



**CENTRO EDUCATIVO CRUZ  
AZUL**

**BACHILLERATO CRUZ AZUL**

**Incorporado a la UNAM SÍ**

**Clave: 6914**

**Acuerdo 86/98 del 02 de Junio 1998**

**Sección Lagunas Oaxaca**



## **SOLUCIÓN A LO MEXICANO, NOCHTLI**

---

**Clave de registro: CIN2017A10126**

**Autores:**

**Frida Muciño Zavaleta**

**Maritza Reyna Brito**

**Renata Luna Carlín**

**Asesor: Dr. Freddy Dehesa Pineda**

**Área del conocimiento: Ciencias químicas, biológicas y de la salud.**

**Disciplina: Medio ambiente**

**Tipo de investigación: Experimental**

**Ciclo escolar 2016-2017**

**Lagunas Oaxaca, Abril del 2017**

**RESUMEN EJECUTIVO**

Nuestro proyecto de investigación va enfocado a unirnos a la lucha por el cuidado del medio ambiente que hoy a pesar de las múltiples estrategias por mejorarlo, se han llevado a cabo, estamos perdiendo la batalla, ya que cada día que pasa, vemos el deterioro a pasos agigantados de nuestro planeta, por lo que con este trabajo queremos contribuir con nuestro “granito” de arena a buscar alternativas de mejora para nuestro ambiente, mediante un proyecto en el cual tratamos de resolver tres problemas básicos en la vida del ser humano, utilizando de manera responsable el nopal: el primero consiste en la producción de energía limpia y renovable a base de la producción de biogás utilizando el mucilago de nopal, lo que servirá para la producción de energía eléctrica de uso común en el hogar, en segundo lugar la elaboración de un bioblock utilizando aleaciones a base del mucilago de nopal para la construcción de casas ecológicas pequeñas y con los desechos orgánicos del mismo implementar un biofertilizante de gran utilidad principalmente en las hortalizas, generando con esto, productos de origen natural, poco contaminantes y de utilidad importante en las diferentes comunidades. Para el logro de nuestras metas finales, nos planteamos primeramente el problema a resolver de la siguiente manera: El nopal desde los tiempos ancestrales ha sido clave en el desarrollo de nuestro pueblo mexicano, y a través del tiempo se le ha demostrado múltiples propiedades y así mismo beneficios que con la modernidad han aumentado, por lo que con nuestro Proyecto de investigación nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuáles son las propiedades del nopal utilizables para generar energía natural, una alternativa sustentable de infraestructura, un bioblock factible para la construcción de casas ligeras y abono natural para fertilizar plantas, y de qué manera se lleva a cabo para la conservación del medio ambiente, para cubrir necesidades básicas de personas de escasos recursos? Teniendo como objetivo principal, elaborar un biodigestor para la creación de energía calórica y eléctrica, la fabricación de bioblocks a partir de mucilago de nopal y desechos, para la construcción de casas sustentables, y un material nutritivo en forma de abono para la fertilización de flora comestible, tratando de indagar de manera más específica, cual es el proceso por el cual se genera un biodigestor para la formación de biogás y la producción energía eléctrica, intentar la creación de un bioblock a base del mucilago de nopal y otros aditivos para hacer una alternativa de construcción

sustentable, utilizar los desechos obtenidos para formar un biofertilizante para plantas, obteniendo con este un crecimiento más rápido de estas en su producción y conocer cuáles son las propiedades del nopal que utilizaremos y comparar si este es una mejor alternativa a los materiales convencionales y teniendo como resultados preliminares la construcción de un bioblock, en el cual hasta la fecha no se logra la consistencia requerida para la construcción, pero que actualmente se sigue realizando pruebas con aleaciones para lograrlo, al mismo tiempo la construcción de un biodigestor, generador de biogás para la elaboración de energía natural, limpia y sustentable para ser utilizada como energía eléctrica y por último la elaboración de un biofertilizante nutritivo para la flora comestible, el cual se encuentra todavía en proceso de experimentación: y al final y de manera preliminar podemos concluir que en nopal como alternativa para vivienda, sustitución de energía y gas e implementación de abono natural es una excelente opción ya que para realizar biogases y biofertilizantes es necesario generar algún desecho, entonces nos estamos haciendo dependientes de un proceso en el cual lo primordial sería generar basura para después buscar una solución, en cambio en el nopal estamos produciendo una infinidad de alternativas económicas y sustentables, principalmente la alimentación, y gracias a este proyecto, un material de construcción económico y ecológico, biogás fácil de producir y un biofertilizante capaz de volver a originar el mismo nopal para ser vuelto a utilizar. La hipótesis y los objetivos fueron los esperados, ya que a través del conocimiento de las propiedades del nopal y una mentalidad sustentable pudimos realizar el trabajo experimental y obtener muy buenos resultados de este dándonos ganas de llevar a lo grande este proyecto y mejorar la calidad de vida de personas de escasos recursos y borrar el daño que el hombre ha estado causando al medio ambiente gracias a la contaminación.

## **RESUMEN**

En este proyecto de investigación se presentan tres beneficios que ayudan tanto a las personas como al ambiente, enfocándonos a una solución a nuestro entorno y principalmente a nuestro país; estas son el bioblock, biogás y biofertilizante, implementando al nopal como materia prima, ya que al ser un producto 100% natural y mexicano tiene diversas propiedades que pueden ser de gran utilidad para fomentar

una alternativa de vida sustentable para personas de escasos recursos. Dado el marco económico actual en el cual estamos condicionados por el uso de una energía cada vez más escasa, es necesario que utilicemos energías propias y naturales que tenemos a nuestro alcance; en este contexto podemos situar todo tipo de residuos orgánicos para el aprovechamiento de esta energía, en este caso el nopal. La infraestructura cada día va innovando para construir mayor cantidad de materiales en menor tiempo gracias a la gran demanda de viviendas; el bioblock a base de mucilago de nopal es una buena alternativa ya que es fácil de elaborar y así poder construir casas propias sin necesidad de invertir en material costoso. Al querer aprovechar al máximo este recurso, los desechos obtenidos serán utilizados para la fabricación de un biofertilizante que haga crecer a las plantas libres de pesticidas y químicos para la producción del mismo nopal. Se generó este proyecto con la finalidad de crear un material que sustituya al gas fósil convencional, elaborar un material de construcción resistente, y un abono que contribuyera al cuidado de la misma planta.

### **ABSTRACT**

This research project presents three benefits that help equally people and the environment, focusing on a solution to our planet earth and mainly to our country; These are the bioblock, biogas and biofertilizer, implementing the nopal as raw material, being 100% natural and a Mexican product who also has several properties that can be very useful to promote a sustainable living alternative for people with limited resources. Given the current economic plight in which we are conditioned by the use of a limited amount of energy, it is necessary that we use our own natural energies that we have within our reach; In this context we can locate all types of organic cull for the use of this energy, in this case the nopal. The infrastructure is innovating every day for the creation of more materials in less time due to the high demand for households; The bioblock with nopal slobber as a base is a good alternative since it is easy to elaborate and thus to be able to build houses without the needing to invest in expensive materials. By wanting to take full advantage of this resource, the rubbishes obtained will be used for the manufacture of a biofertilizer that will help to grow the plants free of pesticides and chemicals for the production of the nopal. This project was develop in order to create a material to replace

conventional gas, to produce a resistant material for construction purposes, and a fertilizer that contributed to the care of the Nopal.

## ÍNDICE

Introducción.	
Planteamiento del problema.....	7
Objetivo	
general.....	7
Objetivos específicos.....	7
Fundamentación teórica.	
Antecedentes.....	9
Marco de referencia.....	9
Hipótesis.....	18
Metodología.....	18
Resultados.....	21
Conclusiones.....	22
Aparato crítico	
Bibliografía.....	23

## INTRODUCCIÓN

### **Planteamiento del problema:**

El nopal desde los tiempos ancestrales ha sido clave en el desarrollo de nuestro pueblo mexicano, y a través del tiempo se le ha demostrado múltiples propiedades y así mismo beneficios que con la modernidad han aumentado, por lo que con nuestro Proyecto de investigación nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuáles son las propiedades del nopal utilizables para generar energía natural, una alternativa sustentable de infraestructura, un bioblock factible para la construcción de casas ligeras y abono natural para fertilizar plantas, y de qué manera se lleva a cabo para la conservación del medio ambiente, para cubrir necesidades básicas de personas de escasos recursos?

### **Objetivo general:**

Elaborar un biodigestor para la creación de energía calórica y eléctrica, la fabricación de bioblocks a partir de mucilago de nopal y desechos, para la construcción de casas sustentables, y un material nutritivo en forma de abono para la fertilización de flora comestible.

### **Objetivos específicos:**

Indagar cual es el proceso por el cual se genera un biodigestor para la formación de biogás y la producción energía eléctrica.

Intentar la creación de un bioblock a base del mucilago de nopal y otros aditivos para hacer una alternativa de construcción sustentable.

Utilizar los desechos obtenidos para formar un biofertilizante para plantas, obteniendo con este un crecimiento más rápido de estas en su producción.

Conocer cuáles son las propiedades del nopal que utilizaremos y comparar si este es una mejor alternativa a los materiales convencionales.

## FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### **Antecedentes:**

Hoy en día la globalización mundial ha traído múltiples beneficios al hombre, pero al mismo tiempo como consecuencia ha generado un alto impacto nocivo en el medio ambiente, por lo que en la actualidad se buscan alternativas sustentables para ocasionar el menor daño posible a la naturaleza, sustentando teóricamente nuestro proyecto de investigación con documentos obtenidos de dependencias gubernamentales como Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), Secretaria medio ambiente (SMA), Secretaría de ecología y gestión ambiental (SEGAM).

### **Marco de referencia:**

#### **Nopal**

El nopal es una fruta que se obtiene del cactus denominado Opuntia. Crece silvestremente en gran parte de Latinoamérica, teniendo su epicentro en México, donde mejor provecho han sabido extraerle. Tal es así, que allí es considerada una planta fuente de vida y que hasta los aztecas la empleaban en sus preparados.

En México el nopal y sus tunas, se consumen por año, per cápita, unos 6,4 kilogramos de esta planta.

Las variedades utilizadas para establecer plantaciones comerciales se han obtenido de huertos locales, y han sido caracterizadas y propagadas de acuerdo con su capacidad para crecer en las condiciones ambientales propias de cada zona. Estos recursos genéticos selectos pertenecen a especies mansas y de monte y han sido registradas como variedades vegetales por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Al efectuarse el registro se renuncia a la exclusividad sobre su uso a fin de que la variedad permanezca en el dominio público. Estas variedades comerciales suelen tener un crecimiento vigoroso y porte abierto que facilitan el trabajo en la nopalera. El dulzor de las tunas se mide en grados Brix que es un parámetro importante

para su comercialización. También hay variación en su época de maduración: se concentra en verano y otoño, y suele avanzar de sur a norte. Esto permite regular mejor la oferta a lo largo de la temporada de producción. Hoy contamos con 50 variedades vegetales registradas y el trabajo de caracterización y registro continúa.

En los huertos o nopaleras de solar la producción obedece, en cantidad y variedad, al consumo familiar y a la venta en los mercados locales y regionales, haciendo del nopal y sus derivados un importante recurso para las poblaciones locales. El cultivo en plantaciones comenzó en la década de 1950 y hoy existen cerca de 60 000 hectáreas cultivadas, de las cuales 78% se dedican a la producción de tuna, cerca de 20% a la de nopalito y menos de 2% a la de xoconostle.

Su crecimiento va de 10 días a 2 semanas después de haber realizado los pasos de siembra, los cuales son:

- ✓ -Se seleccionan pencas jóvenes y fuertes de entre 1 a 3 años de edad y tamaño mediano-grande.
- ✓ -Con la ayuda de una navaja o cuchillo limpio, se corta la penca desde su punto de unión, tratando de realizar un corte del menor tamaño posible para prevenir infecciones.
- ✓ -Se coloca la penca en un lugar sombreado en un sustrato de arena, hasta que el corte haya cicatrizado.
- ✓ -Trasplantar en terreno definitivo a finales de primavera, cuando el frío ya haya pasado. Se recomienda haber realizado 2 meses antes labor de removido de suelo y abonado.
- ✓ -Se entierra la mitad o dos tercios de la planta en el suelo, con el corte hacia abajo y bien prensado para evitar mayores problemas.

El nopal es una planta cactácea rica en fibras, vitaminas A, B, B2, clorofila, proteínas, minerales, así como 17 aminoácidos entre esenciales y no esenciales.

Como planta fibrosa, el nopal contiene pectina, mucílago y gomas que son provechosas al sistema digestivo.

El suelo debe ser suelto y bien drenado, los suelos arcillosos que retienen mucha agua no les convienen en absoluto. En cuanto a la calidad del suelo es una planta muy acomodaticia, puede crecer en cualquiera siempre que drene bien. A pesar de todo necesita algo de riego, sobre todo en su edad juvenil, una vez a la semana en primavera-verano y una al mes en otoño-invierno serán suficientes, siempre que no llueva claro está.

En primavera o al final del verano es un buen momento para realizar una poda de limpieza y aclaramiento. Se pueden cortar las palas dañadas o secas y las que molesten a las demás. Si queremos que los frutos tomen buen tamaño es conveniente eliminar algunas de las flores que produzca la planta y después si aun así tiene muchos frutos también podemos deshacernos de los que se encuentren muy cercanos entre sí y procurando que cada tallo o pala no tenga más de diez frutos. Las cochinillas, los ácaros y la mosca de la fruta son las plagas más comunes del nopal. Aunque el problema más corriente es el exceso de humedad que hará que las raíces se pudran.

La producción está garantizada prácticamente todo el año, ya que una penca puede generar hasta 100 nopales (por espina crecerán alrededor de 50 frutos en cada lado), mientras que la vida productiva de una planta es de hasta ocho años, de ahí que se considere a esta cactácea como inagotable y altamente productiva.

El potencial económico del nopal es grande, tan amplio como la variedad de platillos y productos que con él se elaboran.

- ¿Cuánto cuesta comprar una hectárea de tierra?

Alrededor de 100 pesos el metro cuadrado, que vendría siendo un millón de pesos una hectárea.

- ¿Y sin riego?

Unos 400 o 500 mil pesos una hectárea, que sería entre 40 o 50 pesos el metro.

- Ya está la tierra, ¿qué sigue?

Depende, si está enmontada, hay que desmontarla para que esté lista. Quemar el zacate y maleza que haya.

- Y ¿cuánto cuesta hacer eso?

Unos 3 mil o 3 mil 500 pesos por limpiar la hectárea. Porque se llevaría unos cuatro o cinco días, más o menos, y se ocuparían unas tres o cuatro personas, dependiendo de la maleza o de lo sucia que esté la parcela.

- Ya se compró la tierra, ya se desmontó, ¿qué es lo siguiente?

Arrimar la planta de nopal que costaría alrededor de tres pesos por planta, más o menos.

- ¿Cuántas plantas se ocuparían comprar para una hectárea?

Alrededor de 3 mil plantas por hectárea, que costarían alrededor de 9 mil 600 pesos.

A partir de esta información decidimos realizar tres materiales que aprovecharan las propiedades del nopal:

### **Bioblock:**

México se encuentra entre los principales consumidores de bebidas embotelladas en el mundo y de las 800 mil toneladas de PET que se producen cada año sólo 15 por ciento se recicla (R. Fujiwara Montelongo)

El reciclado de los materiales plásticos suele resultar muy costoso ya que los productos nuevos tienen unos costes de producción muy reducidos y por lo tanto los procesos de reciclado pueden resultar muy poco rentables. Sin embargo, existen alternativas que pueden ser aparte de baratas, muy interesantes desde el punto de vista ecológico.

Una alternativa son los bioblocks de mucilago de nopal y plástico reciclado. Estos bioblocks son obtenidos a partir de la extracción del mucilago del nopal y del plástico de botellas de desecho, se trata del polietileno procedente de envases, bolsas, etcétera.

Proceso de producción de los bioblocks:

El proceso de producción de este bioblock resulta muy sencillo e incluso puede llevarse a cabo por manos poco experimentadas. Se necesita como materia prima, el mucilago de nopal junto con el pet triturado, arcilla, cal y agua. Las herramientas que se necesitan para llevar a cabo este proceso son unos moldes, contenedores y materiales de mezcla.

Los bioblocks de mucilago de nopal y pet reciclado pueden ser usados para la autoconstrucción, en promociones realizadas por los propios dueños de las viviendas en casos concretos.

Se realizará una mezcla con mucilago de nopal, arcilla, cal, pet triturado y agua. Dependiendo de las dosificaciones se obtendrán productos con mejores comportamientos aislantes, distintas resistencias, etcétera. Una vez obtenida la mezcla se procederá a su moldeo y posterior curado durante siete días aproximadamente. Las piezas de bioblock alcanzan su resistencia de uso al cabo de los 28 días desde su creación, momento en que podrán ser colocadas en obra. Los cerramientos o paramentos realizados a partir de mucilago de nopal deberán llevar algún tipo de revoco de mortero para evitar su deterioro a la intemperie.

¿Por qué la cal?

El mundo fue construido con cal, la importancia histórica de la cal en la construcción se encuentra ampliamente documentada. Los morteros de cal fueron utilizados en muchas de las grandes estructuras por civilizaciones más tempranas, pero los romanos fueron los primeros en usarlos ampliamente en edificación, desarrollando métodos de fabricación, en general, con base en cementante natural de cal y estableciendo técnicas de construcción apropiadas. En el siglo XVIII, los trabajos de Smeaton condujeron al conocimiento científico sobre las propiedades de la cal hidráulica, lo que derivó en la tecnología y la patente del cemento Portland. Desde el siglo XIX hasta hoy, la aparición del cemento Portland ordinario (OPC, por sus siglas en inglés) produjo un decrecimiento importante en el uso de la cal en la construcción, porque el OPC brinda un endurecimiento inicial más rápido y mayor resistencia a edades tempranas. Aunque éstas no son las únicas características deseables en un cementante, muchos beneficios

pueden derivarse del retorno al uso apropiado de cal en la industria de la construcción, entre otros: su producción requiere temperaturas inferiores a la del OPC y menos energía durante su calcinación implica menor emisión de gases de efecto invernadero y mínima contracción, lo que evita agrietamientos

La arcilla como cementante:

La tierra arcillosa (sin cocer) ha sido utilizada para construir en todos los continentes y en todas las edades de la humanidad, desde que los hombres primitivos decidieron juntarse en asentamientos permanentes. Lo que quiere decir que tiene unos 10.000 años de historia. En la edad moderna, se ha estimado que entre un tercio y la mitad de la población del mundo vive en casas hechas de tierra.

La arcilla es el producto del desgaste químico de “feldespato,” uno de los minerales más comunes en la corteza de la tierra. Las moléculas de la arcilla son planas, como platos. Así, cuando se adhieren entre sí, forman “copos” más largos (aunque aún microscópicos). También combinan con el agua.

La arcilla tiende a ser maleable cuando está mojada, y dura y quebradiza cuando está seca. Hay muchas clases de arcilla, cada una con características ligeramente variadas. Algunas combinan con óxidos minerales y pueden adquirir un arco iris de colores. Para la construcción su característica más interesante es la adherencia. Es el pegamento de la mezcla.

### **Biogás:**

El biogás es un poderoso bioenergético que se obtiene a base de desechos orgánicos. Cuenta con numerosos beneficios y es una forma de energía limpia y renovable.

El biogás se obtiene a partir de la digestión anaeróbica de los materiales orgánicos. Este bioenergético es una mezcla de dióxido de carbono y metano. Es utilizado como combustible, presenta un valor calorífico de 23 MJ/kg y posee un potencial de calentamiento 25 veces mayor al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Este tipo de energía renovable puede sustituir a los combustibles fósiles y con él se puede cocinar, calentar y generar electricidad. Al igual que el gas natural, el biogás permite generar electricidad a partir de motores de combustión interna conectados a un generador.

Con un metro cúbico de biogás se puede:

- ✓ Generar 6 horas de luz, equivalente a un bombillo de 60 watts.
- ✓ Poner a funcionar un refrigerador de 1 m<sup>3</sup> de capacidad durante 1 hora.
- ✓ Hacer funcionar una incubadora de 1 m<sup>3</sup> de capacidad durante 30 minutos.
- ✓ Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.

¿Cómo lo hicimos?

La obtención de biogás a partir de la biomasa de nopal se logró a través del proceso anaerobio, para el que se utilizó nopal del género *Opuntia ficus-*, una de las 104 especies de nopal que existen en México. Se usó en su variedad la esmeralda.

Durante el proceso, las pencas de nopal son cortadas y colocadas en una tabla donde se trocearon para pasar a triturarse, son sujetas a un proceso de homogenización, para posteriormente incorporarse al biodigestor anaeróbico, en el que se mezcla agua y desechos de ganado alimentado con nopales. La obtención de gas se obtiene después de cuatro a seis semanas de proceso dentro del biodigestor.

Biodigestor:

Un biodigestor es una cámara hermética donde se acumulan residuos orgánicos (vegetales o excremento de animales) mediante un proceso natural de bacterias (anaerobias) presentes en los excrementos que descomponen el material contenido en metano y en fertilizante.

El fenómeno de indigestible ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano (CH<sub>4</sub>) llamada biogás, que es utilizado como combustible. Como

resultado de este proceso se generan residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica (ideales como fertilizantes) que pueden ser aplicados frescos, pues el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de moscas.

Una de las características más importantes de la indigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la Demanda Química de Oxígeno DQO y la Demanda Biológica de Oxígeno DBO hasta en un 90% (dependiendo de las condiciones de diseño y operación).

Se deben controlar ciertas condiciones, como son: el pH, la presión y temperatura a fin de que se pueda obtener un óptimo rendimiento.

El biodigestor es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.

A diferencia de la producción usual de biogás con desechos orgánicos urbanos y de granjas, o de restos vegetales (tomates, pimientos), el uso del nopal no es residual sino el insumo primario de esta vía energética –como lo es el gramíneo maíz en la generación del biodiesel, la caña de azúcar y otros. El maíz y el nopal son ampliamente reconocidos y valorados por su alto valor nutricional en la dieta de las poblaciones de América.

Electricidad a partir del biogás:

La conversión de residuos en energía es el proceso de generación de energía, electricidad, calor, o combustible por medio del tratamiento de dichos residuos. Es una fuente limpia y confiable de energía que les permite a las instalaciones procesadoras de alimentos tales como cerveceras o mataderos convertir sus residuos en una fuente de ingresos. De esta manera, se convierte en una oportunidad más que en un gasto.

Los residuos orgánicos ingresan al sistema como materia prima. En el sistema, pueden añadirse sustancias tales como polielectrolitos orgánicos y cloruro férrico para ayudar a

que la materia orgánica se aglomere y flote. Este grupo de materia flotante se convierte en lodo.

El lodo orgánico es transferido a un digester anaeróbico. La digestión anaeróbica es un proceso que utiliza bacterias para descomponer la materia orgánica en un ambiente sin oxígeno. Este proceso puede utilizarse con todo tipo de materiales orgánicos, incluyendo recortes de césped, alimentos, aguas residuales o desechos animales.

Una vez en el digester anaeróbico, la materia orgánica interactúa con bacterias y otros microorganismos. Esta interacción finalmente crea un gas que contiene metano y dióxido de carbono, comúnmente conocido como biogás. La sustancia que queda remanente es un residuo líquido con sólidos en suspensión que se denomina digestato.

El biogás se utiliza para crear energía. Además de producir energía térmica que puede alimentar calderas de vapor, el biogás puede utilizarse para generar electricidad con sistemas de cogeneración.

Una tonelada de residuos puede ser transformada en aproximadamente 5,5% de materia seca, 68 por ciento de biogás, con 19,3 metros cúbicos normales de metano y 28,4 metros cúbicos normales de biogás. Esto se traduce en 74 kWh/ton de energía eléctrica o 75.000 kcal/ton de energía térmica.

### **Biofertilizante:**

El consumo de fertilizantes sintéticos data desde 1950 y ha crecido ininterrumpidamente hasta llegar al consumo actual de  $4.0 \times 10^6 \text{ Mg a}^{-1}$ . En 1943 se crea la empresa pública Guanos y Fertilizantes de México, a la cual en la década de los 1970 se le cambió el nombre a Fertimex. Hasta 1970 se tenían plantas productoras de fertilizantes con las mejores tecnologías disponibles en el mundo y México era un exportador neto. Contaba con gas natural para producir amoníaco, principal insumo para la fabricación de los fertilizantes, aunque se importaba roca fosfórica. A inicios de 1990 incrementó el precio del gas y del amoníaco, lo que provocó que en 1992 Fertimex se privatizara, el gobierno decidió fragmentarlo en 13 unidades productoras y se disparó

el precio de los fertilizantes. Así, desde el año 2000 México se convirtió en importador neto, actualmente se importa ca. 63% de los fertilizantes. (Grageda-Cabrera *et al*, 2000)

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos (Bacterias y Hongos), que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores de suelo. Estos microorganismos se encuentran de forma natural en suelos que no han sido afectados por el uso excesivo de fertilizantes químicos u otros agros químicos que disminuyen o eliminan dicha población.

Las principales funciones de los Biofertilizantes son:

- Fijadores de nitrógeno del medio ambiente para la alimentación de la planta.
- Incrementan la solubilización y la absorción de nutrientes, como el fósforo y el zinc.
- Protectores de la planta ante microorganismos patógenos del suelo.
- Estimulan el crecimiento del sistema radicular de la planta.
- Mejoradores y regeneradores del suelo.

Lo que pasa con los biofertilizantes es que cuando le regresas al suelo microorganismos que seguramente estaban ahí, pero en menor cantidad, estos vuelven a reestructurar el suelo y mejorar el desarrollo de las plantas.

El uso de biofertilizantes **tiene un impacto no sólo en el medio ambiente**, sino también en términos económicos, ya que su costo es menor que el de los fertilizantes químicos; en promedio valen 10% de lo que cuestan estos últimos, señaló el doctor Trujillo Roldán.

Asimismo, hay **mejoras en la productividad** de algunos cultivos con el uso de biofertilizantes, por ejemplo, en maíz, caña de azúcar, café y en cítricos.

Estudios han demostrado que los biofertilizantes también pueden servir en suelos que ya están contaminados, e incluso, han mejorado la productividad.

Cabe destacar que uno de los principales retos que se tenían en materia de biofertilizantes era obtenerlos en forma líquida y que no necesitaran refrigerarse, por lo que en la Unidad de Bioprocesos lograron obtener una formulación así.

Los estudios que ahora realizan con las muestras han demostrado que el microorganismo tiene hasta dos años de viabilidad después de producirlo.

Algunas de las desventajas relacionadas con los biofertilizantes son en términos de su aplicación y la charlatanería que se genera alrededor de ellos.

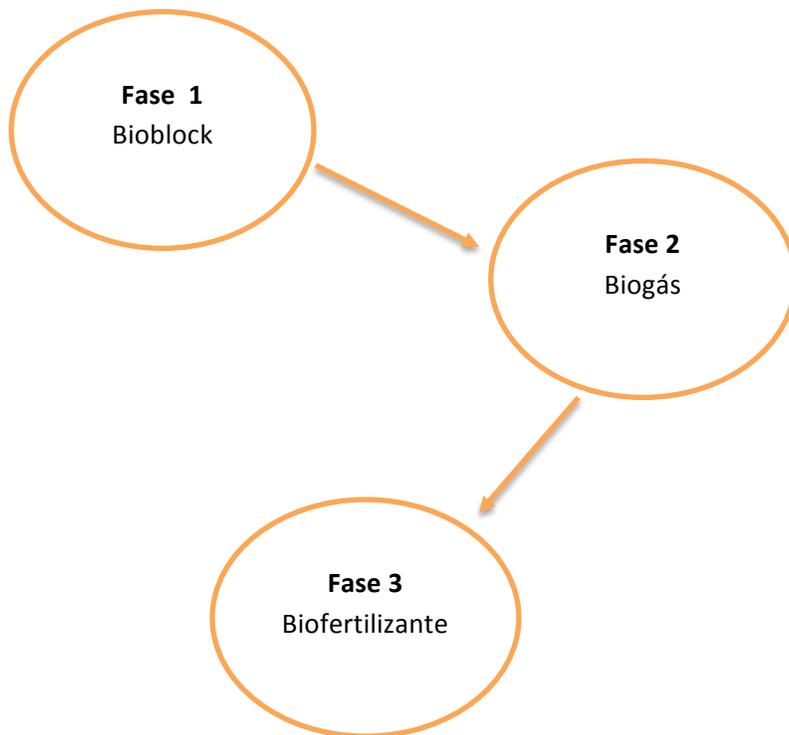
### **Hipótesis:**

Con nuestro trabajo de investigación creemos, mediante procesos físicos y químicos que el nopal puede cumplir con tres mecanismos de elaboración sustentables para la conservación del medio ambiente, los cuales son producción de biogás para la creación de energía calórica y eléctrica, la fabricación de bioblocks a partir de mucilago de nopal y desechos para la construcción de casas sustentables, y un material nutritivo en forma de abono para la fertilización de flora comestible.

## **METODOLOGÍA**

Nuestra metodología es basada principalmente en dos partes, el trabajo será realizado primeramente de manera documental ya que a través de ello indagaremos los datos de mayor relevancia para entender de mejor manera nuestro Proyecto de investigación; y en Segundo lugar de tipo experimental, porque a través de esta llevaremos a cabo la construcción objetiva de un prototipo biomecánico, demostrando su utilidad en tres áreas, la construcción, la producción de energía y en el mejoramiento de la fertilidad de las plantas, finalizando con la obtención, clasificación, organización de los datos del proceso y la construcción del prototipo.

El proyecto está dividido en 3 fases.



1. Se realizarán los bioblocks con el mucílago de nopal y pet triturado.
2. Los nopales después de haber sido explotados para sacar el mucilago serán compactados en una “biomasa” y junto con estiércol de vaca serán depositados en el biodigestor para la producción de biogás.
3. De los desechos obtenidos en el biodigestor se formará el biofertilizante.

**Fase 1: Bioblock**

Para realizar los bioblocks se consideraron los siguientes materiales:

- Mucilago de nopal
- Acilla
- Pet triturado
- Cal
- Agua

El trabajo comienza en la extracción del mucilago a través de baño maría, al obtener el mucilago listo, se puede implementar como un pegamento natural ya que sus propiedades físicas y químicas al secarse sustituyen a un adherente convencional.

Los bioblocks con mucilago y pet reciclado son un componente para muros exteriores e interiores elaborados con una mezcla de partículas de plástico procedente de envases descartables de bebidas, ligadas con mucilago de nopal y aditivos, que se moldea a mano y se dejan secar al sol.

Es un ladrillo más ecológico que otros tradicionales existentes en el mercado porque su materia prima principal está constituida por residuos plásticos reciclados. Además, la producción del ladrillo macizo de tierra cocida, utilizado habitualmente en mamposterías, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (humus), y su posterior cocción en grandes hornos a cielo abierto, produce desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por el humo generado), y tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.

## **Fase 2: Biogás**

Para fabricar el biodigestor requerimos de:

- Una botella grande vacía
- Tubo PVC
- Una T
- Codos
- Llave de paso
- Globo (como regulador de presión)

- Boquilla de cobre para gas
- Abrazaderas
- Una manguera
- Adaptador
- Nopal en biomasa
- Estiércol de vaca

**Inicialmente, dependiendo del tanque disponible así será la cantidad de biogás producido por el digestor.** Los usos para este biogás podrían ser cocinar algunos alimentos, calefaccionar una estancia, iluminar o simplemente para proyectos o experimentos caseros en este caso. Para esto último sería muy útil un mechero Bunsen ya que permite regular el flujo de gas y la mezcla de aire-biogás de forma sencilla.

Se ensambla el biodigestor, para posteriormente agregar dentro de él los residuos de la vaca y la biomasa de nopal, se deja reposar por aproximadamente una semana y media para ir viendo inicios del metano liberado.

El **biodigestor** debería construirse de acuerdo a la disponibilidad de recursos y no tratar de hacerlo exactamente con los materiales mencionados a continuación, en la marcha podríamos sustituir alguno ya que esperamos poner en práctica “las tres R”; reducir, reusar y reciclar.

### **Fase 3: Biofertilizante**

Para la elaboración del biofertilizante se pretende usar:

- Los desechos obtenidos del biodigestor

Se llevará a cabo un lote control y un lote experimental de una penca de nopal para comprobar la efectividad de este y si hay mejoras en cuanto al crecimiento.

## **RESULTADOS**

### **Bioblock:**

Entre las ventajas técnicas de los bioblocks se puede mencionar que son cinco veces más aislantes térmicos que los convencionales de tierra, y además más livianos. Un bioblock de mucilago de nopal pesa 1.400 kg, mientras que el de tierra pesa aproximadamente un kilo más. Por otra parte, los cimientos de una vivienda construida con estos ladrillos son menores que los de una convencional, ya que la vivienda en general es más liviana, y, al tener mayor aislamiento térmico, se pueden construir muros de menor espesor.

Entre sus beneficios sociales se encuentra que, a diferencia del block tradicional, no necesita cocción, lo que facilita su elaboración, no afecta al ambiente y evita riesgos a la salud en quienes los elaboran, como quemaduras y afecciones respiratorias. Por otra parte, permite que el proceso de producción sea más barato y rápido, en comparación al proceso tradicional, ya que hay un considerable ahorro de combustible, además de que se reutilizan residuos sólidos provenientes de construcciones.

### **Biogás:**

A diferencia de la producción usual de biogás con desechos orgánicos urbanos y de granjas, o de restos vegetales (tomates, pimientos), el uso del nopal no es residual sino el insumo primario de esta vía energética como lo es el gramíneo maíz en la generación del biodiesel, la caña de azúcar y otros. El nopal es ampliamente reconocido y valorado por su alto valor nutricional en la dieta de las poblaciones de América. De lo anterior se obtiene 92% de gas metano, dióxido de carbono, y una pequeña cantidad de ácido sulfhídrico. El gas metano alimenta un generador que produce 35.5 kilovatios (kW) de energía eléctrica. El biogás generado es almacenado, lavado y comprimido.

### **Biofertilizante:**

Los biofertilizantes son básicamente microorganismos que viven simbióticamente con las plantas, y lejos de obstaculizar su desarrollo, apoyan su nutrición y regeneran el suelo. De esta manera se evita el uso de fertilizantes químicos que alteran el medio ambiente.

El uso del biofertilizante **a base de nopal** es una alternativa ecológica y sustentable pero la clave está en cómo hacer crecer esos cultivos, desde lo económico, si se echa mano de fertilizantes químicos el proceso es poco o nada rentable ya que la compra de esos productos se lleva gran parte del costo de producción. Desde lo ecológico, constituye una alternativa limpia ya que no dañan el ambiente, además que para su elaboración pasa por el proceso del biogás, duplicando sus beneficios.

Mientras más biogás se genere se obtendrá más biofertilizante.

### **CONCLUSIONES PRELIMINARES**

Podemos concluir que en nopal como alternativa para vivienda, sustitución de energía y gas e implementación de abono natural es una excelente opción ya que para realizar biogases y biofertilizantes es necesario generar algún desecho, entonces nos estamos haciendo dependientes de un proceso en el cual lo primordial sería generar basura para después buscar una solución, en cambio en el nopal estamos produciendo una infinidad de alternativas económicas y sustentables, principalmente la alimentación, y gracias a este proyecto, un material de construcción económico y ecológico, biogás fácil de producir y un biofertilizante capaz de volver a originar el mismo nopal para ser vuelto a utilizar. La hipótesis y los objetivos fueron los esperados, ya que a través del conocimiento de las propiedades del nopal y una mentalidad sustentable pudimos realizar el trabajo experimental y obtener muy buenos resultados de este dándonos ganas de llevar a lo grande este proyecto y mejorar la calidad de vida de personas de escasos recursos y borrar el daño que el hombre ha estado causando al medio ambiente gracias a la contaminación.

Se puede agregar también que como en cada proyecto siempre habrá fallas, las cuales con un mejor estudio se podrán mejorar y hacer productos de calidad que mejoren nuestro ambiente y el estilo de vida de los mexicanos, y que mejor que con el nopal, símbolo de la patria nacional.

## APARATO CRÍTICO

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS Y DE INTERNET

Guzmán U. (2013). Catálogo de cactáceas mexicanas .UNAM. Consultado el 22 de diciembre del 2016 .Recuperado de Biofertilizantes: ventajas y usos de una opción ecológica [www.fundacionunam.org.mx/.../biofertilizantes-ventajas-y-usos-de-una-cactacea](http://www.fundacionunam.org.mx/.../biofertilizantes-ventajas-y-usos-de-una-cactacea).

Jiménez A. (2013). Los beneficios del nopal. Las plantas curativas de bios. Consultado el 10 de febrero del 2017. Recuperado [www.fundacionunam.org.mx/.../biofertilizantes-ventajas-y-usos-de-una-opcion-ecolo...](http://www.fundacionunam.org.mx/.../biofertilizantes-ventajas-y-usos-de-una-opcion-ecolo...)

12 ago. 2014

López n. (2013). Las propiedades del nopal .la linaza. Consultado el 10 de febrero del 2017.recuperado de <https://lpcdedios.wordpress.com/2013/11/22/los-beneficios-del-nopal>

SciELO (2012). Biofertilizantes en la agricultura. Revista de ciencias agrícolas consultado el 10 de febrero del 2017. Recuperado de [ciencia.unam.mx](http://ciencia.unam.mx)

Bravo H. (1978) las cactáceas de México. UNAM. Consultado el 10 de febrero del 2017. Recuperado de [www.natursan.net](http://www.natursan.net)