en el mundo, contribuye y forma parte del maravilloso universo de las energías renovables; especialmente con la biomasa de nopal, que avanza a pasos agigantados por obtener un lugar en la matriz energética de nuestro país, y que de manera inexorable y gradual en conjunto con otras alternativas existentes en México, como la eólica, solar fotovoltaica, geotérmica, hidráulica y oceánica, sin descartar al hidrógeno, 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,

especialmente con el nopal, para recobrar la autosuficiencia energética y alimentaria de México.

Estamos convencidos de que en el futuro 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 y motive la chispa emprendedora de proyectos tecnológicos, innovadores y sustentables que tanto urgen, provenientes de jóvenes formados en las instituciones educativas tecnológicas 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, recupere su soberanía energética, por un México con energía limpia y sustentable, para las generaciones futuras.

México llega tarde en el contexto mundial de las energías renovables, China, Estados Unidos y Brasil van a la cabeza y países como Suecia, Dinamarca y España van a ritmo acelerado en la materia.

En México, desde la escuela y centros de investigación, es donde se debe generar la creatividad y el impulso de las energías renovables, desarrollando tecnología propia.

El contenido de este libro se refiere a los antecedentes y 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 crónico degenerativas 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 seguridad nacional.

Lo sobresaliente en este caso, es su utilización como fuente excepcional de energía limpia y sustentable, en sustitución de combustibles fósiles.

El avance de la investigación y de las propiedades del nopal es interminable y desde 2013 se han dado las siguientes acciones por parte de alumnos y profesores del Sistema Tecnológico Nacional, entre los que destacan:

1.- Diseño de un sistema láser para pelar nopales, que aumenta la vida de anaquel y los conserva hasta cinco meses. Esta técnica genera una capa que, por su densidad, impide la entrada y salida tanto de agua como de microorganismos. Esto permite lograr una drástica disminución de mesófilos aerobios, mohos, levaduras y coliformes. Este no es un producto hecho con nopal, pero sirve para mejorar la calidad en el manejo del nopal, lo que podría sentar las bases para futuros experimentos nopalísticos. “Creamos una máquina que recibe el producto y una vez dentro, aplica una descarga de luz sobre las espinas, sin dañar el resto, lo cual da como resultado un alimento limpio y con mucho más vida de anaquel”, declaró Luis Ponce, líder del proyecto.

2.- Elaboración de cereal con nopal y avena para combatir la obesidad. Lo han denominado cereal “Kampin” y lo desarrollaron con harina de avena con nopal y arándanos, lo que proporciona nutrientes esenciales para el ser humano y es de fácil digestión.

3.- Creación de impermeabilizante a base de nopal. Se colocan los nopales en una tolva con aspas que los tritura y los deposita en una olla. Posteriormente se hierven hasta que liberan el gratinante, el cual se coloca en otro recipiente donde se mezclan automáticamente con jabón, cal viva y sal hasta tomar la consistencia necesaria.

4.- Solución con nopal para lavar llantas del Metro. Se busca dejar de utilizar detergentes que producen residuos tóxicos para lavar las llantas y, en su lugar desarrollar un sistema de lavado que genere residuos biodegradables.

5.- Biogás y electricidad con nopal. El proyecto se llama “Aplicación de biotecnología e ingeniería para generar biogás y electricidad con biomasa de nopal” y le hizo ganar al investigador Miguel Ángel Aké Madera el Premio Nacional de Trabajo 2015.

6.- Productos cosméticos naturales a base de nopal. Crearon la empresa Nopalmilta que comercializa esta clase de productos.

7.- Nopal para aviones. Se está estudiando por parte de la Universidad Aeronáutica de Querétaro, generar fibras a partir del nopal, mismas que se utilizarían para la fabricación de partes aerodinámicas de los aviones.

Se analiza especialmente la Ley de Transición Energética aprobada en 2015, 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 y el grado de participación de las energías renovables, agravado ahora por la inexistencia de fondos constituidos para su impulso.

Es un deber ético reconocer el apoyo financiero otorgado por el Gobierno del Estado de Michoacán a principios de 2016, para la consolidación de la infraestructura física de la planta piloto y su conversión a planta comercial, para generar biogás para el transporte, en sustitución de combustibles fósiles, que opera desde 2010 en Zitácuaro, Michoacán.

Dr. Eric Villanueva Mukul
Economista por la Universidad Autónoma de Yucatán
Doctor en Ciencias por la Universidad de la Habana

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, aportación y orientación al proyecto, investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); ahora INEEL, al Ing. Jaime Agredano Díaz, Gerente de Energías No Convencionales y especialmente al Ing. José Luis Arvizu Fernández, a la Ing. Laura Estrada Vargas, investigadores de la misma institución. Mención especial al Dr. Raúl Tovar Gálvez, del CIIEMAD del IPN. A todos ellos nuestro reconocimiento y agradecimiento, por el apoyo y acompañamiento permanente a este proyecto, consistente en asesoría técnica y orientación profesional clara y directa.

Nuestro agradecimiento por el reportaje El Rey del Nopal, realizado por Vanesa Job y Antonio Mandujano, conducido por la periodista Denise Maerker, en su Programa Punto de Partida, que ha difundido nuestro trabajo a nivel nacional e internacional.

A El Financiero Bloomberg Televisión, por el reciente reportaje de Edgar Ledezma, “Ni gasolina, ni electricidad tampoco gas L.P.” que ha rebasado las 500 mil reproducciones.

Mención especial al señor Rogelio Sosa López por su tenacidad, 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 agroindustrial, el señor Antonio Cambrón Tello, quien día a día realiza mejoras a la operación.Se agradece la colaboración de Miguel Ángel Zamna Aké Montiel, Anabel Herrera Castillo y Axel de Nicolás Calderón por su aportación a la portada del Libro.

A José García Pedroza por su participación en la revisión editorial, formación y corrección ortográfica de esta obra.

A los productores de nopal del país, especialmente al Ing. Omar Carpio, Presidente de la Unión Mexicana de Productores de Nopal, Tuna y Maguey, por acoger con entusiasmo el proyecto.

Aquí y siempre ha estado el humilde nopal entre nosotros, es parte de nuestra cultura, de la historia de nuestro país y de su Escudo Nacional, y como reza el dicho popular: "Al nopal sólo se le visita cuando tiene tunas".

Monumento a la fundación de Tenochtitlán en el corazón de la Ciudad de México, simboliza el encuentro de la tierra prometida. Escultor Carlos Marquina inspirado del Códice Mendocino.

INTRODUCCIÓN

Biogás con Nopal para Vehículos en Sustitución de Combustibles Fósiles

La presente obra puede ser utilizada como fuente de consulta para estudiantes, desde el nivel básico hasta posgrado, interesados en las energías renovables, en la especialidad de bioenergéticos por su sencilla descripción para el público en general. En el **Capítulo I**, se habla de los antecedentes y aspectos fundamentales sobre el nopal, desde los orígenes de la planta, de los registros existentes de la Época Prehispánica a la actualidad, de las diversas especies existentes en México y las endémicas en nuestro país. La evolución en su aprovechamiento, desde el tradicional nopalito verdura, alimento complementario en el centro del país, su uso como medicamento preventivo y de control de la diabetes, la obesidad y otras enfermedades que ocasionan miles de bajas entre los mexicanos, que se ha convertido en un problema de seguridad nacional, hasta su uso multifuncional, llegando a lo más importante, innovador y apasionante que es su sorprendente y excepcional resultado para generar biogás, energía limpia y renovable, su uso como energía calorífica para producir electricidad y su utilización como combustible para sustituir el uso de combustibles fósiles.

Aquí y siempre ha estado el humilde nopal entre nosotros, es parte de nuestra cultura, de la historia de nuestro país y de su Escudo Nacional, se remonta al siglo XIV donde diversas tribus abandonan el Aztlán y según la leyenda, enviados por Huitzilopochtli, se establecerían donde encontraran un águila real, posando sobre un nopal, devorando a una serpiente, ese lugar fue la gran Tenochtitlán. Actualmente la gran Ciudad de México, el estado 32 de nuestra República Mexicana.

En el **Capítulo II** se aborda el presente, el impacto, el futuro de las energías renovables en México, la posición que ocupa el nopal respecto a las diversas biomasas por su rendimiento energético, así como otras 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, la solar fotovoltaica y el hidrógeno, que es punto y aparte como combustible del futuro, así como el incipiente desarrollo de los bioenergéticos, que es justamente donde incide nuestro proyecto. Se analiza la situación del nopal para

producir energía alternativa, en el contexto actual que vive México, de crisis energética y de su impacto en la balanza comercial que se refleja en el Producto Interno Bruto (PIB), afectando negativamente los bolsillos de los mexicanos.

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, así como la posterior compresión del biogás para la sustitución de gasolina para vehículos de 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 m^3 CH_4/t SV (sólidos volátiles) y 450 m^3 CH_4/t SV y la cebada 353 m^3 CH_4/t SV y 658 m^3 CH_4/t SV.

La productividad energética del nopal depende fundamentalmente de los siguientes valores: Rendimiento o su productividad en toneladas por hectárea por año, del contenido de CH_4 (metano) del biogás y de la cantidad de biogás producido por cada tonelada de nopal.

En el **Capítulo III** se narra el caso de éxito en México, como lo es la generación de biogás con nopal para vehículos automotores, los antecedentes de la empresa desde la plantación inicial del nopal, la construcción de la primera fase de planta que después de generar energía calorífica y electricidad, ya en una segunda fase se comprime el biogás con nopal, que sustituye a los combustibles fósiles, detallándose además, el proceso de generación de biogás para vehículos paso a paso.

En el **Capítulo IV** se describe el proceso de generación de biogás a partir del nopal y su uso en vehículos automotores. Se explica de manera sencilla el equipo que se requirió para esta segunda etapa, el diseño, la construcción de un nuevo biodigestor, equipo de limpieza y el compresor de biogás, para obtener el **97%** del contenido de metano en el biogás, así como la adaptación de vehículos de prueba que han sustituido con éxito la utilización de la gasolina por el biogás a base de nopal y su combinación con el hidrógeno para optimizar el rendimiento del combustible.

El **Capítulo V** describe el inicio del Programa de generación de biogás para vehículos automotores, la ampliación de la planta, el marco regulatorio de las energías renovables, desde la expedición de las primeras legislaciones, la promulgación Constitucional de la Reforma Energética en 2013 y las leyes secundarias en 2014, así como la Ley de Transición Energética aprobada en 2015 y su relación vinculatoria con las energías renovables. 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 bioenergético, a través de su conversión a biogás mediante el proceso de fermentación anaeróbica. Constituye un ejemplo 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, biodigestores, generador eléctrico, calentador solar, nave industrial e infraestructura física adecuada y su ampliación en 2016 que duplica su capacidad de producción pasando por las etapas de experimentación, planta agroindustrial y ahora planta comercial en operación, iniciando en 2016 la ampliación de la misma con un nuevo biodigestor, filtros de limpieza, analizador de gases, compresor de biogás, para alimentar vehículos automotores con resultados satisfactorios en materia de rendimiento, autonomía, potencia y aceleración, similares a los rendimientos de los combustibles fósiles, a menor precio y sin generar gases de efecto invernadero.

Miguel Aké Madera

Capítulo I

Aspectos fundamentales del nopal

Este capítulo se ha tomado del primer libro, Nopal fuente excepcional de energía limpia y sustentable. “El oro verde de México” El Santo Grial de las Energías Renovables, editado en 2014 por Editorial del Magisterio “Benito Juárez” del SNTE; que facilitará una mejor comprensión al lector, con las actualizaciones sobre investigaciones recientes que demuestran el gran potencial de esta milagrosa planta: El 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 *nopalea***,** se remonta a la época de los aztecas, quienes abandonan el Aztlán, según la leyenda, y enviados por Huitzilopochtli, se establecerían donde encontraran un águila real sobre un nopal, devorando a una serpiente, ese lugar fue la gran Tenochtitlán, actualmente la gran Ciudad de México, el nuevo estado 32 de la República Mexicana.

La Delegación Milpa Alta en la CDMX, ha preservado la cultura de esta planta milenaria, como productora importante de nopal, de acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Milpa Alta, (esta jurisdicción ocupa el primer lugar en el país como productora de nopal-verdura, con una producción anual de 211,916 toneladas, que se cultivan en 4,057 hectáreas, es decir, el 41.25% de la superficie total agrícola y el 96.39% de las tierras dedicadas a cultivos perennes. Donde cada año se celebra 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.

La gran Tenochtitlan. Autor: Diego Rivera. Palacio Nacional, México Fuente:
www.inside-mexico.com/la-leyenda-de-la-fundacion-de-enochtitlan/

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. El águila majestuoso parado sobre el nopal, demuestra que el pueblo mexicano saldría avante ante estos retos. Los aztecas le dieron el nombre de nopali, y se dice que los españoles le dieron su nombre actual.

Esta fotografía muestra una vista lateral de la planta, al fondo los dos biodigestores. En primer plano la estación despachadora de biogás para vehículos. Zitácuaro, Michoacán, 2016.
Foto: Nopalimex.

El origen del nopal pareciera provenir del valle de Tehuacán, Puebla y la cuenca del Río Balsas, en nuestro país, y a pesar de que la cactácea es nuestra de origen, existe la grave amenaza de que países como China y Japón pretendan obtener la denominación de origen de la cactácea.

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

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.

Según estudios estadísticos del Plan Rector, México, cuenta con 104 especies de nopal, del género *opuntia*, de las cuales 53 son endémicas y 10 del género *nopalea*. Se cuenta 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 genera un valor total de la producción de más de 2,000 millones de pesos anuales. Destacan como principales productores de nopal los estados de Morelos, CDMX y México, seguidos de Jalisco, Baja California, Puebla y otros en menor grado.

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

El cultivo del nopal posee gran potencial para sustentar proyectos rentables, promover el desarrollo agroindustrial 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 inminente agotamiento de los combustibles fósiles de fácil extracción a poca profundidad en tierra.

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.

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, en una gran cantidad de colores y 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. Esta 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), potasio (K), hierro (Fe), selenio (Se), cobre (Cu), zinc (Zn), sodio (Na) y magnesio (Mg). Contiene 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.

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

El nopal se reproduce en razón geométrica y a los dos años duplica su cantidad
Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación de Zitácuaro, Michoacán.

EL NOPAL VERDURA

El nopal destaca por ser una verdura, cuyo costo de producción es económico 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. De acuerdo al Plan Rector, 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 (ahuate. Del **náhuatl** ahuatl 'espina'), 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 aproximada 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.

Tabla de la Taxonomía del nopal.

Reino	**Vegetal**
Subreino	*Embryophita*
División	*Angioespermae*
Clase	*Dycotyledonea*
Subclase	*Dialipetalas*
Orden	*Oputntiales*
Familia	*Cactaceae*
Subfamilia	*Opuntioideae*
Tribu	*Opuntiae*
Género	*Opuntia*

Fuente: **Taxonomía. Acidez, Valor Nutricional. Aminoácidos**, http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/14/2013/trimestrales/anexo_2251-5-2013-08-9.pdf

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.
Agua: Contar con la cantidad suficiente es importante para que se alcancen niveles de producción óptimos en términos de volumen y calidad.
Temperatura: Las temperaturas ideales se encuentran entre los 17 ^{o}C y los 24 ^{o}C.

Plantación Zitácuaro, Michoacán. Opuntia ficus indica, variedad Chicomostoc.
Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación de Zitácuaro, Michoacán

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.
Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación de Zitácuaro, Michoacán.

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, 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 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.
Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación de Zitácuaro, Michoacán.

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 **(Tabla 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.

Tabla 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
O. rastrera	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
O. cantabrigiensis	11.86	68.46	4.78	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
O. lindelhimeri	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	Palomo, 1963
O. robusta	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Palomo, 1963
O. ficus-indica var Amarillo oro	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	Bauer y Flores, 1969
Nopalea spp	10.69	73.79	8.98	1.51	17.21	26.21	50.7	Griffiths y 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 apartir 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. Fuente: El oro verde de México

El nopal sirve como substrato en la producción de la grana para la obtención de colorante rojo carmín, producto de la cochinilla (*dactilopus coccus costa*), que parasita el nopal. El

mercado de la grana decayó con el desarrollo de las anilinas artificiales, pero recientemente considerarse algunas de éstas como cancerígenas, 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 carmínico 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. Es un alimento para la salud, el cual desempeña 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, 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 bio-polietileno (bio-PET). Se obtiene a partir del etanol. Este tipo de plásticos son probablemente la competencia directa con los petro-plásticos 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 biomasas 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 vegetal del nopal, tales como esmalte de agua (sin solventes), impermeabilizantes y pintura de tránsito, tienen 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 mismo.

Cabe resaltar el consumo de nopalitos y de tuna ácida (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_2 (bióxido de carbono) 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_2 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.

Bibliografía

- Rogelio Sosa López *et al.*,Plan Rector del Sistema Producto Nopal y Tuna, elaborado en 2012. Sistema Producto Nopal y Tuna, estado de Michoacán.
- 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).
- Taxonomía, Acidez, Valor Nutricional. Aminoácidos, http://www.giga. com/~mag/Tratado_Nopal.htm Recuperado marzo 2017.
- Murillo-Amador *et al.*, 2006, nopal forrajero que han sido utilizadas como forrajes lnternativos para alimentar ganado caprino, bovino, ovino, conejos, cerdos y aves de corral.
- Snyman, 2007, el nopal ha constituido una alternativa de cultivo para la obtención de frutos para consumo humano y para la alimentación de ganado.
- Rinehart, 2008, ecosistemas de pastizal producen materias que son altamente digestibles para animales rumiantes.
- Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de nopal (expresado en % en base a materia seca) (Vázquez *et al.*, 2008).
- Carindapaz, municipio de Senguio. Estos productores establecieron un módulo productivo de grana cochinilla durante los años 1997-2002.
- Fotos cortesía de El Manjar del Campo, Nopal, totopos y sus derivados.
- 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.

Capítulo II

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”.

El Dr. Jorge M. Huacuz Villamar, autor del Libro *Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transición energética de México* (2016), en el prólogo de Pablo Mulás del Pozo, sostiene que**: “**Las energías renovables (eólica, solar, geotérmica, biomasa, hidroenergía y del océano) son consideradas como energías limpias, es decir, que no emiten cantidades significativas de gases de efecto invernadero y por lo cual son necesarias para transitar hacia economías de bajo carbón, condición para resolver la problemática del cambio climático. Todos los escenarios de largo plazo, tanto de entidades multinacionales, nacionales o privadas, muestran una participación importante de estas energías primarias para satisfacer la demanda energética requerida para un desarrollo sustentable mundial. Por esta razón, en años recientes las actividades comerciales, así como las de investigación y desarrollo tecnológico (I+DT) en estas energías, se han incrementado sustancialmente con la finalidad de satisfacer esa demanda al menor costo posible**”.**

Las energías renovables son entonces factor importante para la generación de energía no convencional y para el desarrollo sustentable del país, entendiendo por sustentable lo que implica satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos y ecológicos, esto de acuerdo con el término adoptado por la ONU.

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. La promoción, investigación e impulso a las energías renovables en México no es sobresaliente, ya que su participación dentro de la matriz energética ha sido insuficiente y la tecnología mexicana brilla por su ausencia.

Dentro de las energías renovables se pueden distinguir la eólica, la solar fotovoltaica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz e hidrógeno, biomasa y biocombustibles, por citar algunas.

La hidroeléctrica se ha desarrollado fundamentalmente en los estados de Chiapas y Nayarit, en tanto que la eólica y la solar fotovoltaica han tenido avances significativos en Oaxaca, Estado de México, Coahuila, Tamaulipas, Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Morelos, Puebla, y más recientemente en Quintana Roo y Yucatán destacan la geotérmica de Cerro Prieto en Mexicali y los azufres en Michoacán.

¿Por qué voltear los ojos a las energías renovables?

Bueno, porque los combustibles fósiles más tarde que temprano se terminarán, su existencia es finita y 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. Sin dejar de considerar el aspecto económico, por el alza constante de los combustibles fósiles.

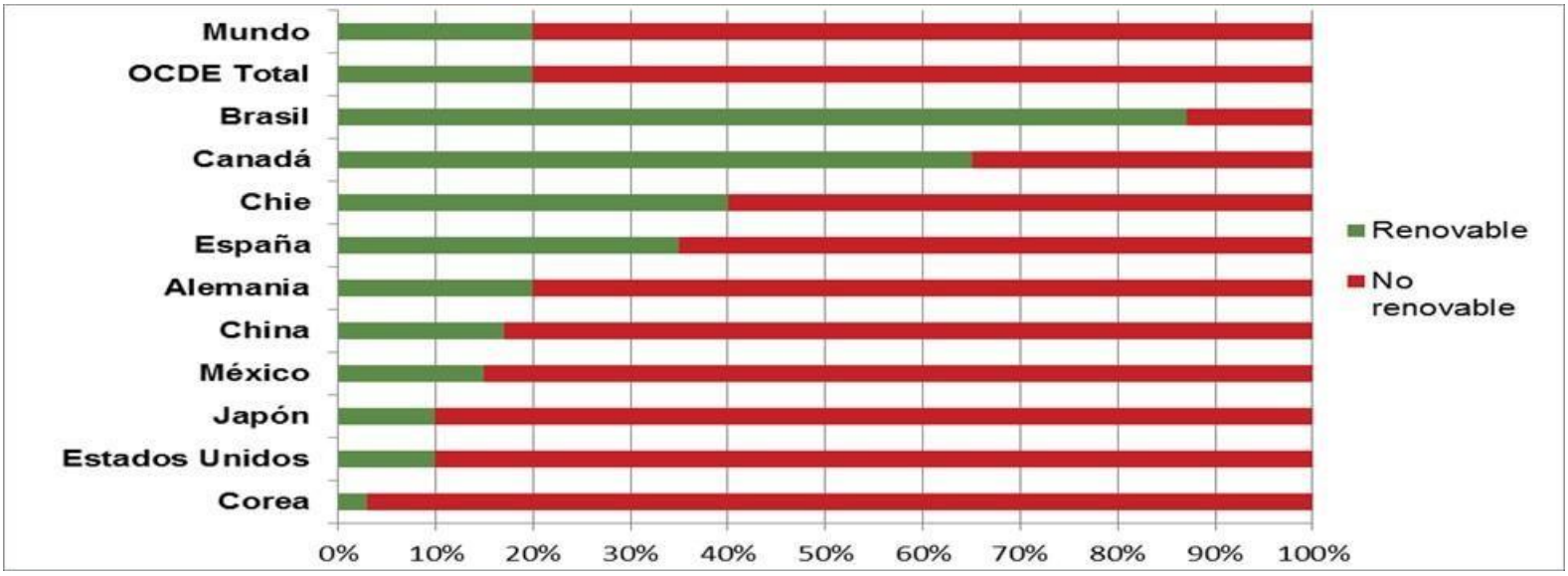
Por otra parte, es evidente la escasez de los combustibles fósiles, como el carbón, a flor de tierra, y otros cuya extracción, como es el caso de los hidrocarburos, como el petróleo y el gas es cada día más difícil y más costoso. Es por ello la urgencia de modificar nuestro sistema de generación de energía, pero 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.

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

Un futuro prometedor está al alcance de México con la biomasa de nopal y lo más importante es que se trata de tecnología mexicana, con una planta agroindustrial que ha madurado, pasando a la fase comercial funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos social, económico y ambiental, sobre todo porque:

- Crea empleos en la localidad y 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 con nopal, electricidad y biocombustibles para vehículos automotores no produce gases de efecto invernadero.
- 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.

Figura 1.
Participación de las energías renovables en la generación de electricidad para economías seleccionadas, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 14).

A continuación veremos, partiendo de esta información las posibilidades de cada una de las tecnologías empleadas en las energías renovables, destacando a nivel mundial la hidroeléctrica, México en este tipo de energía de acuerdo con la SENER en su publicación Prospectiva de las Energías renovables 2013-20127, 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, la cual 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.

Esquema de una hidroeléctrica moderna

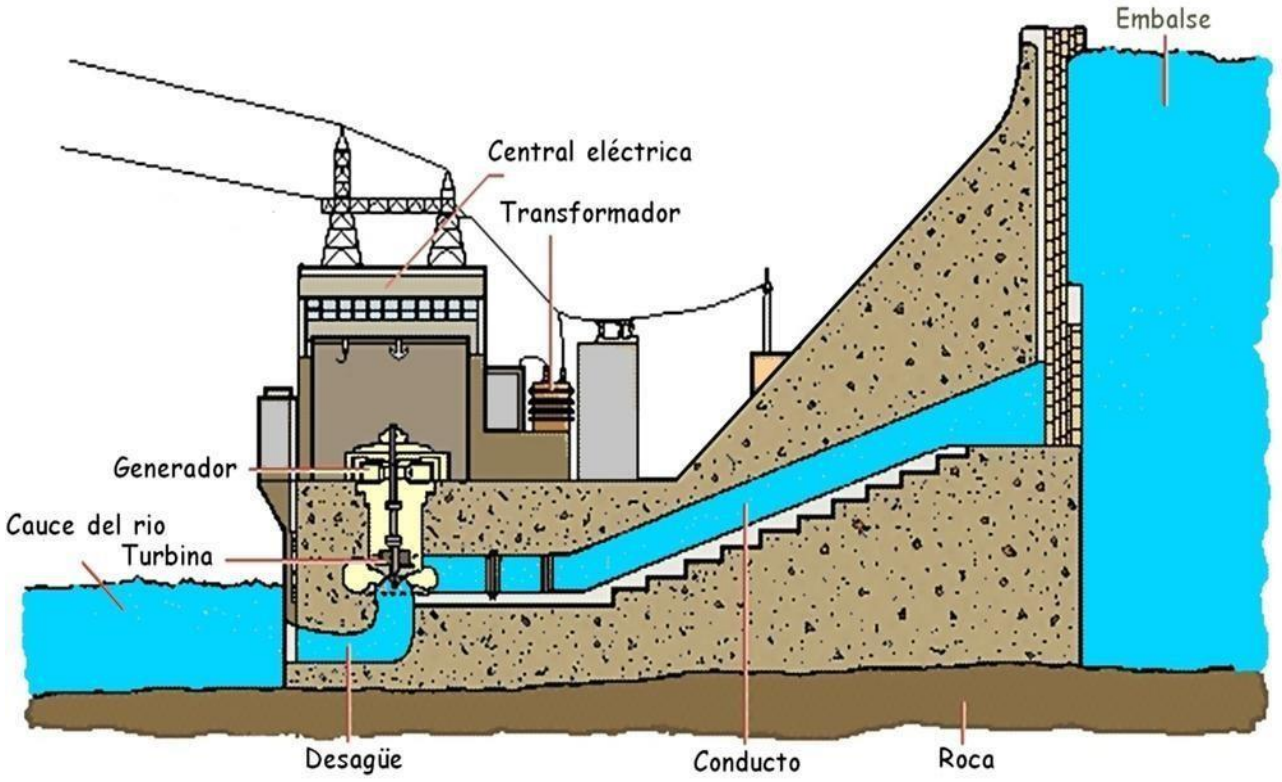


Diagrama esquemático de una central hidroeléctrica, de la publicación del trabajo "La energía hidráulica" de A. González Arias.
Fuente: http://www.geocities.ws/cytparatodos/vidaytierra/energiahidraulica/index.htm

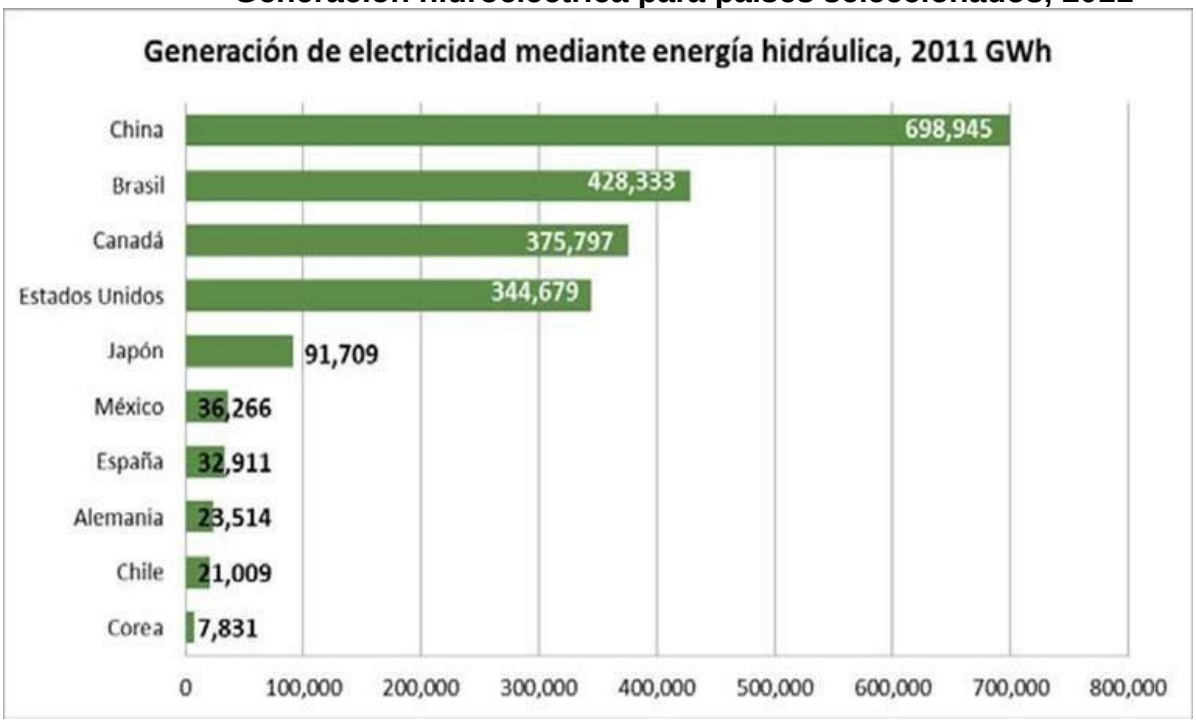
A nivel global se produce energía hidroeléctrica, aproximadamente en un 16% y en el caso de México la participación por la vía hidroeléctrica, en energías renovables es del 12.30%, con una capacidad instalada de 11 GW. Las principales centrales hidroeléctricas son las de la Angostura, Chicoasén, Malpaso, Peñitas, Infiernillo, Caracol y Mazatepec.

Tabla 1.
Generación hidroeléctrica, 2011.

País/Región	% del Total
Brasil	80.60%
Canadá	59.00%
Chile	32.00%
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**.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 15)

Figura 2.
Generación hidroeléctrica para países seleccionados, 2011



Fuente**: Prospectiva de Energía Renovables 2013-2027.**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf(p 15)

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

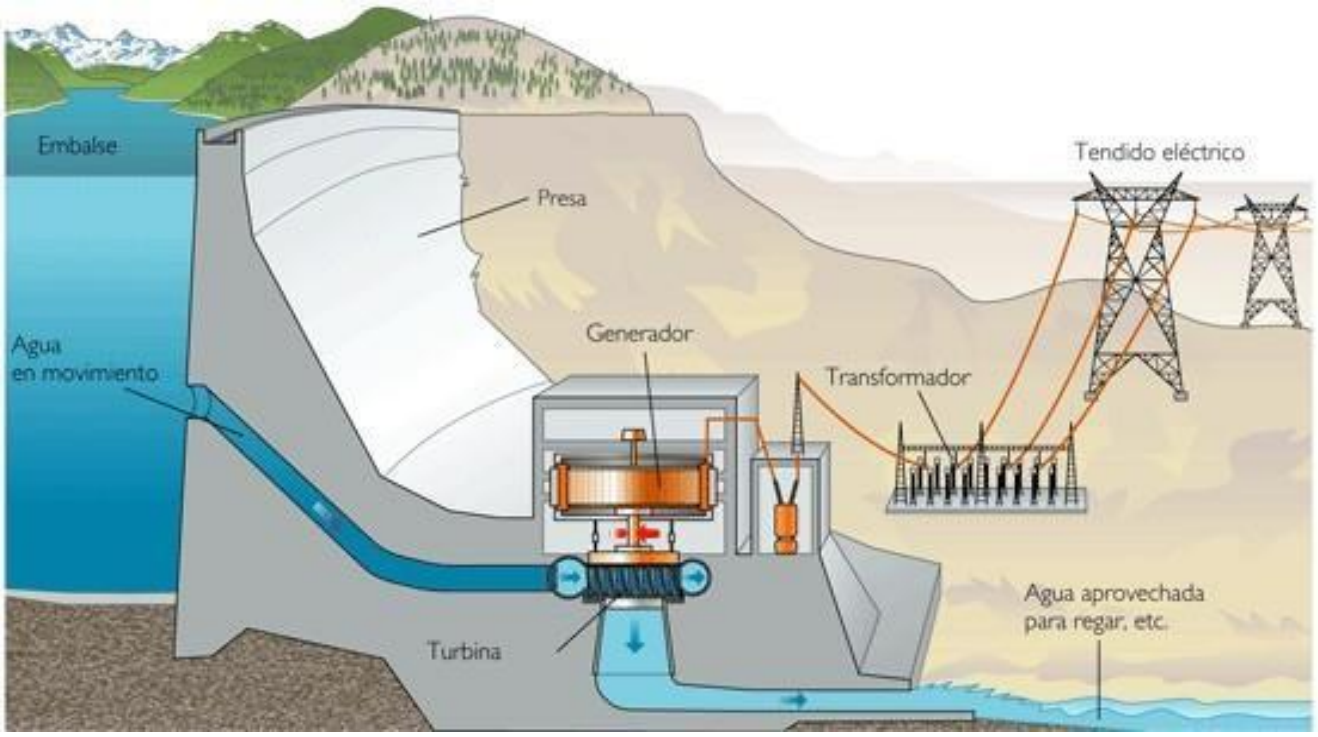
Ventajas y desventajas

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 es remota y requieren líneas de transmisión al sitio de consumo.

México cuenta con grandes recursos hidrológicos especialmente en el Sur-Sureste del 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 distribuye en la geotérmica, con 14%, eoloeléctrica un 8% y un 2% en la biomasa y solar fotovoltaica.

Esquema simplificado de una planta hidroeléctrica



Fuente: **https://apsmaroc.wordpress.com/2011/02/10/energia-y-su-transformacion/**

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, Jalisco, Tamaulipas, Morelos, Puebla 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 2, además de que se ha privilegiado la tecnología extranjera, excluyendo a la mexicana, desarrollada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), ahora INEEL, que en materia de investigación y en el desarrollo del prototipo de la máquina eólica mexicana ha logrado avances importantes.

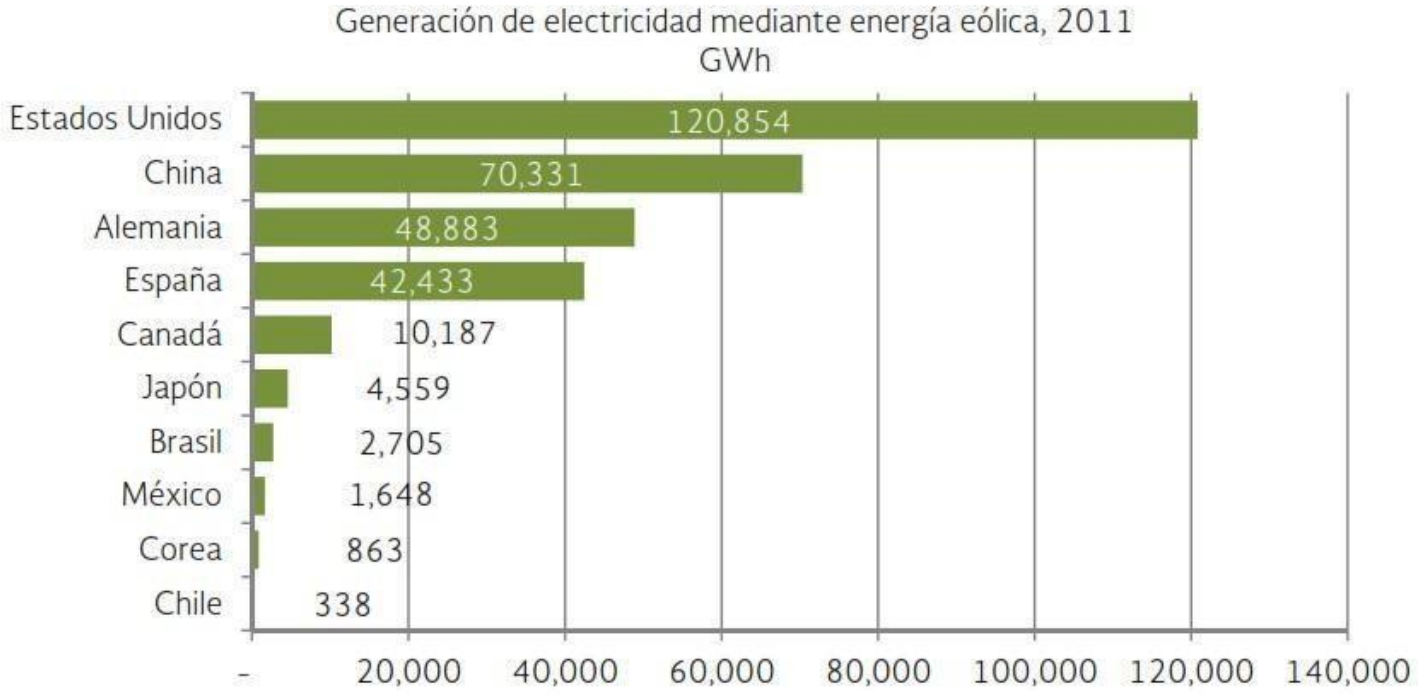
Tabla 2.
Generación Eoloeléctrica, 2011

País/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: **Prospectiva de Energías Renovables**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf(p 16)

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 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.

Figura 3.
Generación eoloeléctrica para países seleccionados



Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf(p17)

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%, cuando en Alemania es de sólo 18%. 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 INEEL, que ya tiene su prototipo de máquina eólica. Las regiones privilegiadas por la naturaleza del viento son:

Istmo deTehuantepec, 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: Liderado por el INEEL

Aerogeneradores

- Integración de tecnologías eólicas a la red eléctrica
- Aerodinámica y Aero elástica
- Materiales y recubrimientos
- Recurso eólico disponible
- Aplicaciones de inteligencia artificial y Mecatrónica
- Almacenamiento de energía
- Pruebas, validación de diseño en viento libre y certificación o acreditación de sistemas, subsistemas o componentes para aerogeneradores de mediana capacidad

El Instituto de Investigaciones Eléctricas, organismo descentralizado de la SENER, ahora INEEL, 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 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 INEEL, 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 INEEL 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).

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: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf(p 81)

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.

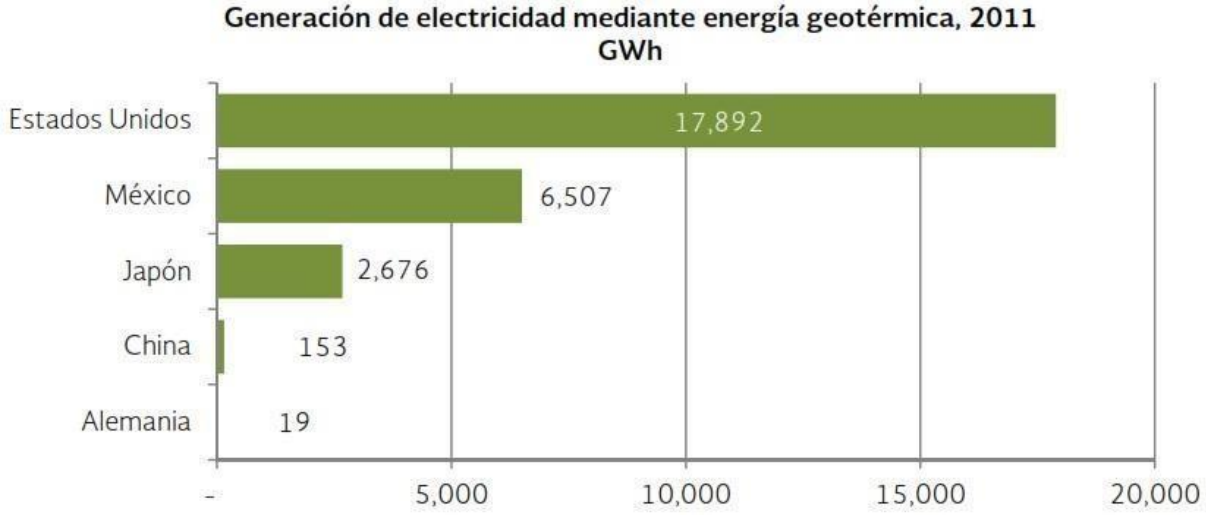
México ocupa un lugar importante en el ranking mundial y la SENER ha dispuesto recursos suficientes para impulsar esta tecnología que opera con éxito en México. A diferencia de otras tecnologías, señala la SENER, la generación geotérmica está concentrada en algunos países. De hecho, entre los países analizados, sólo en México la geotermia tiene una participación sustantiva en la matriz de generación, como se observa en la tabla 3. 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 tabla 3, la generación en Estados Unidos es considerable, comparado con el resto de los países analizados.

Tabla 3.
Generación geo termoeléctrica, 2011

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

Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

Figura 4.
Capacidad de generación geotérmica para países seleccionados, 2011



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

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 geo presurizados
- 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
– Mapa del recurso geotérmico. – Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de alta entalpía. (T> 200°C). – Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de mediana y baja entalpía. (T<200°C). – Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos de muy baja permeabilidad o de roca seca caliente. – Uso del calor geotérmico de mediana y baja entalpía para diferentes aplicaciones como acondicionamiento climático (calefacción y enfriamiento) de espacios, calefacción de invernaderos, – Calefacción de estanques para acuacultura, secado de productos agrícolas y minerales, usos industriales, desalación de agua y balneología y terapia. – Sísmica 3-D especializada en roca ígnea. – Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso geotérmico.

Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 83)

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 representa 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 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. 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 5 KWh/m^2 por día, que lo coloca entre los cinco países con mayor radiación, superado tan sólo por China y Singapur.

La Península de Yucatán también tiene una radiación privilegiada y un alto potencial en este tipo de energía.

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 4.
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%

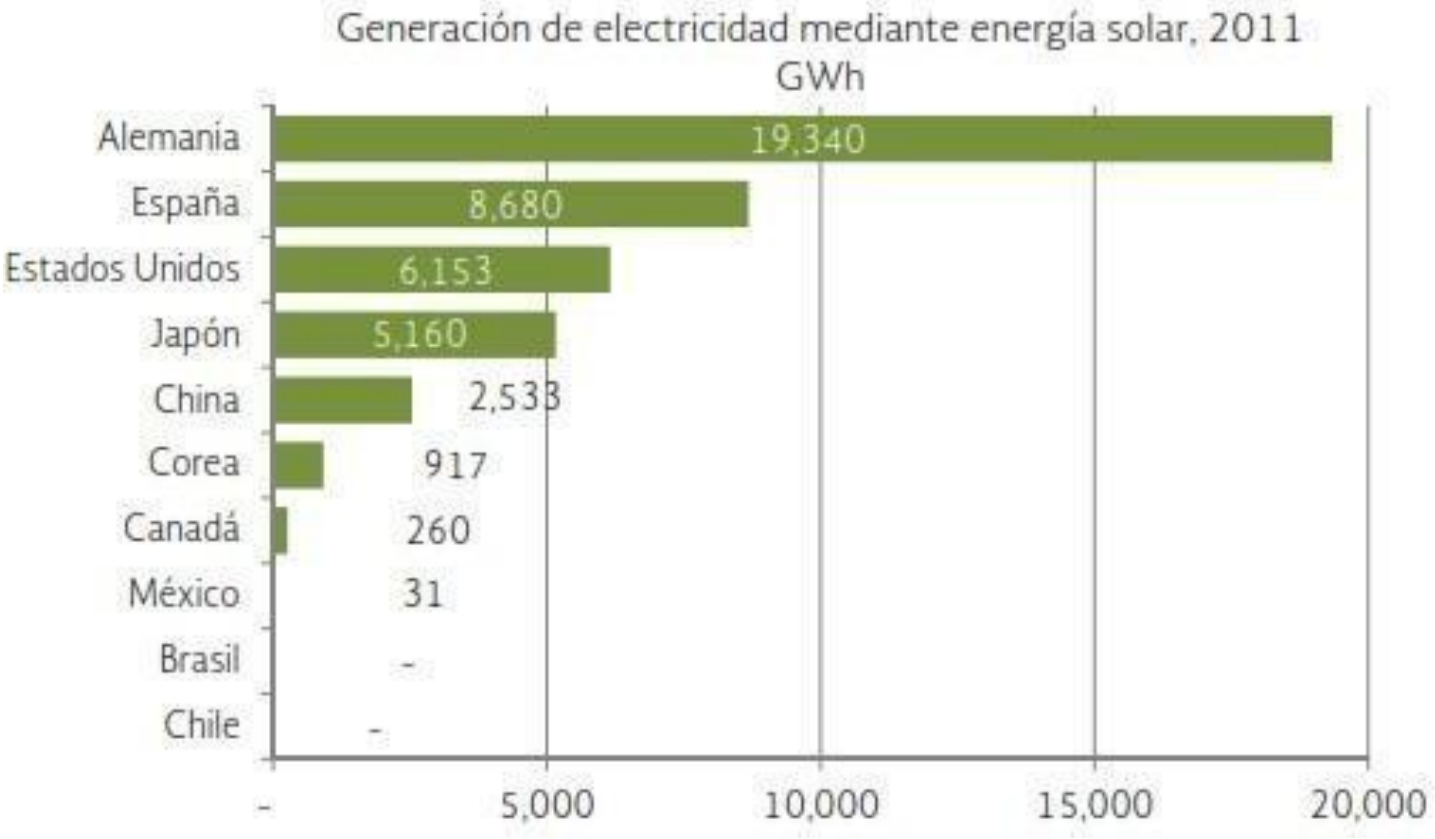
Fuente**: IEA. World Energy Statistics 2013.**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

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.

Figura 5.
Capacidad de generación mediante energía solar para países seleccionados, 2011



Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

A nivel mundial y según cifras de 2011, se generaron con energía solar 63,000 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). Evaluación de módulos fotovoltaicos. Normalización, registro, certificación y garantía. Desarrollo agrícola y rural. Edificios con arquitectura fotovoltaica sustentable. Nuevos desarrollos tecnológicos (diseño, producción, ensamblado y prueba de componentes para sistemas FV).	Sistemas solares de baja temperatura para calentamiento de agua. Sistemas de Enfriamiento Operados con Energía Solar. Sistemas de Energía Solar para Calor de Procesos Industriales. Potabilización de agua salina mediante energía solar térmica (desalinización). Potencia solar térmica para la producción de electricidad. Combustibles Solares.

Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.**
Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf(p 82)

El aprovechamiento de esta tecnología estuvo enfocado a nivel global en Estados Unidos y España, como se observa en la figura 6.

Figura 6.
Generación mediante energía solar térmica para España y Estados Unidos, 2011

Fuente: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027**.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

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 humano y además su productividad es baja.

Tabla 5.

Generación mediante bioenergéticos

País/Región	% del Total
Chile	7.11%
Brasil	6.06%
Alemania	5.40%
Japón	3.03%
Canadá	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: **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027**.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

Creación del Centro Mexicano de Innovación en Energía (CEMIE-BIO)

A principios de 2016, inició actividades el CEMIE-BIO, financiadas por el Fondo de Sustentabilidad Energética de la SENER, quedando constituido por cinco clústeres, cada uno enfocado a un área muy especializada en materia de biocombustibles: biocombustibles sólidos, bioalcoholes, biodiesel, biogás y bioturbosina a partir de las diversas biomasas de nuestro país. Esto indudablemente impulsará el desarrollo y el aprovechamiento biomásico, para la generación de calor, electricidad y biocombustibles.

Los clústeres estarán conformados por los grupos académicos y de investigación más prestigiosos y con mayor experiencia en sus respectivas áreas de competencia, así como por empresas del ramo en algunos casos y también por universidades de otros países. A partir de 2016, y durante los próximos cuatro años, los clústeres de CEMIE-BIO irán cumpliendo, por separado y en conjunto, las metas trazadas para 2020 en materia de biocombustibles y biomasa en México.

CEMIE-BIO, constitución:

Clúster Biocombustibles Sólidos. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM.

Clúster Bioalcoholes. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN –Unidad Guadalajara.

Clúster de Biodiesel. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco A.C.

Clústers Biogás y Bioturbosina. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

CEMIE-Océano. Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Los Centro Mexicanos de Innovación en Energía son una iniciativa de la Secretaría de Energía y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que buscan impulsar por medio de la investigación el aprovechamiento de las energías renovables.

Dentro de sus principales funciones se encuentra la planeación científico-tecnológica de mediano y largo plazo enfocada en desarrollar y aprovechar cada una de las tecnologías renovables, el desarrollo de un portafolio de proyectos y acciones estratégicas que permitan la obtención de resultados de valor para el sector energético del país, la formación de recursos humanos especializados, el fortalecimiento de la infraestructura de investigación y la vinculación academia-industria.

¿INICIA EL BOOM DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO?
¡Esto como respuesta a la Reforma Energética! Mapa de energías renovables en México

Como se puede observar los inversionistas en su mayoría son extranjeros, la tecnología mexicana brilla por su ausencia.

Fuente: **Reporte Índigo 13/10/2016.**

Mapa de las energías renovables en México

Fuente: **http://www.dforcesolar.com/energia-solar/mapa-de-las-energias-renovables-en- mexico**

De acuerdo a la imagen:

1. Eólico. Guerrero Negro (Puerto Viejo)
2. Solar. Cerro Prieto
3. Geotermia. Cerro Prieto I; Cerro Prieto II; Cerro Prieto III; Cerro Prieto IV Solar. Santa Rosalía
4. Geotermia. Las Tres Vírgenes
5. Solar. Servicios Comerciales de Energía
6. Eólico. Cementos Apasco
7. Eólico. Eólica Santa Catarina
8. Eólico. Los Vergeles
9. Solar. Autoabastecimiento Renovable
10. Eólico. Los Altos
11. Eólico. Dominica I
12. Solar. Celulosa y Papel de Bajío
13. Geotermia. Los Azufres

14. Geotermia. Los Humeros
15. Eólico. Fuerza Eólica del Istmo I; Fuerza Eólica del Istmo II; El Valle de México; Instituto de Investigación Eléctrica; Parque Eólico de México; Bii Nee Stipa; Stipa Nayaa (Bii Nee Stipa II); Eólica Zopiloapan (Bii Nee Stipa III); Eurus I; Eurus II; Bii Hoxio; Granja Sedena; Sureste I phase II;
16. Piedra Larga; Pacífico
17. Eólico. Ce Oaxaca Cuatro; Ce Oaxaca Dos; Ce Oaxaca Tres; La Venta; La Venta II; La Venta III; Eólicas Mexicanas de Oaxaca I; Energías Ambientales
18. Eólico. Eólica Arriaga
19. Eólico. Cancún
20. Eólico. Yuumil

Acuerdo de París

“El Acuerdo de París reúne por primera vez a todas las naciones en una causa común en base a sus responsabilidades históricas, presentes y futuras.

El objetivo principal del acuerdo universal es mantener el aumento de la temperatura en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados, e impulsar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura incluso más, por debajo de 1,5 grados centígrados sobre los niveles preindustriales.

El límite de los 1,5 grados centígrados es significativamente una línea de defensa más segura frente a los peores impactos del cambio climático. Además, el acuerdo busca reforzar la habilidad para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Para lograr estos objetivos ambiciosos e importantes, se pondrán en marcha flujos financieros apropiados para hacer posible una acción reforzada por parte de los países en desarrollo y los más vulnerables en línea con sus propios objetivos nacionales.”

“La Unión Europea y siete de sus Estados miembros, entre ellos Francia, depositaron juntos, el miércoles 5 de octubre, sus instrumentos de ratificación del Acuerdo de París, lo que permite superar el segundo umbral de activación del proceso de entrada en vigor. 55 países que representan 55 % de las emisiones de gases de efecto de invernadero eran necesarios para que el Acuerdo de París pudiera entrar en vigor en un plazo de 30 días.

Ahora, el Acuerdo ya ha sido ratificado por 74 Estados que juntos representan 58.82 % de las emisiones globales de gases de efecto de invernadero.

El Acuerdo de París fue adoptado el 12 de diciembre de 2015. Se abrió oficialmente el acuerdo a la firma de los Estados el 22 de abril de 2016, Día de la Tierra, durante una ceremonia de alto nivel organizada en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Francia ratificó el acuerdo el 15 de junio y se convirtió así en el "primer país industrializado" (miembro del G7 y del G20) en adoptar este tratado histórico, como lo declaró- previo a la firma-la presidenta de la COP21, Ségolène Royal.

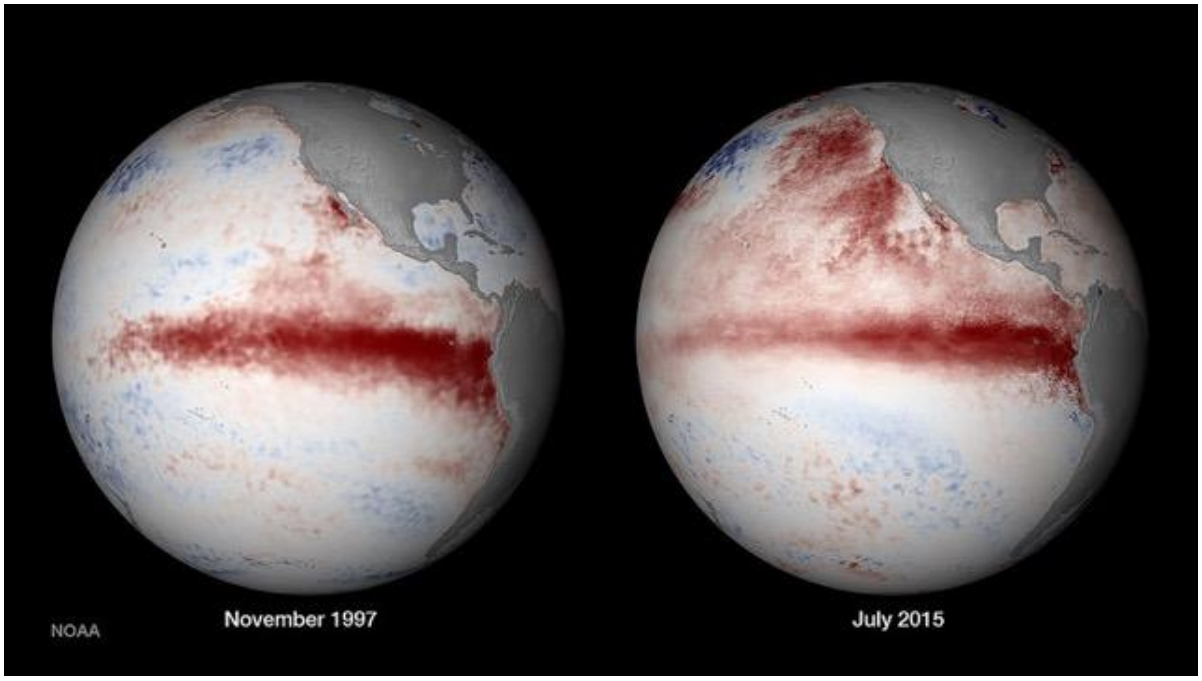
El acuerdo tiene como fin contener el aumento de la temperatura media muy por debajo de los 2 ºC con respecto a los niveles preindustriales y continuar con las actuaciones llevadas a cabo para limitar el aumento de la temperatura a 1.5°C.

Para ello, el Acuerdo de París prevé que cada país revise cada cinco años sus compromisos, para disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Cada nueva contribución determinada a nivel nacional deberá incluir una mejora con respecto a la anterior.

Las Partes se han comprometido a alcanzar un tope de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero lo antes posible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones y las compensaciones de estas en la segunda mitad del siglo. Los Estados también deben aumentar sus esfuerzos de mitigación y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero."

PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

Fuente: http://www.ambafrance-mx.org/El-Acuerdo-de-Paris-entrara-en-vigor-el-4-de-noviembre
Consultado: 10/03/2017



En la imagen se muestra al Niño, en rojo destaca los efectos del fenómeno en la temperatura del Océano Pacífico
Fuente: **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** Consultado: 10/03/2017
http://www.noaa.gov/understanding-el-nino

Las fechas clave del Acuerdo de París

Fuente: **ConexiónCOP**

Nopalimex en este sentido está a la vanguardia de las energías renovables, ya que la generación de biogás con nopal, su utilización como energía calorífica, para generar electricidad y biocombustible para vehículos no genera gases de efecto invernadero.

México tiene en el nopal el instrumento adecuado para entrar de frente y con acciones concretas y tecnología probada, al combate al cambio climático, la semilla está sembrada, ¡toca al Gobierno mexicano tomar esta mano extendida!

Biomasa de nopal

En México desde 2010, opera con éxito una planta agroindustrial que ya pasa a planta comercial, como pequeño productor de energía, única en su género en México y el mundo, de generación de biogás, calor, electricidad y combustible a partir de la biomasa de nopal, para sustituir el uso de gasolina, ubicada en Zitácuaro, Michoacán.

Planta agroindustrial de generación de biogás con nopal en Zitácuaro, Michoacán.

Vista actual de la Planta agroindustrial de generación de biogás que se emplea como energía calorífica y para generar electricidad en Zitácuaro, Michoacán, que opera desde 2010. La figura muestra el momento final de la cadena productiva, con el vehículo cargando biogás de nopal, en sustitución de gasolina.

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

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

- Crea empleos en la localidad, disminuye la migración, propicia la integración familiar.
- Crea polos de desarrollo, transformando la realidad local e incrementando la actividad económica.
- Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume 70 toneladas de CO_2 por hectárea, transformándolo en ácido málico.
- Revitaliza la tierra erosionada, atomizada y cansada, volviéndola fértil.
- 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.

- Constituye una fuente de ingresos en el mercado de abono orgánico.
- Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina.
- Participa en el intercambio de certificados limpios.
- Es una excelente oportunidad para los estados como Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche con una gran infraestructura física, ahora en abandono, que de la abundancia petrolera, ahora sobrellevan miles de desempleados por el incremento de la producción para crear una caída artificial del precio internacional del petróleo, que dejó un enorme “boquete” de un 33% en el PIB mexicano. Amén de los daños que causan al planeta los combustibles fósiles.
- Es una energía renovable que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética sería incompleta y excluyente.
- La generación de energía con nopal es tecnología mexicana patentada por el IMPI, con el **título No. 338494.**

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

SE
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

TÍTULO DE PATENTE NO. 338494

Titular(es): ROGELIO SOSA LÓPEZ; MIGUEL ÁNGEL AKÉ MADERA

Domicilio: Degollado Poniente # 38, Colonia Morelos, 61518, Zitacuaro, Michoacán, MÉXICO

Denominación: PROCESO Y EQUIPO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE CACTÁCEAS POR MEDIO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA.

Clasificación: Int.Cl.8: C05F11/00; C05F11/06; C05F11/08; C05F9/00; C05F9/02; C05F9/04; C12M1/107

Inventor(es): ROGELIO SOSA LÓPEZ; MIGUEL ÁNGEL AKÉ MADERA

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
MX/a/2012/000453	9 de enero de 2012	13:20

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 9 de enero de 2032

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 28/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009,06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii) 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) y antepenúltimo párrafo del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 20 de abril de 2016

SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES, ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE REGISTROS DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Arenal No. 550, Piso 1
Col. Pueblo Santa María Tepepan,
Xochimilco, C.P. 16020,
Ciudad de México
Tel. (55) 53 34 07 00 www.impi.gob.mx

MX/2016/036676

Energía con biomasa de nopal

El Dr. Jorge M. Huacuz Villamar, en su libro intitulado, *Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transición energética de México (2016)*, sobre la planta de Zitácuaro, Michoacán, dejó plasmada su opinión de esta manera:

“De la promoción, de vuelta al desarrollo.

Energía de nopales

En el año 2010 la GER-IIE comenzó a involucrarse en un proyecto para la producción de biogás y electricidad a partir de la biomasa de nopal. El nopal es una cactácea endémica del continente americano que se encuentra ampliamente difundida en las regiones áridas y semiáridas de la República Mexicana, pero ha logrado aclimatarse y adaptarse a condiciones de otras latitudes. Tiene pocas exigencias en su manejo y puede crecer en suelos muy pobres en nutrientes, pero también responde bien a condiciones mejoradas de riego, fertilización y control de plagas. Por sus altos rendimientos de biomasa, sus bajos requerimientos de agua y nutrientes, así como por su capacidad para desarrollarse en climas desérticos y semidesérticos con poca o baja precipitación pluvial, el nopal se sitúa como una importante fuente potencial de bioenergía.

El interés del Instituto en el aprovechamiento del nopal como fuente de energía se enmarcó dentro de lo establecido en las leyes emitidas un par de años antes para la promoción de los bioenergéticos y el aprovechamiento de las energías renovables. Por ese entonces un grupo de productores del campo en la región de Zitácuaro, Michoacán, **Sin gran conocimiento de la tecnología de biodigestión** (el resaltado es nuestro), habían emprendido un proyecto para construir un biodigestor de nopal para producir biogás y, a través de la oficina México del Organismo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) buscaron el apoyo de los investigadores de la GER-IIE para lograr sus propósitos. Este hecho creó una gran oportunidad para aplicar los conocimientos previamente adquiridos por los investigadores del IIE en relación con los procesos de producción de biogás a partir de la biomasa de frutas y legumbres, y dio pie a la realización de experimentos de laboratorio para confirmar la viabilidad del proceso de biogasificación del nopal. Estos experimentos han dado información sobre el rendimiento de biogás por unidad de masa del nopal y han permitido establecer las condiciones bajo las cuales esto es posible en biodigestores de escala natural.

En paralelo a los trabajos de laboratorio, los investigadores del Instituto trabajan en colaboración con personal de la empresa NOPALIMEX, constituida en torno a este proyecto, con el propósito de mejorar el rendimiento de la planta de biogasificación ubicada en la Ciudad de Zitácuaro. Se busca con ello obtener información útil para desarrollar el paquete tecnológico que permita reproducir la tecnología bajo distintas condiciones de climas y terrenos, y a distintas escalas. Las actividades continúan en esa dirección con la participación de investigadores del Campo Experimental Bajío del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de la SAGARPA, quienes aportan su conocimiento sobre los aspectos agronómicos del cultivo del nopal. El propósito de estos trabajos es viabilizar la posibilidad de instalar en comunidades rurales plantas de generación eléctrica operadas con biogás de nopal, integradas a unidades productivas que impulsen el desarrollo económico local. El modelo se basa en el esquema establecido en la unidad que opera en Zitácuaro, donde la energía obtenida de los nopales sustenta la operación de una planta procesadora de productos de maíz. Objetivos adicionales e importantes de la actividad conjunta NOPALIMEX-IIE-INIFAP son la optimización del cultivo del nopal para fines energéticos, la inclusión de las comunidades rurales en el ámbito energético, y la creación de empleos.

El nopal tiene actualmente muchas aplicaciones, dependiendo de la variedad de que se trate: forrajero para alimentar ganado, tunero para comercializar directamente el fruto o producir jaleas y mermeladas, para producir grana cochinilla para la industria textil, en la industria de los cosméticos, y para la alimentación humana, principalmente en la gastronomía mexicana donde los “nopalitos” tienen usos en una variedad de platillos, postres y bebidas. Es esta última aplicación la que ha llevado a algunos individuos, tanto en el ámbito de CONACYT como en el de la SENER, a cuestionar la conveniencia de destinar la biomasa de nopal para producir energía. Sin embargo, esta inquietud podría estar poco fundamentada, ya que existen en México una gran variedad de especies de nopales, siendo reconocidas 377 de ellas, de las cuales cerca de la mitad es explotada de manera artesanal o industrial, mientras que las restantes se encuentran en forma silvestre sin ser debidamente explotadas. Además, con frecuencia la producción de nopal excede con mucho al consumo en sus distintas aplicaciones por lo que, contrario a lo que se aduce, su uso para fines energéticos ayudaría a balancear los mercados.

Tan es así que, con fondos concurrentes de CONACYT, la empresa cementera Cruz Azul ha construido ya una planta de generación eléctrica de 1 MW de capacidad a partir de la biomasa de nopal que le provee un grupo de productores del campo en el Estado de Aguascalientes. Por su parte, el Gobierno de la Ciudad de México recientemente hizo aportaciones de capital para que los productores de nopal de la zona de Milpa Alta, Distrito Federal, procedan a construir un biodigestor para convertir en energía los remanentes del cultivo de "nopalitos".

La idea de producir biogás a partir del nopal no es nueva. Todo apunta a que se originó al Sur del Continente Americano, en Chile para ser más precisos. Sin embargo, ha sido en México donde esta innovación ha tenido los avances más significativos. Al cierre de la edición de este libro la planta de la empresa NOPALIMEX contaba ya con cinco años de operación continua y puede ser considerada como la más antigua de su género en el mundo ligada a una actividad productiva. La noticia del éxito de esta operación ha trascendido a otros confines, lo que ha generado gran interés de gobiernos y empresarios por llevar la tecnología a otros estados y a otras naciones. El paquete tecnológico que desarrolla la GER-IIE en conjunto con INIFAP permitirá realizar este proceso de manera eficaz y expedita**".**

Hasta aquí la contribución del Dr. Jorge Huacuz Villamar, extraídas de su libro.

Es muy loable la aportación y opinión del Dr. Huacuz, prestigiado investigador del INEEL, hacia este proyecto exitoso; sin embargo, es importante precisar que las personas que han estado a cargo de la operación diaria durante los últimos 6 años de la planta agroindustrial de Zitácuaro, tienen los conocimientos sólidos y suficientes en materia de agronomía, biotecnología y del proceso de biodigestión anaerobia, reconociendo en todo momento la asesoría técnica del INEEL a través de GER y por conducto del invaluable apoyo del Ing. José Luis Arvizu, tan es así, que en 2015 esta tecnología mereció el Premio Nacional de Trabajo 2015, que otorga el Gobierno de la República, a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y en 2016, se obtuvo la patente correspondiente.

Por otra parte señala el Dr. Huacuz, que los objetivos adicionales e importantes de la actividad conjunta NOPALIMEX-IIE-INIFAP son la optimización del cultivo del nopal para fines energéticos, la inclusión de las comunidades rurales en el ámbito energético, y

la creación de empleos, basada en el modelo y en el esquema establecido en la unidad que opera en Zitácuaro, donde la energía obtenida de los nopales sustenta la operación de una planta procesadora de productos de maíz. Lo cierto es que aún no está firmado el Convenio de Colaboración, por falta de acuerdos. Esperamos que la prudencia se imponga y camine este trabajo conjunto.

La resiliencia del personal de la planta de Zitácuaro le ha permitido aprender y superar con mucho barreras y adversidades y mejorar sus procesos de trabajo en la generación de energía, de tal suerte, que ahora se han realizado pruebas con éxito, para utilizar el biogás del nopal en vehículos automotores y para ello, se requiere el conocimiento técnico y científico para obtener porcentajes de metano con valores del **97%** y con un biogás absolutamente seco, con procesos sofisticados de limpieza para eliminar el H_2S (ácido sulfhídrico) y el CO_2 y hasta ahora ningún centro de investigación en México ha logrado esto, combinando además en el proceso final el uso de hidrógeno, que optimiza el rendimiento del biogás con nopal.

La secuencia fotográfica 1, 2 y 3 muestra la carga de biogás con nopal en los vehículos de prueba y la presentación en Morelia, Michoacán al Ejecutivo estatal, quien pudo constatar su funcionamiento.

Fotografía 1

Foto: Nopalimex.

Fotografía 2

Foto: Nopalimex

Fotografía 3

Foto: Nopalimex

Bibliografía

- **Figura 1. Participación de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad.** Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 02/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 14)

- **Esquema de una hidroeléctrica moderna.** Consultado: 02/03/2017 Fuente:http://www.geocities.ws/cytparatodos/vidaytierra/energiahidraulica/index.htm.

- **Tabla 1. Generación hidroeléctrica, 2011.** Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 02/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 15)

- **Figura 2. Generación hidroeléctrica para países seleccionados, 2011** Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 02/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 15)

- **Esquema Simplificado de una Planta Hidroeléctrica.** Recuperado 03/03/2017 https://apsmaroc.wordpress.com/2011/02/10/energia-y-su-transformacion/

- **Tabla 2. Generación Eoloeléctrica, 2011**. Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 02/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 16)

- **Figura 3**. **Generación eoloeléctrica para países seleccionados**. Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 02/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 17)

- **Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Líneas de Investigación.** Fondo SENER- CONACYT de Sustentabilidad Energética. Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Recuperado 03/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 81)

- **Tabla 3**. **Generación geo termoeléctrica, 2011** Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 17)

- **Figura 4**. **Capacidad de generación geotérmica para países seleccionados, 2011**. Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 18)

- **Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Líneas de investigación.** Fondo SENER- CONACYT de Sustentabilidad Energética. Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 83)

- **Tabla 4**. **Generación Mediante Energía Solar, 2011**
  Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017
  https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 18)

- **Figura 5. Capacidad de Generación Mediante Energía Solar Para Países Seleccionados, 2011**.
  Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017
  https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 18)

- **Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Líneas de Investigación, del Centro Mexicano de Innovación en Energía solar de reciente creación.**
  Fondo SENER- CONACYT de Sustentabilidad Energética.
  Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017
  https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 82)

- **Figura 6. Generación mediante energía solar térmica para España y Estados Unidos, 2011.**
  Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017
  https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 20)

- **Tabla 5. Generación mediante bioenergéticos.**
  Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. Consultado: 03/03/2017
  https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf (p 20)

- **Centro Mexicano de Innovación en Energía (CEMIE-BIO)** Consultado:03/03/2017
  https://www.gob.mx/sener/articulos/centro-mexicano-de-innovacion-en-bioenergia

- **Trasciende el Tema Ambiental** Fuente: **Reporte Índigo 13/10/2016.**

- **Mapa de energías renovables en México. Mundo solar**
  Consultado: 03/03/2017
  http://www.dforcesolar.com/energia-solar/mapa-de-las-energias-renovables-en-mexico/

- **Acuerdo de París**
  Fuentes: Consultado: 10/03/2017
  http://newsroom.unfccc.int/es/noticias/final-cop21/
  http://www.ambafrance-mx.org/El-Acuerdo-de-Paris-entrara-en-vigor-el-4-de-noviembre

  Otros enlaces:
  http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/combatir-el-cambio-climatico/

  Imágenes:

- **Acuerdo de París**. Consultado: 10/03/2017
  http://www.ambafrance-mx.org/El-Acuerdo-de-Paris-entrara-en-vigor-el-4-de-noviembre

- **El Niño, Temperaturas de la superficie marina** Consultado: 10/03/2017
  Fuente: http://www.noaa.gov/understanding-el-nino

- **Fechas Clave Acuerdo de París.** Consultado: 10/03/2017
  http://conexioncop22.com/cop22-que-avances-dejaron-las-negociaciones-en-marrakech/

- **Foto planta de generación de biogás con nopal, en Zitácuaro, Michoacán.**
  Fuente: Nopalimex

- **Título de Patente No. 3384 otorgada por el IMPI**.

- **Huacuz Villamar Jorge M**. **(2016)** ***Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transición energética de México*** Editado por: Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Morelos, México (pág. 8, 112,113 y 114)

- Secuencia fotográfica que muestra la carga de biogás con nopal en vehículos y presentación ante el Ejecutivo Estatal de Michoacán. Fuente: Nopalimex.

Capítulo III

Un caso de éxito en México: Biogás con nopal para vehículos automotores

¡De la idea a la realidad!

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

Foto: Nopalimex

Antecedentes

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, 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°C y 78°C.

Con el fin de diversificar sus horizontes se creó el Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, 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. Empleando diversas variedades del nopal, producto de procesos de hibridación, la asesoría correcta, el paquete tecnológico adecuado, con los que se lograron excelentes cosechas con resultados sorprendentes: 800 ton/ha/año; es decir, superó con mucho el promedio nacional de productividad del nopal, que promedia 130 ton/ha/año.

El uso de la energía solar y el cultivo exitoso del nopal, llevó más tarde a esta empresa a incursionar en la utilización de la biomasa de nopal para generar gas y electricidad, con el propósito de autoabastecer sus requerimientos y con ello reducir sus costos de producción para ser más competitiva 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 de nopal, resulta una verdadera innovación tecnológica, que dio como resultado el diseño, construcción y operación de una planta agroindustrial en operación desde el 2010, que produjo la primera flama de gas. Seis años después, la publicación de esta segunda obra sobre el tema, 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 y el actual Gobierno del Estado de Michoacán.

Los entregables del proyecto en cuestión son: Biogás, calor, electricidad, biocombustible para vehículos automotores, agua nitrogenada, humus orgánico y ahora en esta segunda fase, se comprime el biogás para los vehículos automotores de la empresa; sustituyendo la gasolina por biogás con nopal, 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 en 2009

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.

Preparación y acolchado del terreno en Zitácuaro, Michoacán a principios de 2009, que ha permitido el crecimiento rápido del nopal, alta productividad y para mantener la temperatura adecuada de la tierra, evitar pudriciones y crecimiento de maleza. Fuente: Nopalimex

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 cm de alto y 20 cm 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 y 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.

Penca virgen seleccionada para la plantación en Zitácuaro, Michoacán

En la gráfica mi pequeña hija Diana, presente desde el inicio de la plantación. Foto: Nopalimex

Plagas

Las plagas más perjudiciales conocidas son: Picudo de la espina, picudo del tallo, gusano cebra, 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 resecamiento 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 ser virgen de 6 meses a 1 año con sus yemas periferales intactas y 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 inicial fue de 30,000 pencas por hectárea y actualmente con densidades de 40,000 y 50,000 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 fósforo.

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 efectuarse por la noche y generalmente es de 4 a 6 horas según el tipo de cintilla o micro aspersor.

Siembra de penca virgen, Zitácuaro, Michoacán, 2009. Foto: Nopalimex

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 meristemos para propiciar su sano crecimiento y para que no pierdan su forma, ni modifiquen su sanidad y apariencia exuberante.

El control de hierbas y zacates es muy importante, de otra manera la producción disminuye, pueden 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 de fertilizantes, químicos ni de herbicidas, todo es manual o usando acolchados, el cual evita la incidencia de malezas.

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

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

Una vista panorámica de la plantación del nopal a los 4 meses. Una hectárea de nopal verdura con una densidad de 30,000 plantas por hectárea produce 1200 kg de verdura por hectárea. Cada día durante 272 días seguidos, posteriormente se deja descansar cuando se acumula la cosecha. En 1 año podemos cosechar hasta 800 ton/ha, con cortes 2 veces al año.
Foto: Zamna Aké Montiel. Plantación en Zitácuaro, Michoacán

Nopal de la plantación de Zitácuaro, listo para utilizarse para generar biogás y con una alta productividad. Foto: Zamna Aké Montiel

Planta de generación de energía con nopal en su primera fase

Imagen inicial de la planta, se aprecian tanques de almacenamiento, tanques de purificación, calentadores y el biodigestor

Foto: Nopalimex

Equipo de trabajo de la planta de Zitácuaro en su primera fase

La instalación y puesta en marcha de la planta agroindustrial generadora de biogás y electricidad a partir de la biomasa de nopal en Zitácuaro, Michoacán provocó asombro y generó muchas expectativas y a partir de 2010, se han recibido 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) ahora INEEL. 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

Foto: Nopalimex

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

Foto: Nopalimex

Generación de biogás a partir de la biomasa de 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 hectáreas de plantaciones especializadas en verdura, que involucran a 45,000 productores de nopal, que producen 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 2,000 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 ton/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 ton/ha/año y que puede producir ingresos hasta por $150,000 pesos por hectárea en temporal y más de $300,000 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 y biocombustible. Constituye un ejemplo para 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 70 toneladas de CO_2, por hectárea por año, y en un clúster de 1,000 hectáreas fija 70,000 toneladas de CO_2 al año, mitigando el daño al medio ambiente, producido por los gases de efecto invernadero y participando en el intercambio de certificados limpios.

Ideal sería 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 m^2 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, acerca de la viabilidad de la biomasa de 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, ¡ahora es una realidad!

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 CO_2 y H_2S es decir, ¡de la idea a la realidad!

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

Con los antecedentes de trabajos de investigación y experiencias de la generación de biogás y electricidad a través de diversas biomasas 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, bambú y la higuerilla, 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.

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 trasformadores de estos materiales, agregándose, la parte proporcional de agua; generándose con ello el biogás conteniendo CH_4, que a la vez se puede convertir en energía calorífica, electricidad y combustible para vehículos automotores, 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 en la naturaleza de la biomasa utilizada y relacionada con el contenido o potencial calorífico del biocombustible producido. Un ejemplo práctico, real, en operación y funcionamiento que ilustra nuestra historia es el caso de la planta agroindustrial de Zitácuaro, Michoacán, diseñada y construida para la obtención de biogás a partir del nopal.

México es el mayor productor de nopal en el mundo, se han realizado registros de diversos tipos y formas de nopal así como diferentes estudios en bancos de germoplasma, con procesos de hibridación en la búsqueda de mayor productividad.

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 ton/ha/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 no tiene partículas de H_2S y su producción es rápida debido a que los tiempos de residencia son bajos. Para el uso del biogás, como biocombustible para vehículos automotores, se requiere un proceso más sofisticado de limpieza, que deja el biogás absolutamente seco y libre de H_2S.

Bibliografía

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

- Foto de equipo multidisciplinario e interinstitucional de izquierda a derecha, Ing. José Luís Arvizu Fernández, Dr. Jorge Huacuz Villamar del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); ahora INEEL. 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. Foto: Nopalimex

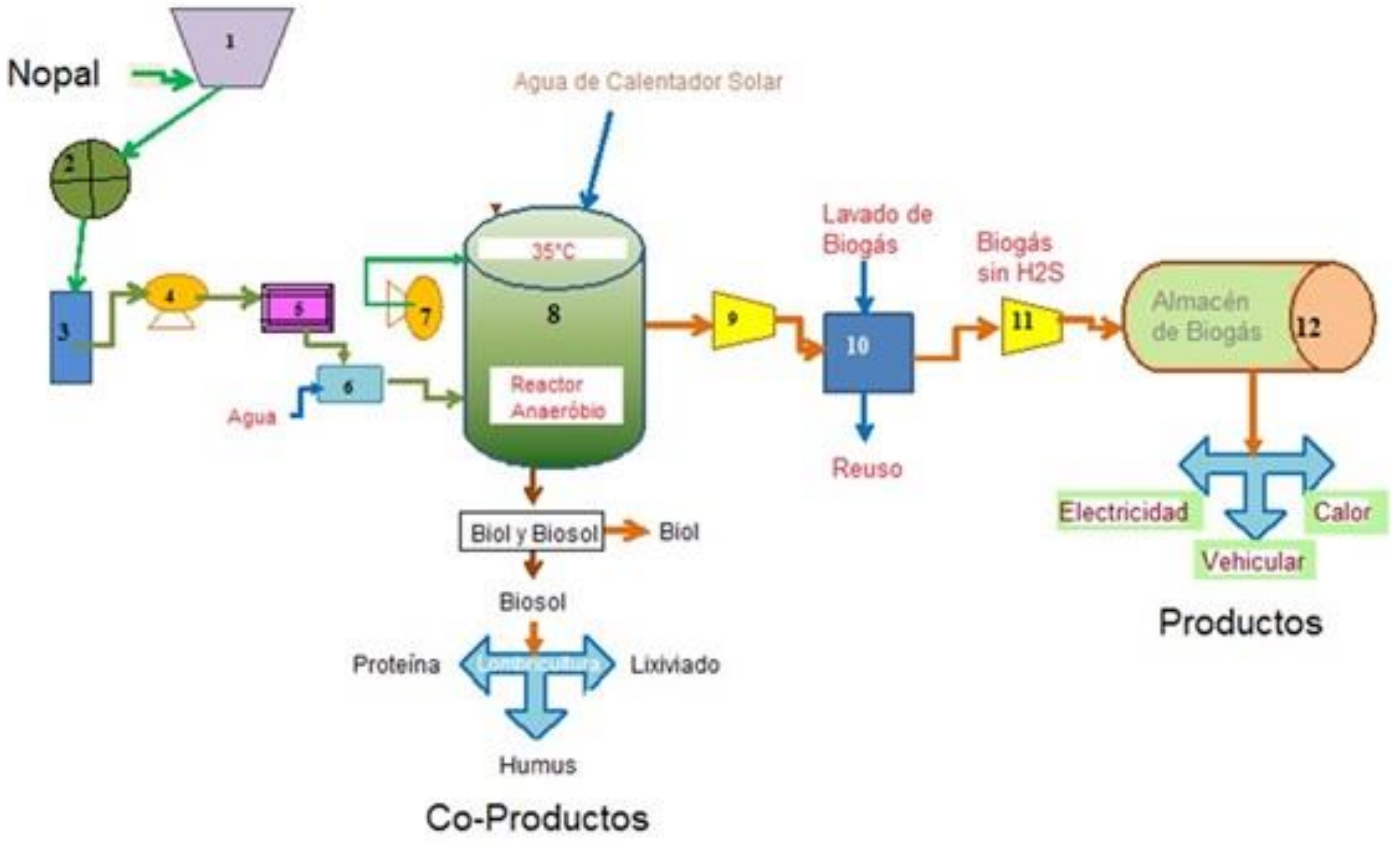
- Foto: Artífices del proyecto, con el Lic. Ramiro Magaña Pineda, funcionario de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), factótum en el inicio y durante el proyecto hecho realidad, proporcionando asistencia técnica oportuna, para el logro de los aspectos social,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

Capítulo IV

Proceso de generación de biogás para vehículos automotores

Para la construcción de este capítulo, se contó con la contribución destacada del Ing. José Luis Arvizu Fernández, investigador del INEEL, y la Ing. Laura G. Vargas Estrada quienes describen el proceso a través del siguiente diagrama esquemático:

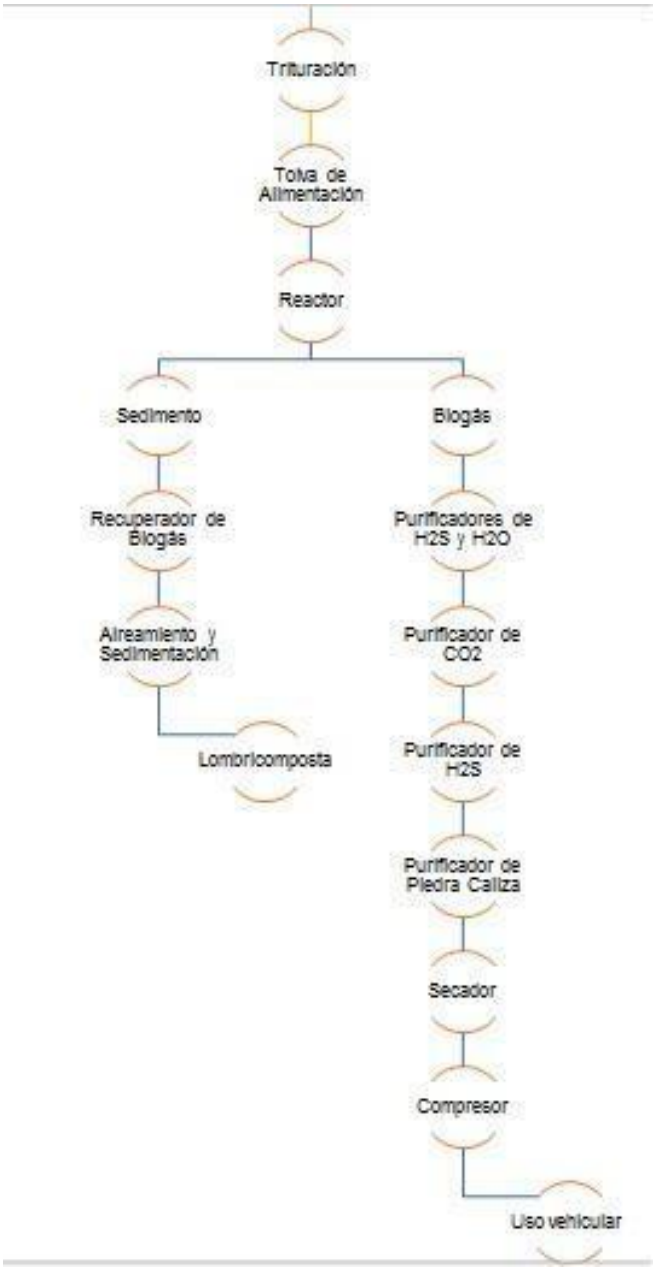
Diagrama general del proceso de generación de biogás con nopal
Descripción del equipo



Descripción detallada de las figuras del proceso de producción para vehículos automotores
Fuente: Nopalimex

En el proceso de producción de biogás la materia orgánica (nopales) es procesada (triturada) antes de ser alimentada al biodigestor. El biodigestor, también llamado tanque de fermentación, es el componente crucial de la planta, ya que provee las condiciones anaerobias en las cuales las bacterias generan el biogás. Una vez generado el biogás, es llevado a los filtros de limpieza, tanques de purificación y finalmente a los tanques de almacenamiento, el biogás es sometido a secado y compresión para su posterior uso en vehículos automotores.

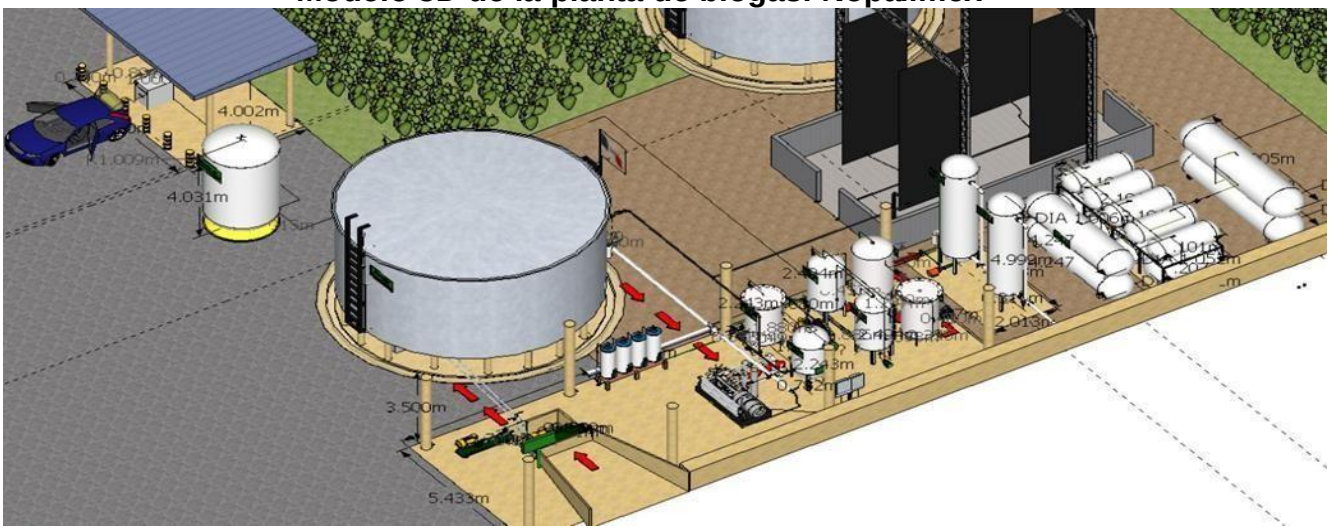
Figura 1.
Proceso de producción del biogás para vehículos automotores



Fuente: Nopalimex

Una vez realizada la digestión anaeróbica de la biomasa de nopal, el biogás pasa por un proceso de lavado descrito a continuación**.** La Figura 2 muestra el modelo 3D de la planta de biogás, en la cual se pueden observar el reactor anaeróbico, los tanques de lavado, los tanques de sedimentación y recuperación, filtros, compresor tanque de almacenamiento, compresor de biogás con nopal y finalmente la carga del biocombustible al vehículo.

Figura 2.
Modelo 3D de la planta de biogás. Nopalimex



Fuente: Nopalimex

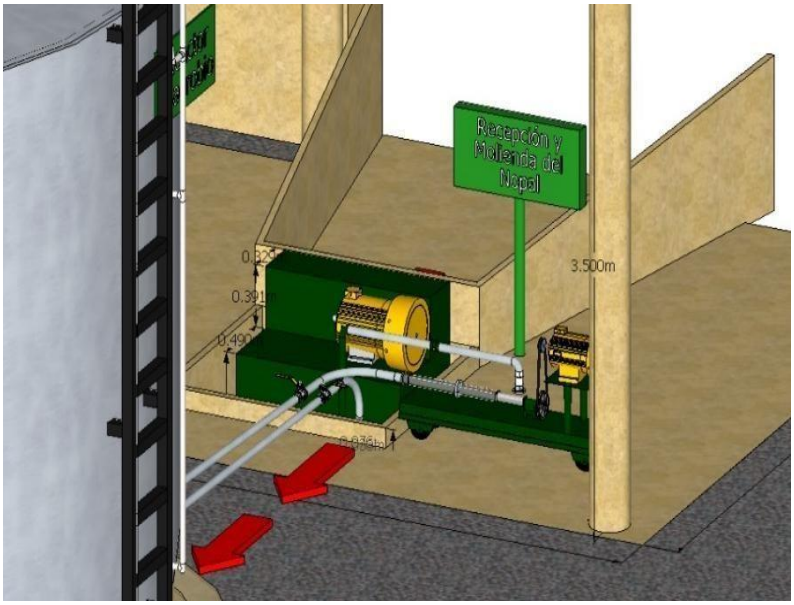
Recolección de nopales

Los nopales son cortados y llevados al molino de trituración por personal de la planta. Todos los nopales son utilizados para producir biogás, sin importar su tamaño, peso o estado.

Molienda de nopales

Una vez que los nopales son llevados al molino, se realiza el proceso de trituración.

Figura 3.
Vista de la tolva de alimentación de nopal



Fuente: Nopalimex

Figura 4
La biomasa de nopal lista para ser bombeada al reactor anaerobio

Foto: Nopalimex

Digestión anaerobia

Una vez llena la tolva, la biomasa de nopal es bombeada al reactor para el proceso anaerobio (Figura 5). La biomasa tiene un tiempo de residencia hidráulica muy breve. El tiempo de residencia hidráulica dependerá de la carga diaria de biomasa de nopal. Entre mayor sea la carga de biomasa de nopal al día, menor será el tiempo de residencia hidráulica.

La biomasa de nopal es agitada mediante unas bombas para evitar la formación de una nata. Con frecuencia se cambia la dirección de las bombas para obtener una mejor agitación. Al interior del reactor se encuentran intercambiadores de calor con el objetivo de mantener la temperatura del reactor en un rango de 35 ºC a 40 ºC.

El biogás producido es llevado posteriormente a un proceso de lavado y el sedimento al tanque de recuperación.

Figura 5.
Modelo 3D del reactor anaerobio

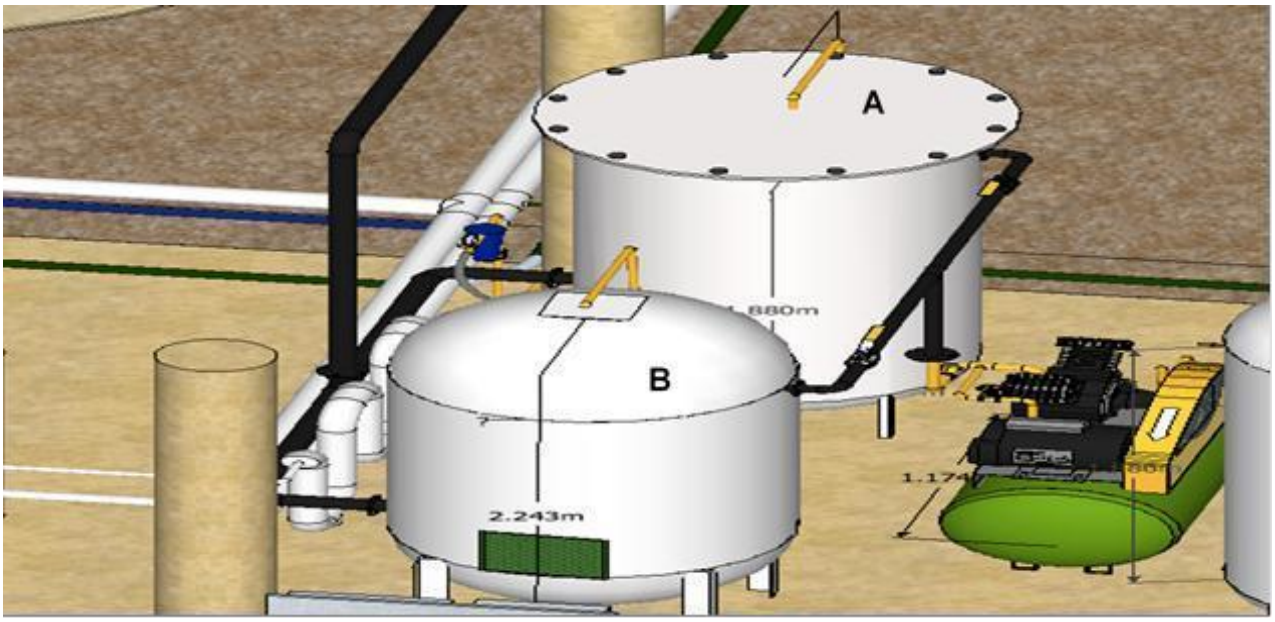
Fuente: Nopalimex

Lavado

1. Filtro de H_2S

La planta de biogás dispone de dos tanques de purificación de H_2S y CO_2. El biogás proveniente del reactor llega a dos filtros (Figura 6), estos tanques son tanques de purificación y de almacenamiento de biogás de nopal, agregando conexiones y puertas de acceso, las cuales han sido apernadas para su sellado hermético.

Figura 6.
Tanques purificadores de H_2S



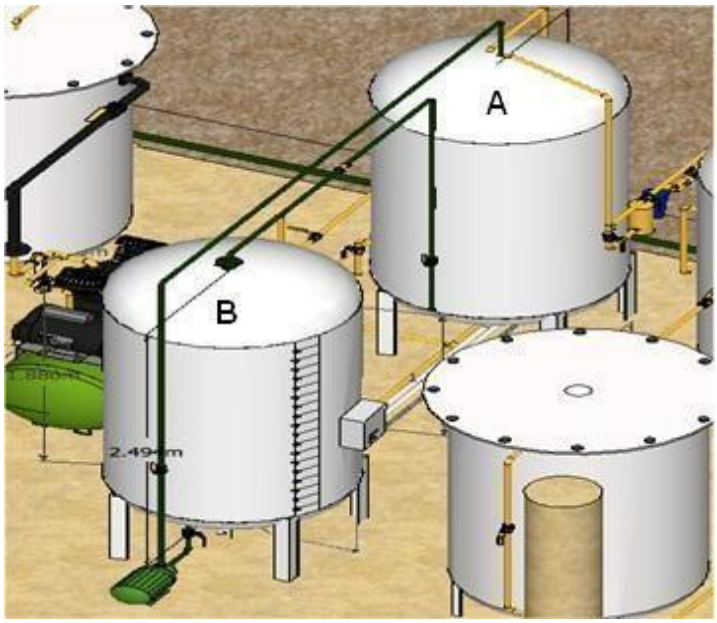
Fuente: Nopalimex

El tanque A representa un primer filtro. El tanque B tiene una función dual, extrae el H_2S generado en el reactor y atrapa el agua contenida en el biogás. Dispone de una entrada de aire y una línea de purga de gases en su sección media. Después de pasar por ambos tanques, el biogás es comprimido con un compresor para CH_4. El compresor se activa cuando la presión es de 3/4 kg/cm^2 y se desactiva cuando alcanza una presión de 1.5 kg/cm^2.

2. Filtro de CO_2

Este equipo permite extraer de forma selectiva una fracción de CO_2 contenido en el biogás. El biogás resultante tiene un contendido de CH_4 más elevado, sin olor, apto para su utilización en forma inmediata. El tanque en la parte superior cuenta con una línea de salida para el biogás limpio y otra línea de entrada para el líquido absorbente (Figura 7).

Figura 7.
Filtro de CO_2 (A) y tanque de recuperación de solvente (B)

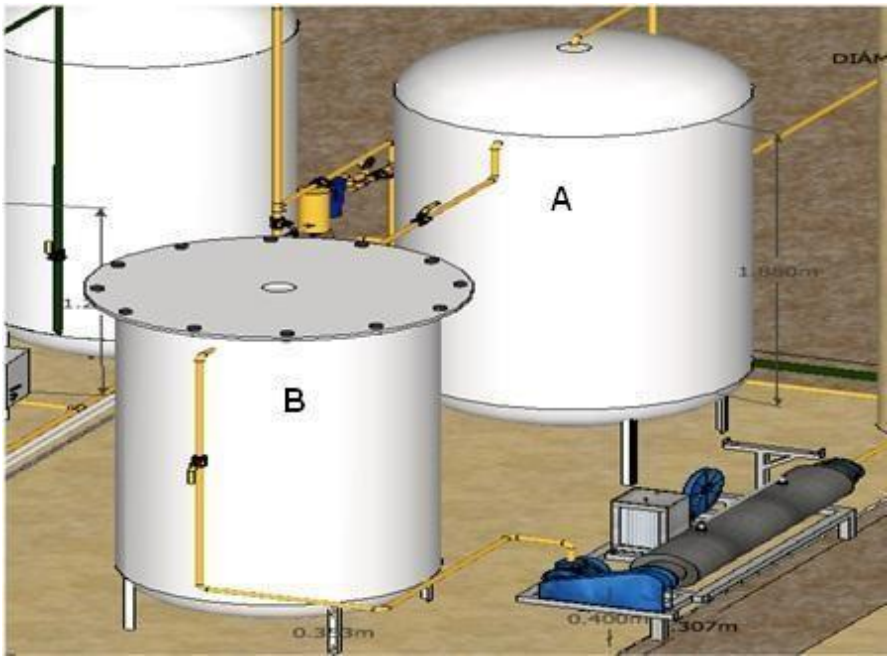


Fuente: Nopalimex

3. Filtro de eliminación de impurezas

Después de eliminar una fracción de CO_2, el biogás es dirigido a otro filtro eliminador de impurezas, donde son capturadas otras partículas residuales, para evitar dañar y afectar el funcionamiento de los vehículos automotores que utilizarán el biogás como biocombustible (Figura 8).

Figura 8.
El tanque A representa el filtro de impurezas y el tanque B el filtro de CO_2

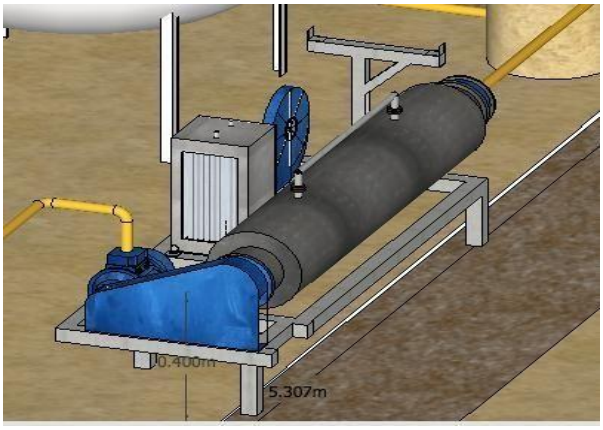


Fuente: Nopalimex

4. Secado

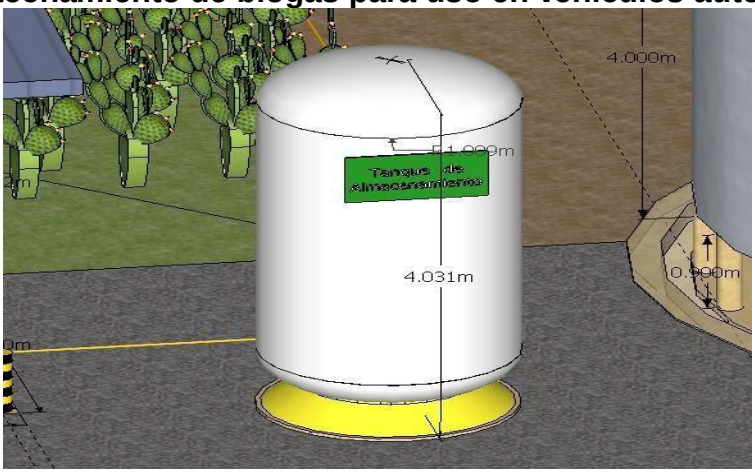
Posteriormente, el biogás pasa por un proceso de secado para eliminar la humedad remanente y así evitar problemas de corrosión en los motores de los automóviles.

Figura 9
Secador de Biogás



Fuente: Nopalimex

Figura 10.
Tanque de almacenamiento de biogás para uso en vehículos automotores



Fuente: Nopalimex

Una vez limpio, el biogás se almacena para su posterior compresión y uso como combustible en automóviles.

En la estación despachadora, el biogás es comprimido para ser cargado en el tanque del vehículo.

Figura 11.
Carga de biogás con nopal en el tanque del vehículo En la estación despachadora, el biogás es comprimido para ser cargado en el tanque del vehículo

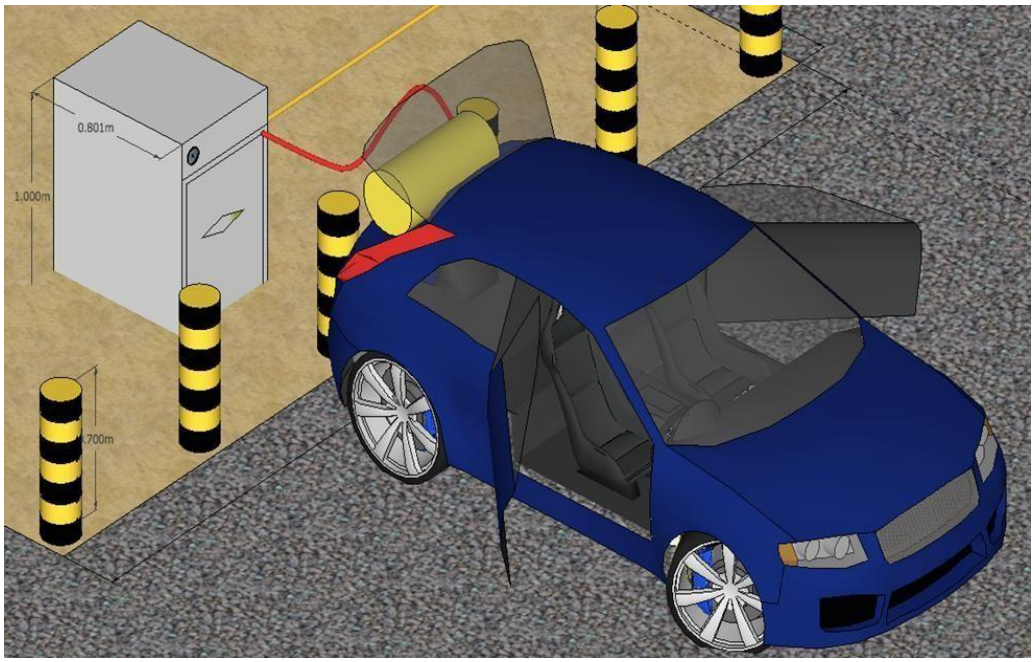
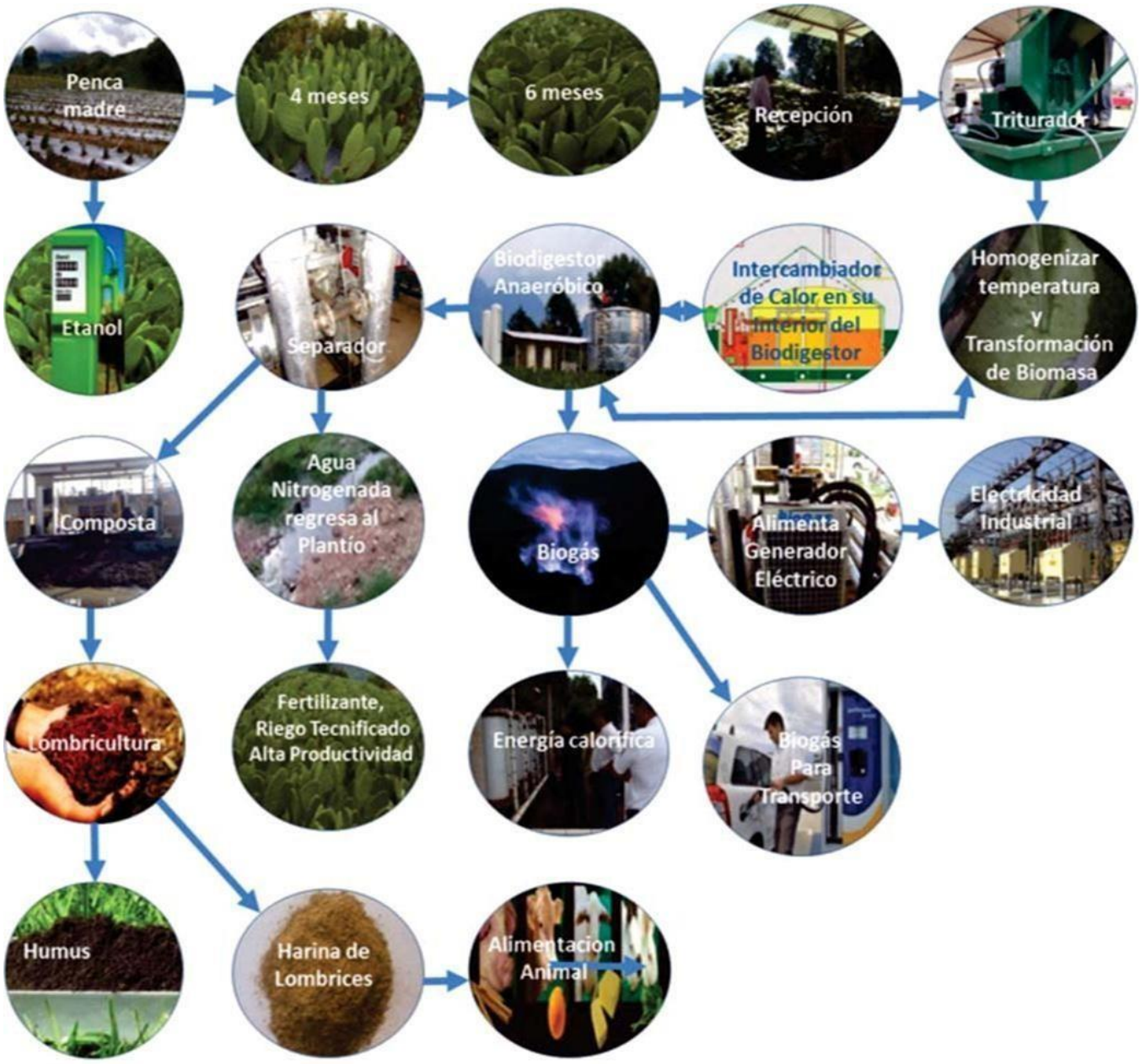


Diagrama esquemático del proceso, equipo requerido y los cuatro pasos para la obtención del biogás para generar calor, electricidad y biogás para vehículos automotores en sustitución de combustibles fósiles, por medio de digestión anaeróbica.



Fuente: Nopalimex

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 puestas en la tolva de recepción pasadas al triturador y sujeto a un proceso de homogenización incorporándose al biodigestor, en donde se mezclará con agua y elementos estimulados por los intercambiadores de calor en un proceso anaeróbico. En su fase inicial, para poder generar biogás pasarán de 4 a 6 semanas de proceso en el interior del biodigestor.

Paso 3. Los productos esperados serán el CH_4 en un 92%, CO_2, y una mínima cantidad de otras partículas, sedimentos para producir humus orgánico y agua nitrogenada, los cuales son excelentes fertilizantes que significan ingresos adicionales.

Paso 4. El biogás CH_4 alimenta un generador, para producir electricidad entregando 35.5 kw de energía eléctrica y/o suministro de biogás a vehículos de transporte en sustitución de gasolina, que es el caso que nos ocupa.

Generador eléctrico Nopalimex

Foto: Nopalimex

Bibliografía

- Diagrama general del proceso de generación de biogás con nopal
  Fuente: Ing. José Luis Arvizu Fernández investigador del INEEL y la Ing. Laura Vargas Estrada.
- Figura 1. Procesos de la producción de biogás para vehículos automotores.
- Figura 2. Modelo 3D de la planta de gas Nopalimex
- Figura 3. Vista de la tolva de nopal
- Figura 4. La Biomasa de nopal lista para ser bombeada al reactor anaerobio
- Figura 5. Modelo 3D del reactor anaerobio.
- Figura 6. Tanques purificadores de H_2S.
- Figura 7. Filtro de CO_2 (A) y tanque de recuperación de solvente (B)
- Figura 8. El tanque A representa el filtro de impurezas y el tanque B representa el filtro de CO_2
- Figura 9. Secador de Biogás.
- Figura 10. Tanque de Almacenamiento de Biogás.
- Figura 11. Carga de Biogás con nopal en el tanque del vehículo.
- Diagrama esquemático del proceso para la obtención de biogás.

Capítulo V

Programa de Generación de Biogás para vehículos automotores. Ampliación de la planta

El día 22 de enero de 2016, con la visita de trabajo del Ing. Silvano Aureoles Conejo, Gobernador de Michoacán en la planta de Zitácuaro, se estableció desde ese momento el compromiso de apoyar la segunda fase de ampliación de la planta, para arrancar el "Programa de Generación de Biogás con Nopal para el Transporte" Fuente: Nopalimex

En la imagen el Sr. Rogelio Sosa López, el Ing. Silvano Aureoles Conejo y Miguel Aké Madera Fuente: Nopalimex.

28 de enero de 2016. Puesta en marcha del Programa “Generación de Biogás con Nopal para el Transporte”. Con la presencia de autoridades municipales, estatales del Gobierno de Michoacán y del Gobierno Federal

Fuente: Nopalimex.

Inicio de la construcción del segundo biodigestor, el 1° de marzo de 2016, 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

Fuente: Nopalimex

Avance de la construcción del Biodigestor al 30 de abril de 2016. Segundo Biodigestor

Fuente Nopalimex

14 de marzo de 2016, adaptaciones al Vehículo de la planta para colocar el tanque de biogás

Fotos: Nopalimex

Realizando pruebas y cargando biogás con nopal, con un compresor provisional en la estación despachadora de la planta de Zitácuaro

Foto: Nopalimex

El día 14 de marzo de 2016 se realizó la primera prueba de recorrido con un vehículo de la planta con biogás a base de nopal, concluyendo las pruebas sin problema alguno

Continúan las pruebas para determinar autonomía, rendimiento, aceleración y potencia. El vehículo de prueba, pasa satisfactoriamente las pruebas de verificación

Fotos: Nopalimex

El vehículo de prueba, pasa satisfactoriamente las pruebas de verificación

Foto: Nopalimex

Presentación del vehículo funcionando con biogás de nopal al Ejecutivo Estatal en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Morelia, el 25 de abril de 2016, Morelia, Michoacán

Presentación de vehículo funcionando con biogás de nopal, instalaciones de la UTM, Morelia, Michoacán

Fotos: Nopalimex

Nuestra participación en las Ferias de Zitácuaro y Morelia, Michoacán en la feria de Zitácuaro, el Ejecutivo del Estado visitando el área de exhibición de los productos de El Manjar del Campo, mostrando una gran raqueta de nopal

Participación en la Feria de Morelia.
El vehículo a biogás con nopal causó una gran expectación

Fotos: Nopalimex

Imagen de la planta que muestra la conclusión de la construcción del segundo biodigestor y la estación despachadora de biogás, tanque de almacenamiento y compresor que surte de biogás al vehículo
Foto: Nopalimex

NopaliMex
BIOGÁS & ELECTRICIDAD VERDE
PREMIO NACIONAL DE TRABAJO 2015

¿Quiénes somos? Creación de Nopalimex

Antecedentes

Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, S.P.R. de R.L. y Nopalimex

Empresa 100% mexicana que opera en alianza estratégica con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), ahora INEEL y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en la producción de biogás, energía calorífica, electricidad y combustible para vehículos automotores, a partir de la biomasa de 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; fundamentalmente pequeñas y medianas empresas, para reducir costos de producción y de manera gradual desplazar 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:

2009 se inicia la plantación del nopal con la selección de la especie adecuada y la construcción de la infraestructura física del biodigestor y equipo 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 planta agroindustrial y planta demostrativa.

2013-2014 Construcción y equipamiento de la nave industrial e instalación del calentador solar.

2015 Nopalimex se hace acreedor al Premio Nacional de Trabajo 2015 otorgado por la Presidencia de la República a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, con la "Aplicación de la Biotecnología e Ingeniería para generar Biogás y Electricidad con biomasa de nopal". Miguel Aké fue el orador oficial y representante de los trabajadores galardonados.

Escuchando el Himno Nacional, Miguel Aké Invitado al Presídium de la Décimo Primera Entrega del Premio Nacional de Trabajo 2015

Fuente: http://www.gob.mx/stps/galerias/entrega-del-premio-nacional-de-trabajo-2015

2016 Nopalimex obtiene la patente otorgada por el IMPI.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

SE

TÍTULO DE PATENTE NO. 338494

Titular(es):	ROGELIO SOSA LÓPEZ, MIGUEL ÁNGEL AKÉ MADERA
Domicilio:	Degollado Poniente # 38, Colonia Morelos, 61518, Zitacuaro, Michoacán, MÉXICO
Denominación:	PROCESO Y EQUIPO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE CACTÁCEAS POR MEDIO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA.
Clasificación:	Int.Cl.8: C05F11/00; C05F11/06; C05F11/08; C05F9/00; C05F9/02; C05F9/04; C12M1/107
Inventor(es):	ROGELIO SOSA LÓPEZ, MIGUEL ÁNGEL AKÉ MADERA

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
MX/a/2012/000453	9 de enero de 2012	13:20

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 9 de enero de 2032

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III, y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009,06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012), artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii) 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) y antepenúltimo párrafo del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 20 de abril de 2016

SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES, ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE REGISTROS DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ

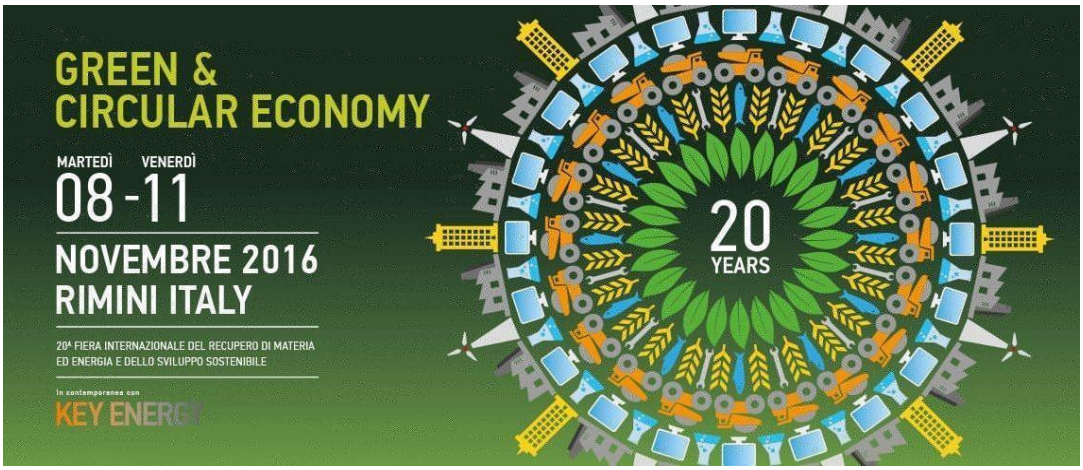
2017 publicación del libro: Biogás con nopal para vehículos en sustitución de combustibles fósiles.

Planta agroindustrial de generación de biogás con nopal en Zitácuaro, Michoacán

Vista actual de la Planta agroindustrial de generación de biogás que se emplea como energía calorífica y para generar electricidad en Zitácuaro, Michoacán, que opera desde 2010. La imagen muestra el momento final de la cadena productiva con el vehículo cargando biogás de nopal, en sustitución de gasolina. Fuente: Nopalimex.

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 de 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.

Nopalimex asiste a la Feria Internacional del Reciclaje de la energía renovable y desarrollo sostenible 2016, en Rimini Italia



Invitados por el Gobierno de Italia, a través de la Agencia Italiana para el comercio exterior de la Embajada en México, asistimos a tan importante evento con expectativas de intercambio comercial con ese país Fuente: Nopalimex

Wiefferink y Nopalimex firman acuerdo de colaboración técnica y comercial

En correspondencia a la asistencia de Nopalimex a Rimini Italia en Noviembre 2016, los señores Owen Yeatman, Marcel Ter beek y Antonio de Cristofaro de la empresa Wiefferink con sede en Holanda, realizaron una visita de trabajo del 4 al 11 de marzo 2017 iniciando en la planta de Zitácuaro, Michoacán y culminó en León, Guanajuato en el marco de Low Carbon Business Action donde Nopalimex y Wiefferink firmaron un acuerdo de colaboración técnica y comercial.

En la foto Miguel Aké, Ing. José Luis Arvizu, José Antonio Cambrón en pláticas con los señores Owen Yeatman, Marcel Ter beek y Antonio de Cristofaro, empresarios europeos. Foto: Nopalimex

Miguel Aké, Rogelio Sosa, Owen Yeatman, Marcel Ter beek y Antonio de Cristofaro, firman conveno de colaboración técnica y comercial. Foto: Nopalimex

Hora24 Periodismo con Razón del 9 de marzo 2017 reporta lo siguiente:

“El gobierno holandés, está interesado en otorgar recursos tanto en capacitación como en apoyos económicos, a las empresas mexicanas que estén interesadas en optimizar sus recursos y priorizar el uso de energías renovables a favor del medio ambiente.

Ayer, representantes de empresas españolas, alemanas, inglesas y mexicanas se dieron cita en el congreso denominado Low Carbon Business Action in México, donde éstas expusieron su labor en la transformación de biomasa, energía y aire a través de recursos no contaminantes y con ello mitigar los gases de efecto invernadero.

Esta reunión también será la plataforma donde las empresas de Guanajuato en un alto porcentaje del sector curtidor y agroindustrial podrán conocer la tecnología para aplicarla a sus procesos, y con ello las ventajas económicas y medio ambientales que pueden obtener.

NOPALIMEX

Empresarios de Italia, Holanda e Inglaterra, acudieron a las instalaciones de la empresa mexicana Nopalimex, la cual está ubicada en Zitácuaro, Michoacán, donde el nopal es transformado en plantas generadoras de biogás, energía eléctrica y combustible para transporte.

Los empresarios y representantes de dichos países, dijeron sentirse sorprendidos por los procesos sencillos pero eficaces que realiza ésta empresa en México, por lo que en corto firmarán un acuerdo.

Asimismo, refirieron que este miércoles visitarán la empresa tequilera La Herradura en el estado de Jalisco, a fin de orientarse en la producción con el uso de tecnología de energía renovable, con lo cual aseguraron, el maguey producirá más y mejor tequila.

México se comprometió para el 2030 como parte de la Ley General para el Cambio Climático, bajar sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 22 por ciento, lo que implica una reducción de 300 millones de toneladas gases contaminantes; actualmente México emite 660 millones de toneladas de gases de efecto invernadero, sin embargo a nivel mundial, representa un 1.3 por ciento de impacto.”

Fuente: Hora24 Consultado 12/03/2017.
http://hora24.mx/?p=11694

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 de 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 nivel 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 con nopal a partir de los elementos de la agronomía, biotecnología y el proceso de digestión anaerobia e ingenieril para generar calor, electricidad y biocombustible para sustituir combustibles fósiles, con alto impacto en los siguientes aspectos:

Ambiental

- Coadyuva en el combate contra el cambio climático, no se producen gases de efecto invernadero, por el contario 1000 hectáreas sembradas de nopal consumen 70,000 toneladas de CO_2.
- La energía producida por la biomasa de nopal es renovable, limpia y sustentable.
- La siembra del nopal restaura suelos pobres y detiene la desertificación.
- La recuperación de agua nitrogenada es fertilizante orgánico que propicia la alta productividad del nopal.

- La producción de humus orgánico ayudará a enriquecer los suelos para mejorar la cosecha de alimentos.
- Participación en certificados limpios.

Social

- Implementa 4 empleos directos por cada hectárea de cultivo, creando empleos indirectos adicionales a los moradores del lugar.
- Los subproductos de la biomasa de 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 y/o Nopalimex.

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, electricidad y combustible para el transporte.
- Etanol
- Humus orgánico
- Agua nitrogenada (fertilizante) venta de certificados limpios.
- Nopal para consumo humano, como forraje, para uso médico, cosmético, industrial, etc.

Fortalezas

- Alianzas estratégicas con el INEEL y la ONUDI e instituciones educativas y de investigación, como el IPN, ITNM, UTN y Chapingo.
- Infraestructura física integral, 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.

Modelo de Negocios

Se ha diseñado un Modelo de Negocios y establecido el ciclo de vida de la empresa Nopalimex SAPI de C.V. con base en las asociaciones y alianzas estratégicas clave, con la Unidad de Energías no Convencionales, del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), 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. Se cuenta con patente otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Título 338494.

El cuadro siguiente muestra la secuencia del modelo de negocios, en la primera fase:

ASOCIACIONES CLAVE

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.

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.

ACTIVIDADES CLAVE

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.

INFRAESTRUCTURA CLAVE

La empresa cuenta con una plantación de nopal en plena producción, una planta piloto a plena escala para la producción de energía, y personal capacitado para la operación y mantenimiento del sistema. En una siguiente etapa, probará bio-reactores rápidos y técnicas avanzadas de producción de nopal

OFERTA DE VALOR

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.

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.

RELACIÓN CON CLIENTES

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

CANALES DE ENTREGA

El paquete tecnológico se ofertará a posibles usuarios mediante proyectos "llave en mano', licencias no exclusivas, o alianzas estratégicas, según el caso

SEGMENTOS DE CLIENTELA

El ámbito de aplicación del paquete tecnológico se ubica en los siguientes dos segmentos:

- Entidades de los tres niveles de gobierno, principalmente para el suministro eléctrico de los servicios municipales y el alumbrado de edificios e instalaciones varias
- Para el suministro eléctrico de pequeñas comunidades rurales
- Para el autoabastecimiento de calor y electricidad de pequeñas y medianas empresas del sector privado

ESTRUCTURA DE COSTOS

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.

FLUJO DE INGRESOS

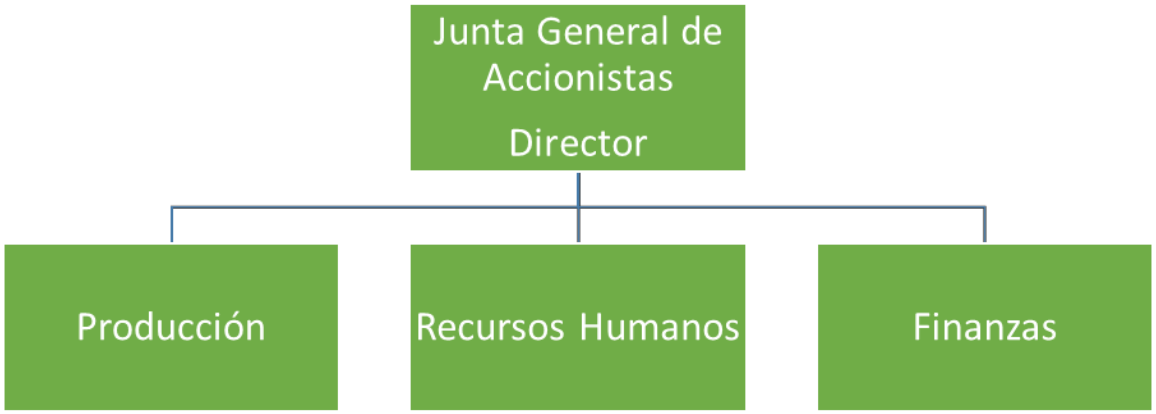
Hasta ahora la empresa ha operado con recursos propios, lo que le ha permitido construir la infraestructura básica con que cuenta y demostrar la factibilidad técnica del proceso. En el corto plazo, busca el apoyo de fondos gubernamentales para consolidar sus operaciones y promover sus productos. En el mediano y largo plazcs, busca establecer una operación rentable y financieramente autosuficiente, basada en la venta de su tecnología y servicios de asistencia técnica.

CICLO DE VIDA DE LA EMPRESA NOPALIMEX

Para establecer el ciclo de vida de la empresa se consideró la vida productiva del proyecto empleado en el análisis económico financiero, y un crecimiento exponencial de acuerdo a las experiencias de construcción de biodigestores en México y Alemania, considerándolos como los extremos de crecimiento. También se consideró el esquema de transferencia de tecnología de llave en mano mediante contratos de Licencia de la Tecnología (Patente) y de Asistencia Técnica opcionales de acuerdo al cliente.

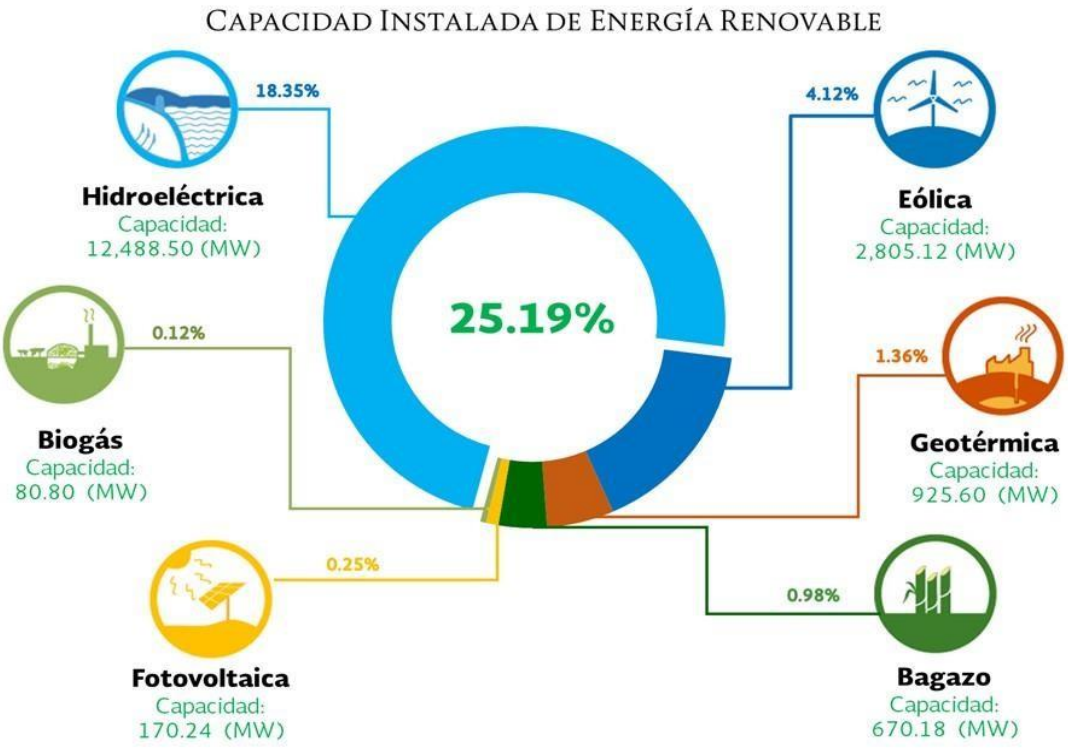
De tal manera que el ciclo de vida a corto, mediano y largo plazo en suma será de 20 años, correspondiendo el corto plazo a dos años, el mediano del cuarto al décimo año y a largo plazo de los 11 a los 20 años. Los paquetes Tecnológicos que se pudieran transferir serían cada año, con su aplicación hacia la sustitución de GLP, gasolina o electricidad. El precio del Paquete Tecnológico estará compuesto por dos rubros, uno inicial y otro durante los quince años de regalías anuales de cada proyecto, mediante cobros iguales a la cantidad de biogás o electricidad generado anualmente.

Organigrama de la empresa Nopalimex

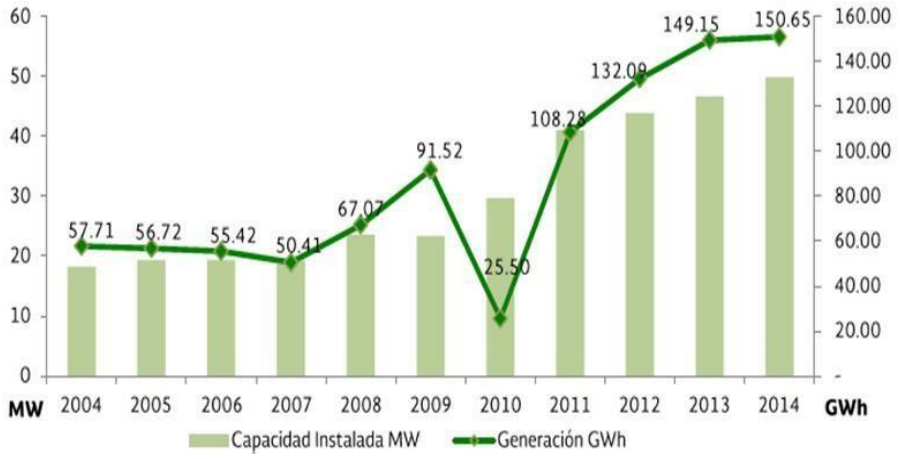


Conclusión

La importancia de los bioenergéticos en México es mínima dentro de las energías renovables, y estas a la vez dentro de la matriz energética del país, tal como se observa en las siguientes gráficas:



Fuente: SENER



Fuente: (SENER, 2015)

Biogás con nopal

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, 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 ton/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 H_2S 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, en específico de los combustibles fósiles, la Reforma Energética contempla subsanar el déficit del país con la importación y suministro de hidrocarburos, combustibles y gas a través de la exploración y extracción en aguas profundas y del shale gas, ofertando la reducción de tarifas de electricidad y el precio del gas. Mientras no se implemente adecuadamente la Reforma Energética, se seguirá atendiendo la demanda, importando dichos productos a precios bajos y venderlos 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, y ante la caída brutal del precio del crudo mexicano, confirman el dicho de Henry Kissinger, Ex secretario 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"; todo esto ocasionado por el TLC.

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 aumentan cada día, 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 fracturamiento 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 es no. Existen factores geopolíticos-económicos que han influido y seguirán influyendo en la constante alza de los precios de los combustibles de hidrocarburos y gas en México, como se ha visto en 2016 y 2017.

Los precios de los combustibles en México son caros en comparación con Estados Unidos, más aún 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.

Por su lado, el Senado de la República, a través de sus voceros, habían anunciado que los precios del gas natural, gasolina y tarifas de electricidad permanecerían igual hasta el 2015, la realidad es otra. Aquí la pregunta es: ¿De dónde se van a obtener o compensar los ingresos petroleros perdidos? ¡Indudablemente de los impuestos a la gasolina importada! Eso lo estamos viviendo en la actualidad y la libre competencia de las gasolinas en México, no va a resolver el problema económico que afecta el bolsillo de los consumidores, los concesionarios extranjeros no son precisamente “madres de la caridad”.

¡Continuarán los gasolinazos y con ello la creciente irritabilidad social!

Frente a este escenario desalentador, debe surgir la tecnología mexicana, tomando en consideración la Ley de Transición Energética aprobada en 2015, que señala:

Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Es de orden público e interés social, de observancia general en los Estados Unidos Mexicanos y reglamentaria de los párrafos 6 y 8 del artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como de los transitorios Décimo Séptimo y Décimo Octavo del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013.

Artículo 2.- Para los efectos del artículo anterior, el objeto de la Ley comprende, entre otros:

I. Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones;

II. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable;

III. Incorporar las externalidades en la evaluación de los costos asociados a la operación y expansión de la Industria Eléctrica, incluidos aquellos sobre la salud y el medio ambiente;

IV. Determinar las obligaciones en materia de aprovechamiento sustentable de la energía y Eficiencia Energética;

V. Establecer mecanismos de promoción de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes;

VI. Reducir, bajo condiciones de viabilidad económica, la generación de emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica;

VII. Apoyar el objetivo de la Ley General de Cambio Climático, relacionado con las metas de reducción de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero y de generación de electricidad provenientes de fuentes de energía limpia;

VIII. Promover el aprovechamiento sustentable de la energía en el consumo final y los procesos de transformación de la energía;

IX. Promover el aprovechamiento energético de recursos renovables y de los residuos.

X. Las obligaciones establecidas en el artículo anterior deberán ser homologadas a los productos consumidos en el territorio nacional, independientemente de su origen.

Como se puede observar, la Ley de transición Energética contempla el impulso de las energías limpias, el cumplimiento de metas y hasta estímulos fiscales, pero en la práctica y del 2000 al 2016, se ha dado prioridad a las tecnologías extranjeras, fundamentalmente a la eólica y solar, que sí ayudan al cumplimiento de las metas de las energías limpias, pero no dejan beneficio económico para el país.

Seis años después del inicio de la generación de biogás y electricidad con nopal en la planta de Zitácuaro, Michoacán, se publica la segunda parte de este trabajo, cuyo propósito es el 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 biodigestores, y ha ampliado y duplicado su capacidad de producción gracias al impulso del actual Gobierno del Estado de Michoacán.
Los entregables del proyecto hecho realidad son: Biogás, calor, electricidad, agua nitrogenada, humus orgánico y ya comprime 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 de nopal y lo más importante es que se trata de tecnología mexicana, que es una realidad con una planta funcionando y superando cada día sus expectativas en los aspectos sociales, económicos y ambientales con las siguientes ventajas:

- Crea empleos.
- Crea polos de desarrollo, transformando la realidad local.
- Disminuye sustancialmente los gases de efecto invernadero, ya que consume 70 toneladas de bióxido de carbono de la atmósfera por cada hectárea de nopal sembrada, 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 certificados limpios.
- Produce humus orgánico y agua nitrogenada, excelentes fertilizantes orgánicos que elevan la productividad en el campo y generadores importantes de ingresos.
- Suministra biogás para el transporte, sustituyendo a la gasolina, diésel y gas natural, se combina con hidrógeno para optimizar el uso del biogás con nopal.
- El nopal se puede sembrar en prácticamente todo el territorio nacional y requiere poca agua y cuidados menores.

Es una excelente oportunidad para los estados como, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, con una gran infraestructura física, ahora en el abandono, que de la abundancia petrolera, ahora sobrellevan miles de desempleados por el desplome de la producción petrolera y la “caída internacional de los precios del petróleo”, que dejó un enorme “boquete” de un 33% en el PIB mexicano. Amén de los daños que causan al planeta los combustibles fósiles.

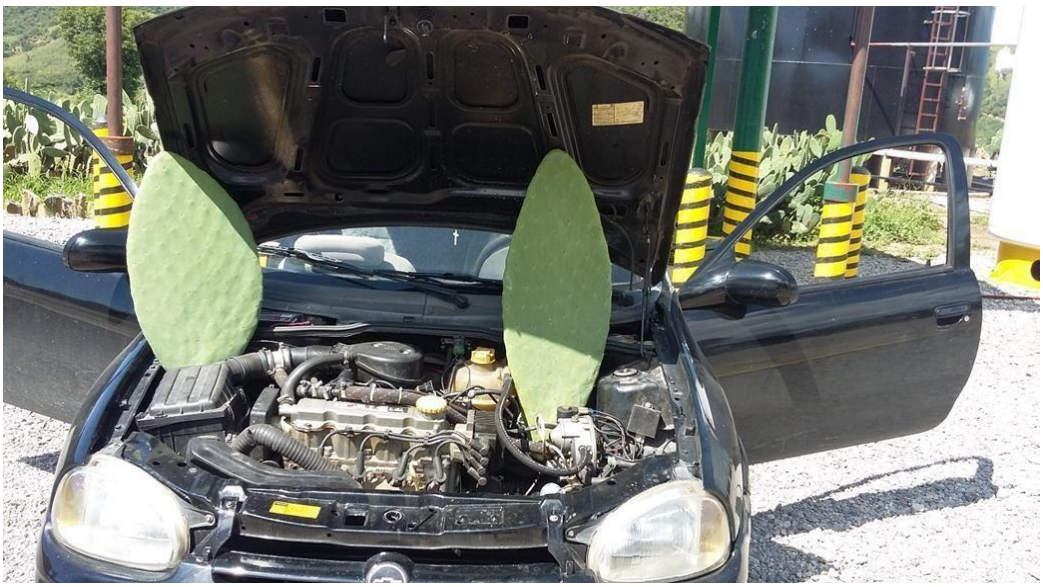
Es una energía, limpia y sustentable que merece un lugar en la matriz energética de México, sin ella la Reforma Energética estaría incompleta y sería excluyente.

Secuencia fotográfica de la carga de biogás con nopal y los equipos convertidor a biogás y generador de hidrógeno

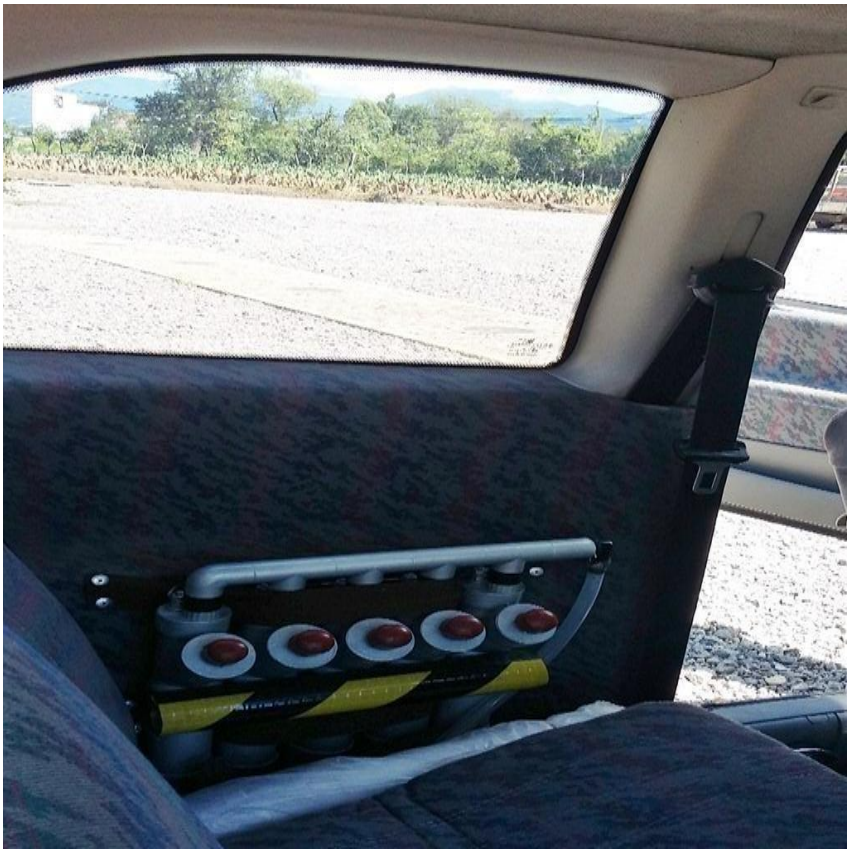
Tanque de biogás colocado en la cajuela del vehículo
Fuente: Nopalimex

Compresor de biogás alimentando biogás de nopal al vehículo
Fuente: Nopalimex

Vehículo convertido a biogás con nopal
Fuente: Nopalimex



Los nopales señalan la ubicación del convertidor de biogás y generador de hidrógeno
Fuente: Nopalimex



El generador de hidrógeno instalado en un costado de vehículo
Fuente: Nopalimex

Marco Regulatorio y de Políticas para las Energías Renovables

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene en sus Artículos 4, 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.

LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

TEXTO VIGENTE

Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015.

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 el Honorable Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente DECRETO EL CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, DECRETA: SE EXPIDE LA LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Artículo Único. Se expide la Ley de Transición Energética.

LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

TÍTULO PRIMERO

Disposiciones Generales Capítulo Único Del Objeto de la Ley y Definiciones:

Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Es de orden público e interés social, de observancia general en los Estados Unidos Mexicanos y reglamentaria de los párrafos 6 y 8 del artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como de los transitorios Décimo Séptimo y Décimo Octavo del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013. Artículo 2.- Para los efectos del artículo anterior, el objeto de la Ley comprende, entre otros:

I. Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones;

II. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable; III. Incorporar las externalidades en la evaluación de los costos asociados a la operación y expansión de la Industria Eléctrica, incluidos aquellos sobre la salud y el medio ambiente;

IV. Determinar las obligaciones en materia de aprovechamiento sustentable de la energía y Eficiencia Energética;

V. Establecer mecanismos de promoción de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes;

VI. Reducir, bajo condiciones de viabilidad económica, la generación de emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica;

VII. Apoyar el objetivo de la Ley General de Cambio Climático, relacionado con las metas de reducción de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero y de generación de electricidad provenientes de fuentes de energía limpia;

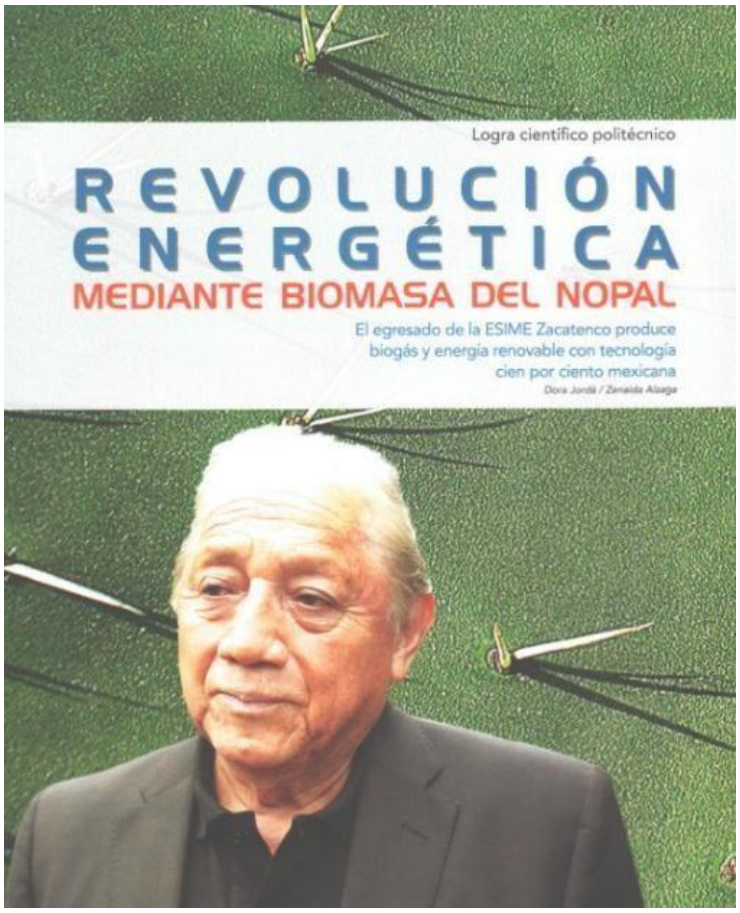
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Marco regulatorio y de políticas para las energías renovables

Marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico reno*v*able

Referencia: Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027 páginas 34 a la 43 y 89
Fuente:SENER
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2013-2027.pdf

BREVE REFERENCIA DEL AUTOR



Miguel Aké Madera. Apasionado profesor e investigador de energías renovables, actualmente Director Técnico del exitoso Proyecto Zitácuaro, “reconversión energética de México”, y de la misma forma, en 2016, coadyuvó en el “Programa de Generación de Biogás con nopal, para vehículos automotores, en sustitución de combustibles fósiles”. Ing. Electricista, por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN., con 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 CDMX.
En el CONALEP ha sido Director de los planteles: Mérida II, Los Reyes la Paz, Bernardo Quintana Arrioja; 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, 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 de nopal, planta en plena operación y generación de gas y electricidad, en Zitácuaro, Michoacán, de 2009 a la fecha.

Actualmente Director del Instituto Tecnológico de Iztapalapa, Tecnológico Nacional de México.

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, 2014. “El Oro Verde de México”.
- Generación de biogás con nopal, para vehículos automotores, en sustitución de combustibles fósiles. 2017.

Bibliografía

- Programa de generación de biogás para vehículo automotores en sustitución de combustibles fósiles. Fase ampliación de la planta.
- Fotografías de la visita del Ing. Silvano Aureoles Conejo, Gobernador del Estado de Michoacán.
- Foto puesta en marcha del programa; Generación de Biogás con nopal para el transporte.
- Fotos de inicio y avance de la construcción del segundo biodigestor de la planta.
- Foto de pruebas de carga a vehículos con biogás de nopal y adaptaciones al vehículo.
- Foto que muestra el compresor cargando biogás con nopal al vehículo.
- Foto de pruebas de recorrido del vehículo en la ciudad de Zitácuaro.
- Foto vehículo de prueba saliendo del centro de verificación con calcomanía de aprobación.
- Fotos presentación del vehículo en Morelia Michoacán al Ejecutivo Estatal en las instalaciones de la UTM.
- Foto del Ejecutivo Estatal de Michoacán en la feria de Zitácuaro.
- Foto Exposición del vehículo en la feria de Morelia.
- Foto de la planta de generación de biogás que muestra conclusión del segundo biodigestor, tanques de almacenamiento, compresor y carga de biogás en el vehículo.
- Foto: Escuchando el Himno Nacional, Miguel Aké Invitado al Presídium de la Décimo Primera Entrega del Premio Nacional de Trabajo 2015
  Consultado: 03/03/2017
  Fuente:http://www.gob.mx/stps/galerias/entrega-del-premio-nacional-de-trabajo-2015
- Evolución del Grupo Agroindustrial Nopal de Camémbaro, S.P.R. DE R.L. y Nopalimex.
- Imagen patente otorgada por el IMPI
- Figura modelo de negocios
- Organigrama de Nopalimex
- Gráfica de la capacidad instalada de energía renovable.
- Secuencia fotográfica de la carga de biogás al tanque del vehículo convertidor a biogás con nopal y generador de hidrógeno en el vehículo.

SIGLAS

CECyT Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos CFE Comisión Federal de Electricidad.
CINVESTAV-IPN Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
CONACyT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
DGETI Dirección General de Educación Tecnológica e Industrial.
DOF Diario Oficial de la Federación.
IEA Agencia Internacional de Energía.
IIE Instituto de Investigaciones Eléctricas.
IMPI Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
INAP Instituto Nacional de Administración Pública.
INEEL Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias.
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.
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.

Páginas web:

NOPALIMEX: www.Nopalimex.org y www.nopalimexgasyenergia.com

Miguel Aké Madera

Apasionado profesor 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 de 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 Arrioja; 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, 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.

En el Tecnológico Nacional de México, es el Director del Instituto Tecnológico de Iztapalapa

Publicaciones:

- Energías no convencionales para generar energía eléctrica mediante sistema híbrido solar-eólico, en Che Balam, Yucatán, CINVESTAV IPN. Unidad Yucatán (1984).

- Nopal, fuente excepcional de energía renovable, limpia y sustentable (2014).

- Biogás con nopal para vehículos, en sustitución de combustibles fósiles (2017).