

ELABORACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE ESTIÉRCOL Y RESIDUOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA (NOPAL)

Data de aceite: 01/04/2024

José Melero

Profesor de Matemáticas, Desarrollo Sustentable y Taller de Investigación del Tecnológico Nacional de México/ ITMexicali, en Mexicali, B.C. México

Eduardo Vidaure

Alumno de la carrera de Energías renovables del Tecnológico Nacional de México/ITMexicali en Mexicali, B.C. México

Miriam Melero

Profesora de Matemáticas y asesora de Sentinel Fox Eng. de CETYS/preparatoria en Mexicali, B.C. México

RESUMEN: Este artículo presenta la elaboración de un prototipo para producir biocombustible de manera anaerobia usando como materia prima estiércol de ganado vacuno y residuos de nopal (*Opuntia ficus-indica*), ambos se pueden obtener en forma sencilla y gratuita en la región. El factor principal para llevar a cabo la producción del biocombustible es el sol y en Mexicali lo tenemos de sobra, prácticamente sin nubes todo el año. El prototipo fabricado generó gas durante 5 minutos con 500 gr nopal, 700 gr de estiércol

y 300 ml de agua. A una temperatura mayor de 40 grados Celsius se necesitan 6-8 días para obtener esta producción. En pequeño un mercado local se generan diariamente aproximadamente 20 kg de residuos de nopal por lo que si se recolectan los residuos en los diferentes mercados de la ciudad, se asegura la producción de gas en forma sencilla, practica y económica.

PALABRAS-CLAVE: Biocombustible, estiércol vacuno, nopal, temperatura

INTRODUCCIÓN

En el mundo existe una gran demanda de energía en forma de combustible y el que ha tenido mayor éxito hasta ahora a sido el petróleo, sin importar los daños al medio ambiente y los años que han pasado, sigue explotándose hasta el grado de estar acabando con las reservas de este y no poder garantizar así una sustentabilidad para generaciones futuras. Los productores mundiales de bioetanol, que posicionan en los primeros lugares a Brasil, Estados Unidos, China y Europa, aún así, la producción de energía por biocombustibles es muy baja, por lo

que los gobiernos deben buscar fuentes alternativas de energía que garanticen la misma eficiencia, que no represente un costo mayor al de la inversión y que además no contribuyan con el deterioro ambiental.

En la ciudad de Mexicali y su valle se encuentran problemáticas que se pueden solucionar con el uso de biocombustibles. Entre otras son, el abandono de tierras para cultivo, la elevada contaminación al medio ambiente y los problemas de salud que estos generan a sus habitantes. Se seleccionó un biodigestor como prototipo para la producción de biogás a partir de nopal y estiércol, en el cual nos centraremos en la producción a partir de la biodegradación de la materia orgánica los resultados favorables sugieren que este prototipo se puede elaborar en la región con material muy accesible, además, al contar con esta fuente renovable de energía están ayudando a la producción de un combustible mas limpio y mas barato que un combustible convencional, tal como el gas licuado del petróleo (comúnmente llamado LP), que es el más usado en la región.

DESARROLLO

Antecedentes

A principios del siglo XXI, en el contexto de búsqueda de nuevas fuentes de energía, se impulsó el desarrollo del aceite vegetal para su utilización en automóviles como combustible alternativo a los derivados del petróleo. El aceite vegetal, cuyas propiedades para la impulsión de motores se conocen desde la invención del motor diésel gracias a los trabajos de Rudolf Diésel, ya se destinaba a la combustión en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados (Familia profesional sanidad, 2017). El biodiesel se hace a partir de grasas o lípidos naturales como origen animal y vegetal, que desde el punto de vista químico son triglicéridos. No puede hacerse con grasa de origen inorgánico, como el aceite lubricante.

Los biocombustibles

Son una específica categoría de la biomasa usualmente asociada con la industria del transporte. Los combustibles de la biomasa utilizan la energía química, la cual se fija por fotosíntesis y se almacena dentro de las plantas. Esta energía química puede ser liberada para crear calor con fines tradicionales como cocinar y crear calor en un espacio, con fines industriales: como en la industria del papel, o puede ser convertida a electricidad o en forma de combustible, líquido o gaseoso. Para reemplazar el papel que ha cumplido el petróleo en la industria del transporte, se requiere una significativa cantidad de biomasa en combustible líquido; su creación requiere luz solar, agua, nutrientes y tierra (González y Castañeda, 2008).

La biomasa para energía se obtiene mayoritariamente de las industrias de primera y segunda transformación de los productos agrícolas y forestales, de los residuos de explotaciones ganaderas, de los restos de aprovechamientos forestales, de los residuos de los cultivos y también de cultivos implantados y explotados con el único objetivo de la obtención de biomasa. Estos biocombustibles, están clasificados como sólidos, líquidos y gaseosos, tales como:

- Biocombustibles sólidos (leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, residuos forestales, pellets, briquetas): estos pueden quemarse directamente o para producir calor y electricidad.
- Biocombustibles líquidos (bioetanol y biodiesel): se obtienen de cultivos energéticos como caña de azúcar y oleaginosas o aceite vegetal usado.
- Biocombustibles gaseosos (biogás, biometano): obtenidos de los residuos municipales y estiércol (Maserá, 2011).

Biotecnología y biocombustibles

La biotecnología se ha convertido en una herramienta que incluye muchas ramas productivas y la importancia de la aplicación de la ingeniería genética ahora no sólo se encuentra en el sector farmacéutico, agrícola alimentario, genoma humano, sino también en la producción de bioenergéticos. Con la ingeniería genética por ejemplo, se busca la obtención de levaduras genéticamente modificadas para la producción de bioetanol o cualquier otro tipo de biocombustible partir de desechos agrícolas. Otras de sus aplicaciones son la modificación genética de bacterias que degradan rápidamente los desechos para así optimizar la conversión de la pulpa de la remolacha azucarera; y la obtención de variedades resistentes a insectos, con alta tolerancia a herbicidas.

La producción de biocombustibles en la última década, presentó un incremento que va de los 18,000 millones de litros producidos en el 2000, a 129,000 millones de litros producidos en 2011. El uso de biocombustibles para la generación de energía solo abarca el 5% del total producido por las energías renovables a nivel mundial generando una gran necesidad de desarrollar tecnologías que incrementen la producción y la eficiencia de los procesos (Castiblanco y Etter, 2013).

Biogás

En México es incipiente la generación de biogás y electricidad a partir de la biomasa del nopal, esta energía promete ser 40% más barata que la que ofrece la Comisión Federal de Electricidad. El nopal genera más biogás que el estiércol solo. Además, a través de este milenar alimento esparcido por casi toda la república Mexicana se obtienen alimentos, medicamentos, forrajes, champús, fibras, cosméticos y, ahora, está

comprobado que esta cactácea tiene potencial para solucionar necesidades energéticas produciendo biogás, electricidad, etanol, biofertilizante 100% orgánico o hasta como alternativa para la reforestación ya que necesita muy poca agua para desarrollarse. Esta fuente renovable de energía es considerada como biocombustible, que es el gas que se genera naturalmente o por medio de dispositivos específicos como el biodigestor, y que se produce a partir de la fermentación o biodegradación de la materia orgánica. Esta materia orgánica, es conocida como biomasa. La fermentación y biodegradación de la biomasa produce biogás mediante la acción de microorganismos anaerobios; esta es una mezcla conformada principalmente por CO_2 (50%-70%) y CH_4 (25%-40%), que se genera por el proceso biológico de biodigestión anaerobia, que consta de una serie de reacciones bioquímicas en la que residuos orgánicos son degradados o consumidos por un conjunto de microorganismos siendo el resultado final la generación de gas metano (Méndez et al, 2010). Desgraciadamente, ha tenido una lenta evolución tecnológica y sustentable que no ha permitido alcanzar el máximo aprovechamiento del material biológico producido, las políticas públicas sobre el aprovechamiento de esta cactácea son nulas o muy incipientes, por decir lo menos (Arreguin, 2016).

En la producción de biogás, se distinguen dos grupos de bioprocesos:

- Aeróbico; los residuos orgánicos se degradan mediante una oxidación bioquímica, generando, CO_2 y H_2O , energía calórica y materia orgánica estabilizada; dentro de este tipo de proceso se encuentran el compostaje y la lombricultura
- Anaeróbico o fermentación metanogénica; las transformaciones del material biodegradable ocurren por una reducción bioquímica, generando cuyos principales componentes son el metano (CH_4) y el anhídrido carbónico (CO_2) y una materia orgánica estabilizada denominada Bio-abono (Varnero, 2006).

Mediante el proceso anaerobio que es un proceso a falta de oxígeno, se obtiene el biogás utilizando Biodigestores, donde se combinan otros factores como, temperatura, humedad, etc. La optimización de ambos factores es proporcional en la productividad del biogás

Etapas de la digestión anaeróbica

La materia prima para la digestión anaeróbica se compone de material orgánico y de agua, los cuales son introducidos conjuntamente al digestor para así aumentar la fluidez de la materia prima (Gómez, 2007).

Etapa 1. Hidrólisis

En esta etapa los microorganismos se degradan largas cadenas carbonadas de la materia orgánica, convirtiéndolas en cadenas más cortas y simples, es decir, en monómeros solubles. Los polisacáridos son transformados a monosacáridos, las proteínas a péptidos y aminoácidos y finalmente, las grasas son transformadas a ácidos grasos y glicerina. La

etapa más crítica del proceso es la hidrólisis celulósica lenta, debido a que las bacterias reducen en serie la cadena polimerizada a azúcares diméricas y finalmente a monomérica.

Etapa 2. Acidificación de las bacterias acetogénicas

Los microorganismos, son las responsables de esta etapa. Ellas convierten el producto formado en la etapa anterior en ácidos de cadena corta y alcoholes. Los principales productos creados son ácido acético, propiónico y láctico. En esta etapa existe liberación de hidrógeno y dióxido de carbono.

Etapa 3. Formación de metano

Los microorganismos encargados de esta etapa son las bacterias metanogénicas, las cuales son estrictamente anaeróbicas. Ellas convierten el producto de la etapa 2 en metano y dióxido de carbono, además de un residuo estabilizado. Existen dos mecanismos conocidos de producción de metano, el primero es a través de una reducción de dióxido de carbono y el segundo también es producto de una reducción de dióxido de carbono, más una oxidación del ácido acético y propiónico. Los microorganismos participantes en cada etapa presentan ciertas características que ayudan a comprender el equilibrio y funcionamiento del digestor (Uribe, 1993).

El muy mexicano Nopal (Opuntia)

La Opuntia o nopal es un género de plantas cactáceas que tiene más de 300 especies, entre ellas destaca el opuntia ficus-indica conocida comúnmente como nopal. Es una planta cactácea típica de zonas áridas, nativa de México y con gran abundancia, la cual puede ser utilizada como una alternativa para la producción de metano (Bioenciclopedia, 2016). Es considerado como una de las plantas más versátiles ya que tiene múltiples formas de aprovechamiento, ya sea para alimentación humana, industria cosmética, hasta la producción de biocombustibles líquidos y gaseosos (Méndez, 2004).

Requerimientos agroclimáticos

El nopal es una especie cactácea que se adapta fácilmente a diferentes ambientes, tales como zonas extremadamente calientes o muy frías (Nobel, 1999). Para el desarrollo óptimo de este cultivo, se recomienda una temperatura anual media de 16-28 grados Celsius, sin embargo, el nopal crece en lugares que estén fuera de estas características climatológicas (Quintana, 2004). Estas plantas tienen propiedades para retener agua, por lo que pueden adaptarse en zonas con escasas de agua. Se puede desarrollar en varios tipos de suelos, pero en especial con profundidades de entre 20 a 40 cm y que posean un buen drenaje y permeabilidad (Pimienta, 1990).

Cladodio o Penca

El cladodio presenta el mayor contenido de agua cuando se encuentra en su etapa más temprana, sin embargo, en el transcurso de su crecimiento el contenido de agua en él varía entre un 88% a un 91%. El contenido de materia seca aumenta con el crecimiento de la planta, teniendo los porcentajes más bajos cuando son cladodios jóvenes, sin embargo, a esa edad presentan a la vez los niveles de proteínas más alto. Esta última, junto con la grasa, la fibra gruesa y las cenizas son parte del contenido de materia seca del cladodio. El porcentaje promedio de proteínas presentes es aproximadamente de 4%, el de grasa es de 1,8%, el de fibra gruesa es de 9,2%, aumentando junto con la edad del cladodio y por último el porcentaje promedio de cenizas es aproximadamente 18%, el cual disminuye a medida que va creciendo la planta (Sáenz, 2006). Por otro lado, en la composición mineral del cladodio destaca el calcio presente con un 9,5%, aumentando en conjunto con la edad del cladodio. Otros minerales acentuados son el fósforo cuyo porcentaje en el cladodio es de 0,21%, el de sodio es de 0,05% y del potasio es 1% (Pimienta, 1990).

Fruto

Como se muestra en la figura 1, el fruto del nopal tiene unas características muy importantes en la época de madurez, ya que una vez cosechado éstos no maduran, debiendo tener cuidado en el tiempo que se procederá a la etapa de cosecha. Si bien no existe un índice de cosecha establecido para estas especies, se deja a criterio de cada agricultor, según las características del fruto, la del lugar y el tiempo de cosecha, ya que la composición química del fruto varía también según la zona del cultivo. De la totalidad del fruto, el componente agua es el principal porcentaje presente, el cual varía entre 85% a 90%. El porcentaje restante corresponde a otros componentes como sólidos solubles totales, proteínas, fibra, azúcares, pH, fósforo, hierro, entre otros; los cuales varían según la edad del fruto (Pimienta, 1990). Los sólidos solubles aumentan a medida que crece el fruto, al igual que la vitamina C, no así la acidez, la cual permanece constante al avanzar la madurez, con un valor de 6,0 aproximadamente. El alto contenido de sólidos solubles y del pH hace que prevalezca el crecimiento de microorganismos en la pulpa. Los contenidos de proteínas varían entre 0,21 a 1,6%, el de grasa es de 0,09 a 0,7%, el de fibra es de 0,02 a 3,15% y finalmente el de ceniza es de 0,4 a 1% (Sáenz, 2006).

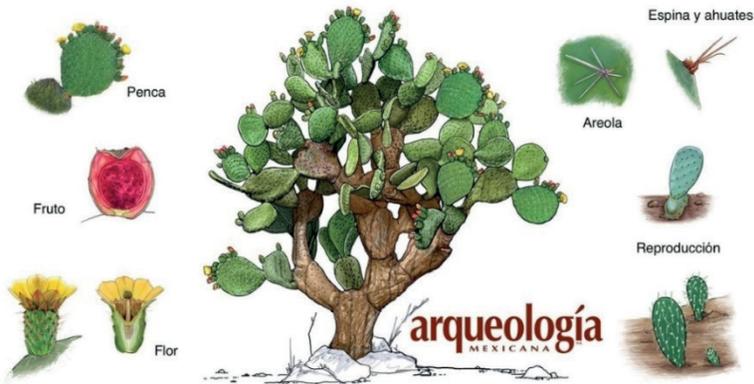


Figura 1. Componentes del nopal

Importancia económica del Nopal

El Nopal tiene mucha utilidad en el área de alimento, medicina, cosmética, biogás y abono orgánico, entre otros, como nos explica la figura 2. Todos tienen aplicaciones comerciales para consumo interno y exportación, tal como lo desee la economía del país donde se cultive. Los altos rendimientos de biomasa del cultivo del nopal y sus bajos requerimientos de agua, nutrientes y suelos en climas desérticos y semidesérticos, lo sitúan en uno de las bioenergéticos más importantes para la producción de biogás por medio de la digestión anaerobia. Actualmente en nuestro país existen 4 productos con valor comercial derivados del nopal, que son, el nopal verdura, la tuna, el nopal forrajero y la grana cochinilla. De estas se cosecho el 75% en 2009, del que 19.2% corresponde al nopal verdura, 73.6% a la tuna y el 7.1% al nopal forrajero (*opuntia ficus indica*), este últimos es el de interés para producir biogás (Arvizu, 2015).

Para obtener energía de él, una hectárea de nopal produce 43.200 M3 de biogás o bien el equivalente en términos de energía a 25,000 litros de diésel, al comparado con *jatropha* únicamente nos produce 3,000 litros de biodiesel por hectárea dejando muy claramente que aparte de ser su cultivo muy versátil y de bajo costo. En el proceso de obtención de metano se genera sedimento orgánico y agua como subproductos los cuales pueden ser tratados mediante lombricultura para su incorporación al suelo (Wayland, 2010).

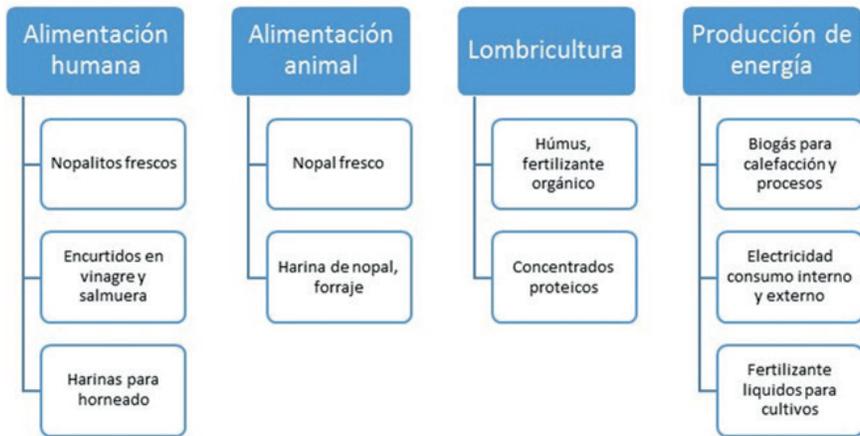


Figura 2. Importancia de los cultivos.

Biodigestor

Biodigestor es aquel depósito cerrado en el cual se introducirán los materiales orgánicos mezclados con agua para producir biogás. Está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y por un depósito donde se almacena el biogás producido. Según las características del residuo a tratar, características de la zona y disponibilidad de agua principalmente, se toma la decisión del diseño del digestor que le es más conveniente. Para las zonas áridas, donde la disponibilidad de agua es mínima y en consecuencia la cantidad de materia prima, se aconseja utilizar biodigestores estacionarios. Para que un biodigestor tenga una correcta utilización deberá cumplir con un mínimo de características, tales como, ser hermético, impidiendo de esta manera la salida de gas producido y la incorporación de aire no deseado. Debe estar térmicamente aislado para evitar los fuertes cambios de temperatura y debe poseer una válvula de seguridad. Además, debe tener fácil acceso para su mantenimiento, contar con los medios para realizar las cargas y descargas del sistema y proveer de herramienta para destrozarse las natas que se forman en el biodigestor (Varnero, 2006).

Mezcla nopal-estiércol

En el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en los años 2010 y 2011, se han realizado pruebas en laboratorio a escalas de mililitros para determinar la productividad y la eficiencia del biogás de nopal. Estas pruebas consistieron en probar muestras de nopal con estiércol de animales de corral en botellas de 250ml. Sometiéndolo a un proceso de digestión anaerobio en diferentes proporciones de nopal/estiércol. El objetivo de estas pruebas fue demostrar cómo se Biodegrada el nopal para la producción de biogás. Se

realizaron muestras de 20 ml de pulpa del nopal de verdura con estiércol de cerdo y se agregó hidróxido de sodio para neutralizar el pH de la mezcla.

Los mejores resultados se obtuvieron en mezclas de 15% a 20% de nopal y en las mezclas de 50%,75%,85% y 100% se observó actividad microbiana en la mayoría excepto en la mezcla de 100% donde el nopal no se Biodegrado. También de probaron las mezclas de rango de 5% a 10% de nopal y hubo una producción de biogás y disolución de la materia, lo cual demostró que el nopal se degrada en un periodo de 10 a 12 días en condiciones anaeróbicas establecidas y a una temperatura aproximada de 35°C (Arvizu, 2015).

METODOLOGÍA

Este artículo fue llevado a cabo como parte de una investigación documental y experimental con la finalidad de elaborar y dar a conocer al público en general cómo se puede producir biocombustible con un dispositivo artesanal a partir de los residuos de Opuntia o nopal. Esta cactácea, muy característica de las zonas áridas y semiáridas es abundante en México, de hecho forma parte de nuestro lábaro patrio por lo que es parte de nuestra identidad Nacional.

Para llevar a cabo este proceso, se consiguió el material necesario (estiércol vacuno) en una de las zonas ganaderas de la región y el otro material necesario para la producción de biogás, el nopal, se consiguió en un mercado de la ciudad. Los nopales se limpiaron y trituraron, esto para ayudar a una rápida descomposición; se mezcló con estiércol (entre 5% y 10%) y se depositaron en un biodigestor anaeróbico (contenedor hermético) hecho en casa.

La figura 3 muestra el recipiente 3 días después de que se agregó la mezcla de estiércol (500 gr), nopal (700 gr) y agua (300 ml), este recipiente se colocó en la azotea de un hogar para obtener la mayor cantidad de calor posible durante la mayor parte del día. En verano, la temperatura a plena luz del sol puede llegar a los 50 grados Celsius.



Figura 3. Recipiente usado para producir biogás

Para evitar fugas, al recipiente se le colocó una válvula de escape hasta el final del proceso. Como se puede observar, el recipiente es un envase de refresco, muy bien lavado, limpiado y secado. Paralelamente se diseñó un contenedor más grande (20 litros), pero el material que se usó para unir donde se colocaron las válvulas y la tubería de desagüe (silicón resistente a hongos como sellador), mostró fugas en repetidas ocasiones (Figura 4) y no fue posible terminarlo (una consecuencia más de la pandemia COVID19).



Figura 4. Miembros del equipo preparando el contenedor de 20 litros.

RESULTADOS

Después de 8 días de exponer el recipiente a los rayos del sol, se le agregó una pequeña válvula de escape, se encendió y se pudo comprobar que el gas producido duró 5 minutos, tal como lo muestra la figura 5.



Figura 5. Producción de gas

Este experimento se llevó 3 veces más con el mismo tipo de recipiente y en todas las pruebas se produjeron los mismos resultados.

CONCLUSIONES

Con la obtención de gas con un recipiente casero muy sencillo, se puede observar que es factible la obtención de este gas a más grande escala, claro está que como todo combustible, se deben tener todos los cuidados posibles para evitar algún accidente. Actualmente se está trabajando en un recipiente más grande que permita contar con este gas por más tiempo. Con la elaboración de biogás y su uso en las cocinas domésticas, puede satisfacer los requerimientos de energía en los hogares, sobre todo en las áreas de bajos recursos o de difícil acceso. El material que se usa es de fácil adquisición y de muy bajo costo. Además, después de producir biogás, los residuos que contienen los recipientes, se pueden usar como abono o fertilizante.

Este proyecto es el inicio de una serie de actividades que seguimos desarrollando para encontrar un contenedor que sea viable, tanto en seguridad como en el costo para producir biogás y abono 100% orgánico a partir de esta materia prima.

REFERENCIAS

Arreguín. J (2016), Obtención de biogás a base de biomasa de nopal a nivel laboratorio. Revistas experimentales. Vol3.No6.37-41. Recuperado de: file:///C:/Users/2/Downloads/Revista_Sistemas_Experimentales_V3_N6_5.pdf

Arvizu, (2015). Producción de Biogás a Partir de Nopal. Tendencias Tecnológicas. Recuperado de: <https://www.ineel.mx/boletin022015/tenden01.pdf>

Bioenciclopedia. (2016) Plantas. Bioenciclopedia, Recuperado de: <http://www.bioenciclopedia.com/nopal>

Castiblanco, C., & Etter, A. (2013). Biofuels as a New Energy Paradigm: the Key Points of Debate after a Decade. http://rtbioenergia.org.mx/wp-content/uploads/2016/12/FODA_MAPAS_RUTA.pdf

Familia profesional sanidad (2017). Fuentes de energías empleadas en diagnosis preventiva del vehículo y mantenimiento de su dotación material (pág. 30). Madrid: Cep.

Gómez, M.,(2007)"Situación actual de biocombustibles en México", en Emisión, civilización sustentable, Recuperado en <http://www.uag.mx/postgrado/4.-%20Situaci%C3%B3n%20Actual%20de%20los%20biocombustibles%20en%20Mexico.pdf>

González, a., & Castañeda, y. (agosto de 2008). biocombustibles, biotecnología y alimentos. impactos sociales para México. obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0187-57952008000200004

Méndez, (2004). Recomendaciones para el establecimiento de plantaciones de nopal tunero en el Altiplano Potosino. Coedición Colegio de Postgraduados-Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i7628es/i7628ES.pdf>

Méndez, j. & colaboradores (2010). el nopal en la producción de biocombustibles. obtenido de producción y aprovechamiento del nopal: https://www.researchgate.net/profile/santiago_de_jesus_mendez-gallegos/publication/266328071_el_nopal_en_la_produccion_de_biocombustibles/links/568a9af208ae1975839d95b0/el-nopal-en-la-produccion-de-biocombustibles.pdf

Nobel, P.S. (1999). Biología ambiental. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i7628es/l7628ES.pdf>

Omar Masera Cerutti (Agosto 2011). LA BIOENERGÍA EN MÉXICO Situación actual y perspectivas. <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>.

Pimienta, E. (1990). El nopal tunero. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/>

Quintana., (2004). Cactus. Biofuel. Elquiglobalenergy, Recuperado de: http://www.elquiglobalenergy.com/english/datas/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf

Sáenz, C. (2006). Los nopales como recurso natural. Pp 1 - 6. In: Cadmo Rosell. Utilización agroindustrial del nopal. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i7628es/l7628ES.pdf>.

Uribe, J. (1993). Evaluación de la producción de biogás en material vegetativo de tuna, sometido a un proceso de fermentación mecánica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Varnero., (2006). Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopales. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO

Wayland. R. (2010).Cactus Green Biofuel. ELQUIGLOBALENERGY. Recuperado de: www.elquiglobalenergy.com/espanol.htm