



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL**

**“El potencial de los biodigestores como técnica sostenible
para la producción de biogás en la Comunidad Indígena
Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán”**

TESIS

Que para obtener el título de:

Licenciado EN CIENCIAS AMBIENTALES

Anibal Jair Hernández Embate



Directoras de tesis:

M. en C. E. F. Verónica Vilchis Esquivel

M. en D. M. Emma González Carmona

AGRADECIMIENTOS

A mis directoras de tesis

M. en C. E. F. Verónica Vilchis Esquivel y

M. en D. M. Emma González Carmona

Por la orientación y ayuda que me brindaron para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A todos mis profesores de la Licenciatura en Ciencias Ambientales

que me enseñaron tanto de la profesión como de la vida,

impulsándome a seguir siempre adelante.

DEDICATORIAS

En primer lugar a Dios, que me ha brindado una vida llena de alegrías y aprendizaje, permitiéndome vivir una muy grata experiencia en mi etapa universitaria.

A mi familia que siempre me ha apoyado, guiado y cuidado. Gracias de corazón por todas las oportunidades que me han brindado.

A mis amigos que siempre estuvieron a un lado mío para ayudarme, escucharme, aconsejarme y en muchas ocasiones guiarme.

Índice

Introducción	8
Hipótesis	11
Objetivos	11
Metodología	12
Marco teórico conceptual: Los biodigestores como potencial tecnológico que fomenta la sostenibilidad en la comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro.	
Capítulo I. Los biodigestores como ecotecias	14
1.1. Fenomenología de los biodigestores	15
1.1.1 Biodigestor de Domo Fijo (Tipo “chino”)	22
1.1.2 Biodigestor de Domo Flotante (Tipo “Indio”)	23
1.1.3 Biodigestor de Estructura Flexible	24
1.1.4 Digestor Flotante	26
1.1.5 Digestor con Tanque de Almacenamiento Tradicional y Cúpula de Polietileno	26
1.1.6 Digestor de Alta Velocidad o Flujo Inducido	27
1.1.7 Instalaciones Industriales	28
1.1.8 Sistema Biobolsa	29
1.1.8.1 Requisitos para tener un Sistema Biobolsa	31
1.1.8.2 Tamaño de Biobolsa	31
1.2. Importancia de los biodigestores	35
1.3. Ventajas y desventajas de los biodigestores desde la sustentabilidad	37
1.4. El biogás	39
Capítulo 2. La Comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro: características situacionales para la introducción de biodigestores	42
2.1. Sistema físico geográfico	43
2.1.1 Edafología	43
2.1.2. Hidrología	44

2.1.3. Climatología	44
2.1.4. Temperatura	45
2.1.5. Vegetación	45
2.2. Sistema empresarial	48
2.3. Sistema cultural	51
Capítulo 3. La educación ambiental como herramienta de cambio	53
3.1. La educación ambiental para la sustentabilidad, un detonante del cambio, aspectos significativos	54
3.2. Referentes teóricos del aprendizaje Piaget, Vigotsky, Bruner, Ausubel y Bloom para el fomento del aprendizaje significativo	66
3.3. Elementos constitutivos del programa de educación ambiental	73
3.3.1. Organización del conocimiento (del tema elegido).	77
3.3.2. Características del público al que va dirigido: consideraciones desde la perspectiva del aprendizaje significativo	79
3.3.3. Características institucionales expresas en el <i>curriculum</i> en la educación informal	81
Marco empírico: Viabilidad de los biodigestores en la Comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro	
Capítulo 4. Condiciones de viabilidad	84
4.1. Sistema Integrado de la Comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro	85
4.2. Análisis FODA	88
Capítulo 5. Propuesta de Educación ambiental	91
5.1. Programa de EA	95
Conclusiones	102
Recomendaciones	104
Anexos	105
Bibliografía	114

Índice de cuadros

Cuadro 1: Deyecciones de bovino	16
Cuadro 2: Exposición y tratamiento de excretas	16
Cuadro 3: Tipos de biodigestores	20
Cuadro 4: Comparación de tipos de biodigestor	33
Cuadro 5: Características del biogás	40
Cuadro 6: Valor energético por tipo de sustrato	40
Cuadro 7: Comparación energética	41
Cuadro 8: Número de cabezas de ganado por raza	51
Cuadro 9: La trascendencia de la educación ambiental para la sustentabilidad a través de su evolución	56
Cuadro 10: Taxonomía de Bloom	72
Cuadro 11: Programa de Educación Ambiental	96

Índice de esquemas

Esquema 1: Digestión anaerobia	19
Esquema 2: Diagrama de flujo de un proceso de depuración de purines	36
Esquema 3: Organigrama de la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro	48
Esquema 4: Diagrama del Programa de Educación Ambiental	95

Índice de imágenes

Imagen 1: Biodigestor Chino	23
Imagen 2: Biodigestor Indio	24
Imagen 3: Biodigestor Flexible	25
Imagen 4: Biodigestor Flotante	26
Imagen 5: Biodigestor Cúpula de Polietileno	27
Imagen 6: Biodigestor de Flujo Inducido	28
Imagen 7: Biodigestor Industrial	29
Imagen 8: Biodigestor Biobolsa	30
Imagen 9: Mapa de localización	46
Imagen 10: Mapa de ubicación geográfica	47

Introducción

Hoy en el mundo los precios de todo tipo de energía han aumentando, la población del planeta tiene una gran preocupación por su adquisición, pero la gente de las zonas rurales carece más de este tipo de recursos energéticos, por tanto, son quienes más sufren las consecuencias. La población de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro no es la excepción. Por ello, en el presente trabajo se pretende abordar la situación de la comunidad rural, a partir del estudio de viabilidad de introducción de la técnica e incentivar el uso del biogás a partir de las excretas del ganado bovino presente en los ranchos que protegen las zonas forestales, en tales circunstancias se trasciende en el aprovechamiento de las excretas para generar gas, por un lado, y por otro se reducen los riesgos de contaminación del medio ambiente y a la par se contribuye a la economía de la comunidad.

El precio del gas y fertilizantes es accesible a la población de los países desarrollados y ciudades de los países en vías de desarrollo, pero en las comunidades rurales se buscan otras alternativas de fuentes de energía y fertilización para las zonas agrícolas.

Una fuente de energía en zonas rurales es la proveniente de la tala de árboles para cocinar con leña. Esta práctica, además de no ser sostenible por destruir la naturaleza, daña la salud, pues se inhala humo y gases contaminantes. Es así como, el uso del biogás es una propuesta para esta comunidad para reducir el impacto del humo en la salud, ambiente, economía familiar y desarrollo sostenible.

Para enfrentar este problema, se sugiere la introducción de biodigestores en la comunidad, que utilice los desechos de animales de la granja tales como el ganado bovino, a través de un programa de educación ambiental.

Los biodigestores son tanques en los que se fermenta el desecho orgánico para producir biogás. El biogás está constituido por metano y es producido en el tanque del biodigestor por la fermentación anaerobia (sin la presencia de oxígeno) y puede ser utilizado como gas doméstico en la comunidad. Los desechos digeridos pueden utilizarse para mejorar los suelos en los propios cultivos de aguacate y durazno en la comunidad y con ello dar paso a la certificación a su producción.

La concentración de excretas del ganado bovino se relaciona con los malos olores y contaminación. Lo cual es considerado como factor de riesgo de salud para la Comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, por lo que su procesamiento puede evitar la contaminación al suelo, agua y, en general, al medio natural.

Las emisiones importantes de las excretas corresponden a los gases de metano, dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y los compuestos halogenados del carbono (CFC), los cuales han sido definidos como factores de cambio en las propiedades de la atmósfera de la Tierra (González-Avalos y Longoria, 2005).

Entre los diferentes mecanismos biológicos que se dan en la naturaleza, la transformación de la materia orgánica por microorganismos anaerobios (fermentación), es el que mayor importancia tiene en el mantenimiento de la vida en nuestro planeta por su contribución al ciclo del carbono. La formación de metano y dióxido de carbono es la característica que sobresale en la descomposición de la materia orgánica. En este proceso, los microorganismos metanógenos combinan su capacidad de oxidación con el hidrógeno y con ello se reduce el dióxido de carbono, dependiendo de la materia orgánica fermentada y las variaciones en el pH (González-Avalos y Longoria, 2005).

En tal sentido, el presente estudio pretende contribuir con la aplicación de tecnologías sostenibles para el aprovechamiento de un residuo a través de biodigestores que generen biogás y de manera consecuente se percibe la potencialidad de los biofertilizantes como una alternativa de producción para la

comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro. A su vez el trabajo incluye un programa de educación ambiental que muestra la importancia, los beneficios y la construcción de los biodigestores.

Por lo tanto esta investigación está contemplada que los pobladores de la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro introduzcan una biotecnología que les permita aprovechar los residuos ganaderos; integrarlos en su ciclo de producción, ya sea como fertilizantes o como materia prima para biogás y que la propuesta del modelo sea apropiada y difundida a través de la intervención educativa. Como una nueva alternativa para el mejoramiento sustentable de sus recursos por medio de la educación ambiental.

Hipótesis

El biodigestor es una alternativa técnica sostenible viable por el potencial en el uso de residuos del ganado, en la generación de subproductos como biogás y biofertilizante; así como de la facilidad de construcción en la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro.

Objetivo general

Elaborar un programa de educación ambiental para la comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro, del Estado de Michoacán, para mejorar el manejo de las excretas de la ganadería bovina, mediante el aprovechamiento de las características de un biodigestor.

Objetivos específicos

- Conocer las potencialidades de los biodigestores a través de la revisión trabajos del tema, tales como aspectos técnicos, operación y mantenimiento para su introducción en la comunidad.
- Determinar la viabilidad del uso de los biodigestores a partir del diagnóstico FODA en la comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro para posibilitar la colocación de biodigestores.
- Elaborar un programa de Educación Ambiental que muestre el potencial del biodigestor como técnica de aprovechamiento de un recurso, las características del público y las características organizacionales de la comunidad.

Metodología

La metodología se explicita en los siguientes diagramas, los cuales responden a las diversas fases.

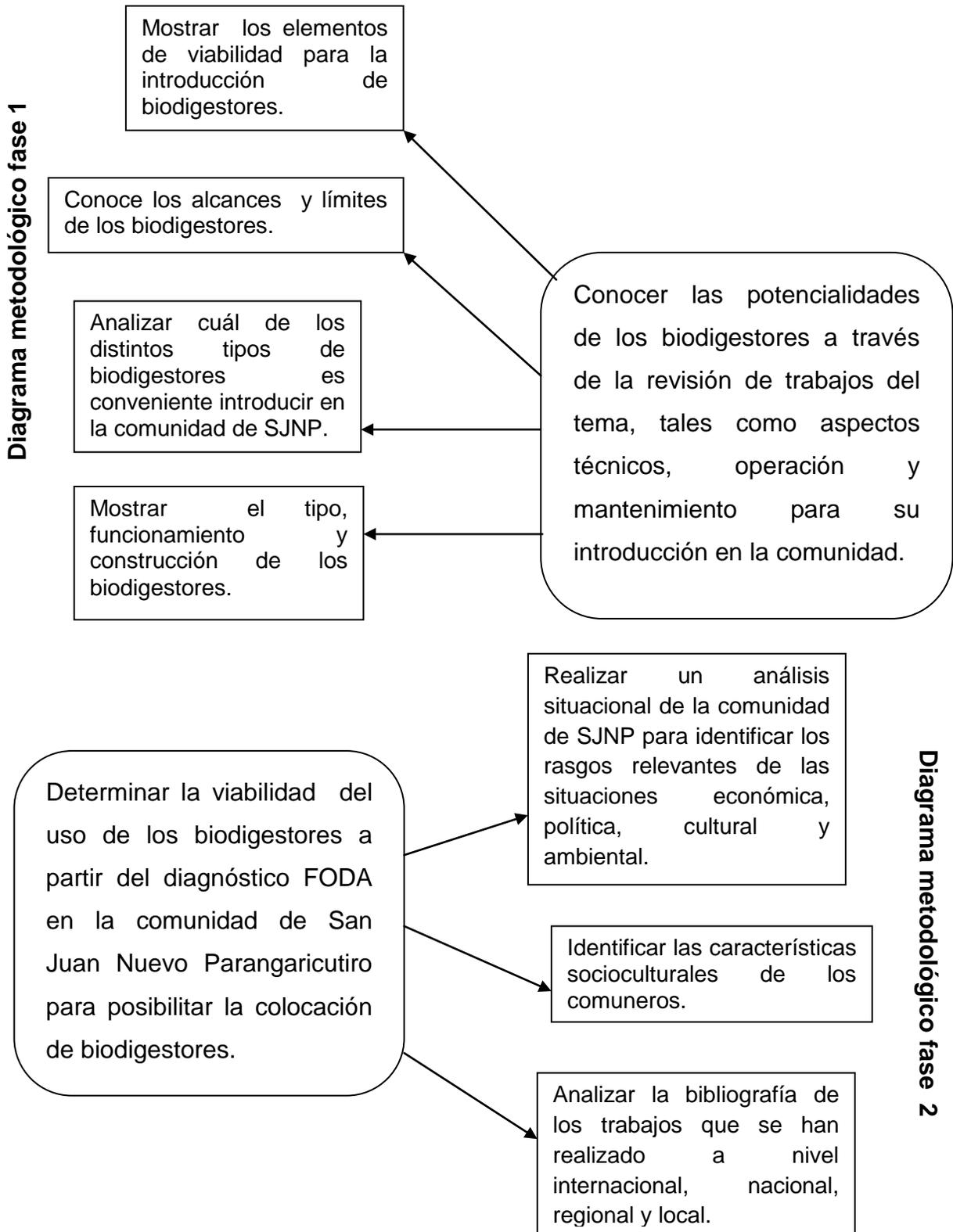
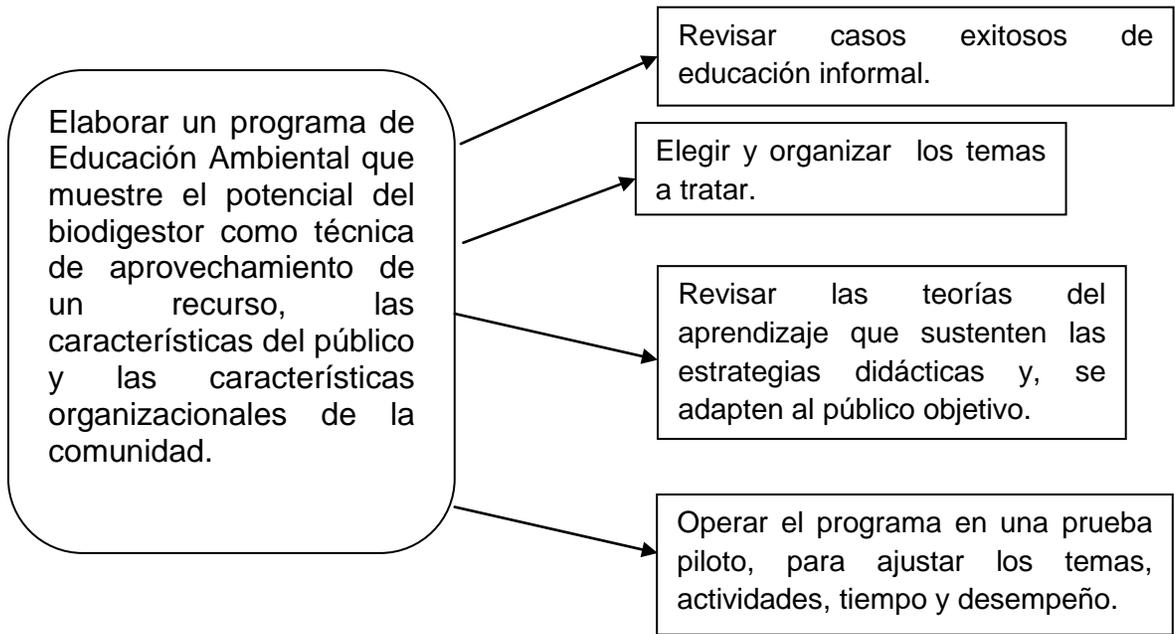


Diagrama metodológico fase 3



Capítulo 1

Los biodigestores como ecotecnias

Marco conceptual- referencial: **Los biodigestores como potencial tecnológico que fomenta la sostenibilidad en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro**

Marco conceptual - referencial: **Los biodigestores como potencial tecnológico que fomenta la sostenibilidad en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro**

Capítulo 1. **Los biodigestores como ecotecnia**

1.1 Fenomenología de los biodigestores

Es oportuno señalar que los tipos de ganadería que se desarrollan en México se distribuyen según las características culturales y del medio ambiente, por ejemplo, en las zonas áridas, las cuales se localizan generalmente en el norte del país. La actividad ganadera predominante es la cría de ganado vacuno y se realiza en agostadero de manera extensiva. En las zonas templadas, se desarrolla en el centro del país; éstas se tipifican como estabuladas, y en las zonas tropicales del sur, por lo regular se localizan en praderas (Figueroa, 1983).

Según las características de cada región y tipo de ganado, resaltan problemas por la presencia de las excretas, principalmente en las que conciernen a los espacios rurales; ya que la mayoría de las veces éstas se descomponen al aire libre, lo que ocasiona daños a la salud para los pobladores del lugar. Estos desechos liberan gases como metano, dióxido de carbono, oxígeno nitrógeno, entre otros, los cuales tanto en cantidades grandes como pequeñas son los que originan olores desagradables y por consiguiente favorecen la generación patógena que propagan las enfermedades (Martínez, 2008).

Según Robertson, 1977, el estiércol bovino representa el mayor desecho producido en los agroecosistemas, y su uso inapropiado puede crear problemas tales como olor, producción de nitratos y otros elementos contaminantes de cuerpos de agua. La cantidad promedio de deyecciones producidas por animal/día se observan en el cuadro 1

Cuadro 1: Deyecciones de bovino

Animal	Edad (meses)	Deyecciones producidas (orina + heces Kg/día)
Ternero	3-6	7
Vaca	24+	28
Vaca lechera	24+	45

Fuente: Robertson, (1977).

Debido a la presencia de las deyecciones producidas, los biodigestores se presentan como una oportunidad de producción de biogás y fertilizantes para la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Al respecto, se reconoce que los problemas de contaminación de aguas residuales por excretas, evitar el despale ocasionado por la búsqueda de leña, brindan un equilibrio ambiental mejorando la estructura del suelo (cuadro 2). La aplicación del efluente producido por el biodigestor (abono orgánico o bioabono) aumenta la fertilidad del suelo permitiendo así el aumento de la producción de las plantas cultivadas, incluyendo las forrajeras (Beteta, 2005).

Cuadro 2: Exposición y tratamiento de excretas

Excretas y orina	Metano (CH ₄)	Dióxido de carbono (CO ₂)	Oxido nitroso (N ₂ O)
Exposición aire libre	Liberado a la atmósfera	Liberado a la atmósfera	Liberado a la atmósfera
Tratamiento biodigestores	Se genera una mayor cantidad de CH ₄ que es quemado o para producir energía y se obtiene una proporción menor de CO ₂ que es liberado a la atmósfera.	El biogás producido contiene CO ₂ en una proporción de 25 a 30% el cual si se mete a un motogenerador debe ser retenido mediante procesos químicos de purificación, si no se usa un motogenerador se libera a la atmósfera.	De acuerdo a un proceso de desnitrificación de la excreta se forma N ₂ el cual es un gas estable y puede ser liberado a la atmósfera. El lodo residual contiene N.

Fuente: Martínez, (2005).

En el pasado, los biodigestores se consideraron como una manera de producir gas combustible a partir de materia orgánica de desecho. Debido a la creciente importancia del manejo sostenible de los recursos naturales en los sistemas agrícolas. Hoy se reconoce la importancia de los biodigestores como el vehículo para emitir gas y los nutrientes que originalmente han sido tomados por el ganado de la actividad pastoril (Preston, 2005).

Se cree que los primeros biodigestores fueron diseñados a mediados de los sesenta en el continente asiático. En América Latina, en especial Colombia, éstos se diseñan a mediados de la década de los 80 por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria del Valle (CIPAV) con el nombre de Biodigestores de carga continua (Tamayo, 2010).

Según Kristoferson y Bokhalders (1991), en la década de los 70 se presenta un esfuerzo tangible para extender el uso de biodigestores en el medio rural. En ese momento, los tipos de reactores que más se construyeron fueron los hechos de ladrillos y concreto, ya fuera de cúpula fija en China, o de cúpula flotante en la India, países donde el esfuerzo de extensión fue sustancialmente masivo. Para 1982, se habían instalado más de siete millones de estos artefactos en China.

Actualmente se ha extendido la construcción y el uso de esta tecnología. Por ello conviene señalar las características que lo constituyen. Un biodigestor es un contenedor que a través de un proceso de digestión un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos, convierte a partir de material orgánico, principalmente excrementos, en una mezcla de gases con alto contenido de metano al cual se le llama biogás y un lodo residual con alto grado de nutrientes el cual es usado como fertilizante. Es un recipiente herméticamente sellado, puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico de manera subterráneo o sobre nivel (Martínez, 2008).

En la práctica, se muestran serias deficiencias en la construcción de los biodigestores, no solamente desde el punto de vista de la construcción como tal,

sino de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de éstos, lo que provoca fugas de material dentro del reactor a través de sus paredes, y esto fue debido fundamentalmente a la falta de personal entrenado para construir estos reactores (Kristoferson y Bokhalders, 1991).

Al interior del dispositivo se presenta un proceso de fermentación que transforma el carbón orgánicamente ligado en dióxido de carbono gaseoso y metano. A partir de un proceso anaeróbico (sin oxígeno) se elimina la mayoría de organismos, incluso los parásitos intestinales, que pueden causar enfermedades. De esta manera, el estiércol se mejora química y biológicamente a partir del proceso de fermentación (Preston, 2005).

La fermentación involucra a un complejo número de microorganismos de distinto tipo los cuales pueden ser divididos en tres grandes grupos principales:

Fase de hidrólisis:

En esta fase las bacterias se alimentan de la materia orgánica virgen a partir de sus largas cadenas de estructuras carbonadas; las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos), liberando con ello hidrógeno y dióxido de carbono. Este tipo de trabajo de las bacterias se lleva a cabo por un complejo de microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaerobios facultativos (Martínez, 2005).

Fase de acidificación:

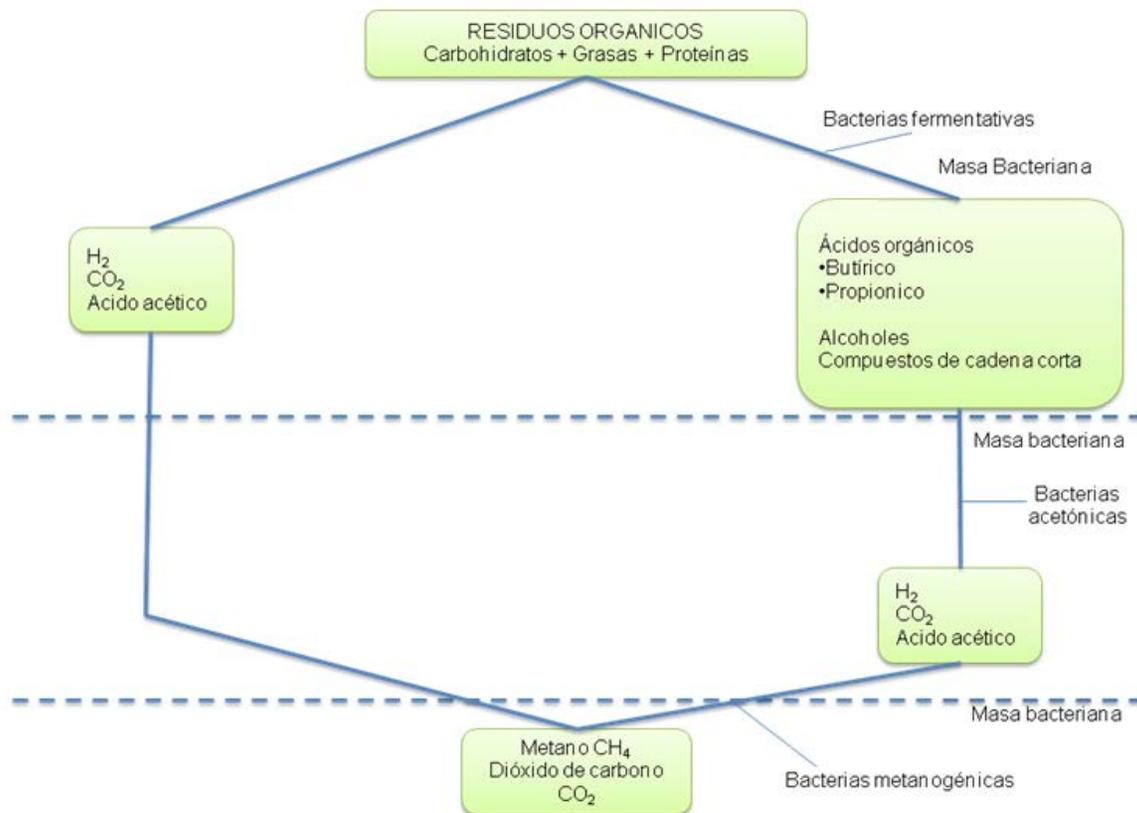
Se presenta por la conversión bacteriana de hidrógeno y dióxido de carbono a otros de menor peso molecular; formada por acidogénesis derivada de la fermentación de los monómeros produciendo acetato, propionato, butirato, succinato, alcoholes, H₂ y CO₂, y acetogénesis por fermentación secundaria generando H₂, CO₂ (Martínez, 2005).

Fase metanogénica:

Es el proceso por el cual se presenta la conversión bacteriana final de los compuestos acetato, propionato, butirato, succinato, alcoholes, H₂ y CO₂ a metano y dióxido de carbono (Martínez, 2005).

Para comprender mejor las características de cada una de las etapas, se presenta el Esquema 1:

Esquema 1: Digestión anaerobia



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion>

Con base en las referencias consultadas, se llegó a determinar que se han desarrollado alrededor de 70 variedades de biodigestores, dependiendo de las necesidades y recursos disponibles. Hay versiones muy básicas y artesanales hasta construcciones de tipo industrial. Algunos modelos pueden requerir unos costos muy altos, dadas las posibles dificultades de su instalación y puesta en marcha.

Los factores que afectan al diseño y la operación son básicamente los siguientes:

- La capacidad del digestor: Tiempo de residencia de la materia orgánica en degradación; carga volumétrica; diseño y control del proceso, etc.
- El Control de la temperatura: Entre 35 y 54 °C para los rangos mesofílico y termofílico; calentamiento a través de intercambiadores de calor internos o externos.

La mezcla mantiene activo el contacto entre la biomasa y los lodos; crea uniformidad física, química y biológica dispersando cualquier sustancia química o producto de la metabolización de la materia orgánica, de ahí se origina la formación de natas superficiales (Aguilar *et al.* 2000).

Una clasificación sencilla del diseño de los digestores (posición) y el tipo de proceso empleado (continuidad en la alimentación), se expresa en la obra de Aguilar *et al.* (2000).

Si se considera que en el diseño de construcción, los biodigestores pueden ser verticales u horizontales, pero por el tipo de proceso empleado se pueden encontrar tres clases. Por otra parte también se identifican los de carga continua y los de carga semicontinua y los de carga discontinua o carga por lote (Solari, 2004).

Cuadro 3. Tipos de biodigestores

Carga	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo
Posición			
Vertical	X	X	X
Horizontal	X	X	X

Fuente: elaboración propia con base a Solari, 2004.

A continuación se describen las características de cada uno de ellos.

Continuo

Este tipo de digestores han sido desarrollados principalmente en las zonas rurales de la India, su alimentación es diaria, cada nueva carga que se realiza, empuja una masa de igual volumen hacia fuera, la cual ya ha pasado por el proceso de fermentación (Baquedano, *et al.* 1979).

En los tipos de digestores ya sea horizontales o verticales, se utilizan preferentemente excrementos animales frescos como materia prima (excrementos de bovinos, porcinos, aves, etc.) estos digestores son técnicamente más avanzados y registran abastecimiento en un tiempo menor a las 12 hr. (Young, 1986).

Semicontinuo

Este reactor de carga semicontinua se caracteriza porque se abastece y se descarga en lapsos de tiempo relativamente cortos de 12 a 24 hr. Este tipo doméstico es usado en el medio rural. Esta clasificación engloba una gran cantidad de diseños de digestores, tanto horizontales como verticales (Young, 1986).

Discontinuo o de carga por lote

Estos reactores han sido desarrollados principalmente en países de Francia, este tipo de digestor permite utilizar cualquier tipo de residuo o basura, aún siendo estos de gruesa textura, sin riesgo de obstruir la instalación, ya que la masa orgánica debe ser reemplazada de una vez y en su totalidad luego de cada ciclo, pues en este sistema no hay cargas diarias (Baquedano *et al.*, 1979).

Este diseño se emplea cuando se tienen problemas de manejo en la materia prima, si la materia prima para digerir está disponible en forma intermitente o si el interés primordial es la obtención de abono en épocas específicas del año, así como también para trabajos de investigación a nivel laboratorio (Baquedano *et al.*, 1979).

A continuación se presentan los tipos de planta más difundidos y probados a nivel mundial.

1.1.1 Biodigestor de Domo Fijo (Tipo “Chino”)

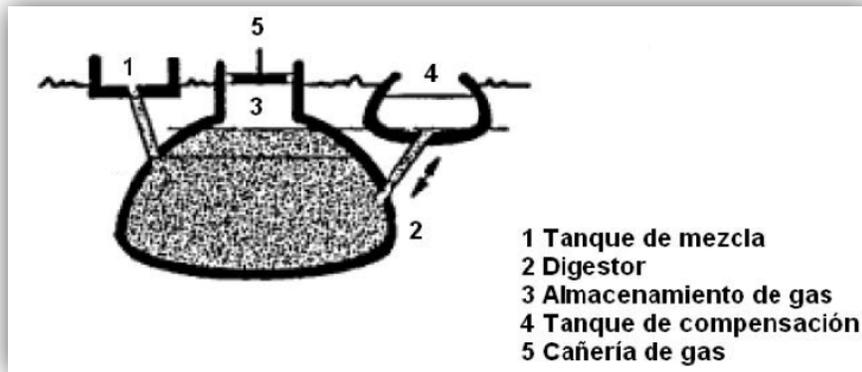
Este reactor se caracteriza por poseer una cúpula rígida en el tope, donde se almacena el biogás generado, y un tanque de compensación, también llamado de desplazamiento.

Cuando se inicia la generación de biogás, el sustrato digerido es desplazado al tanque de compensación. Al aumentar el volumen de gas almacenado en la cúpula, aumenta la presión del gas y, en consecuencia, existe una mayor altura de sustrato digerido en el tanque de compensación (Schleenstein, 2009).

Estos reactores son construidos generalmente de cemento, ferro-cemento o ladrillo, siendo el domo recubierto con un impermeabilizante para gas. La construcción es laboriosa, y crea puestos de trabajo localmente. La construcción de estos digestores es compleja, por lo que su construcción debe ser supervisada por personal capacitado. Este tipo de reactor debe ser embutido bajo tierra para contrarrestar las presiones internas, que pueden llegar sobre los 0,15 bar (0,148 atm). Al estar cubierto de tierra y presentar la opción de calentamiento interno, lo hace factible para climas más fríos, además de servir de protección contra daños físicos (Schleenstein, 2009).

Estos reactores son factibles económicamente por sobre los 5 m³ de capacidad y se conocen de hasta 200 m³, siendo este tipo de planta los más difundidos en China, con alrededor de cinco millones de plantas pequeñas (Schleenstein, 2009).

Imagen 1: Biodigestor Chino



Fuente: GTZ-GATE (1999): *Biogas Digest Volume II. Biogas: Application and Product Development.*

1.1.2 Biodigestor de Domo Flotante (Tipo “Indio”)

Inicialmente, este tipo de reactor se desarrollaba en India, existiendo alrededor de tres millones de plantas pequeñas. Presenta una forma de cilindro, siendo lo más característico una cúpula de gas flotante. La cúpula de gas puede flotar sobre el sustrato a digerir o sobre una chaqueta de agua, sobre un soporte que puede ser interno o externo, de modo que el movimiento es ascendente al aumentar la cantidad de biogás y descendente al ir disminuyendo la cantidad de gas (Schleenstein, 2009).

Las plantas de domo flotante con chaqueta de agua son fáciles de mantener pues no están limitados a sustratos con alto contenido de sólidos, por lo tanto, presentan mayor vida útil y, ópticamente, son más estéticas puesto que no se ensucian con el sustrato. Además, el costo adicional que constituye la chaqueta de agua es moderado y se recomienda su uso al tratar con excrementos (Schleenstein, 2009).

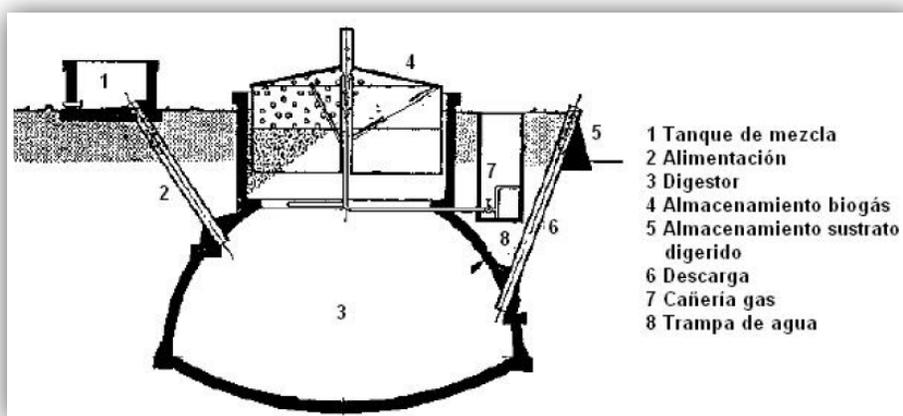
En algunas plantas se ha sustituido la cúpula flotante por una cubierta flexible, lo cual disminuye significativamente los costos, sin embargo, no se ha logrado una

buena cohesión de la cubierta con el digester (pérdida de biogás), además de que la cubierta es muy propensa a sufrir daños físicos (Schleenstein, 2009).

Este tipo de reactor ha sido utilizado principalmente para la digestión de excrementos animales y humanos, con alimentación de sustrato continuo, de pequeños a medianos predios, con tamaños de reactor de 5 m³ a 15 m³. Sin embargo, estos reactores han sido implementados por instituciones o zonas agrícolas/lecheras, con medidas de 20 a 100 m³.

Estos reactores se construyen generalmente de cemento, ferro-cemento o ladrillo, siendo la cúpula flotante de acero o polietileno de alta densidad (aumenta costo). El material de la cúpula debe ser resistente contra rayos UV y contra corrosión (Schleenstein, 2009).

Imagen 2. Biodigestor Indio



Fuente: Werner, U.; Stöhr, U.; Hees, N. (1989): *Biogas plants in animal husbandry*, GTZ-GATE

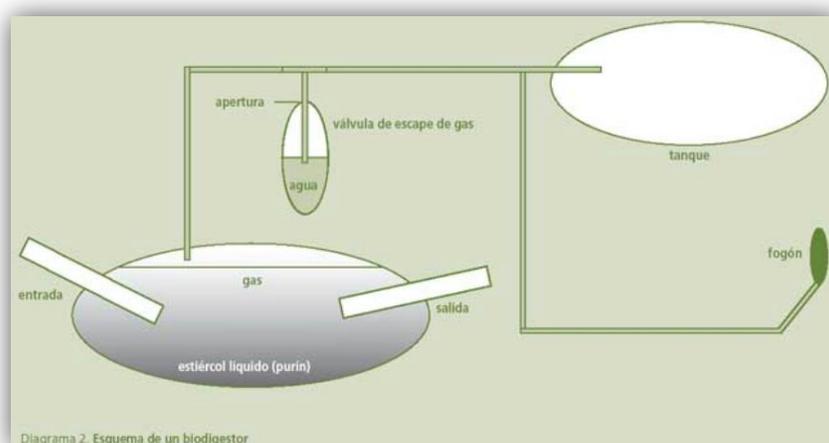
1.1.3 Biodigestor de Estructura Flexible

Este tipo de planta consiste en un contenedor de plástico aislante (estructura flexible), también llamado bolsa, el que combina digester y almacenamiento de biogás. El gas se almacena en la parte superior de la bolsa mientras que el sustrato a digerir se ubica en la parte inferior, de modo que la cañería de

alimentación y salida están unidas directamente al plástico. El plástico de la bolsa debe ser resistente al clima y a la radiación UV, por lo que se recomienda el uso de plástico reforzado o caucho sintético. Materiales como el denominado barro rojo PVC (*red mud plastic*), Trevira y polietileno (más usado en América Latina) han sido aplicados con éxito. Sin embargo, la vida útil de estas estructuras, generalmente, no excede de dos a cinco años, por lo que este tipo de planta es recomendable solamente cuando existe la posibilidad de reparación localmente.

Esta tecnología es recomendable como una alternativa transitoria, cuando se requiere una solución rápida para la utilización de la materia prima y generación de biogás (Schleenstein, 2009).

Imagen 3. Biodigestor Flexible



Fuente: T. R. Preston. 2005. Los biodigestores en los sistemas agrícolas ecológicos LEISA Revista de Agroecología, junio, 2005.

1.1.4 Digestor Flotante

Este tipo de digestor, ampliamente difundido en Vietnam, es una variante del digestor de estructura flexible, siendo la principal diferencia que se sitúa en agua, de modo que se encuentra parcialmente sumergida (Schleenstein, 2009).

Imagen 4. Biodigestor Flotante



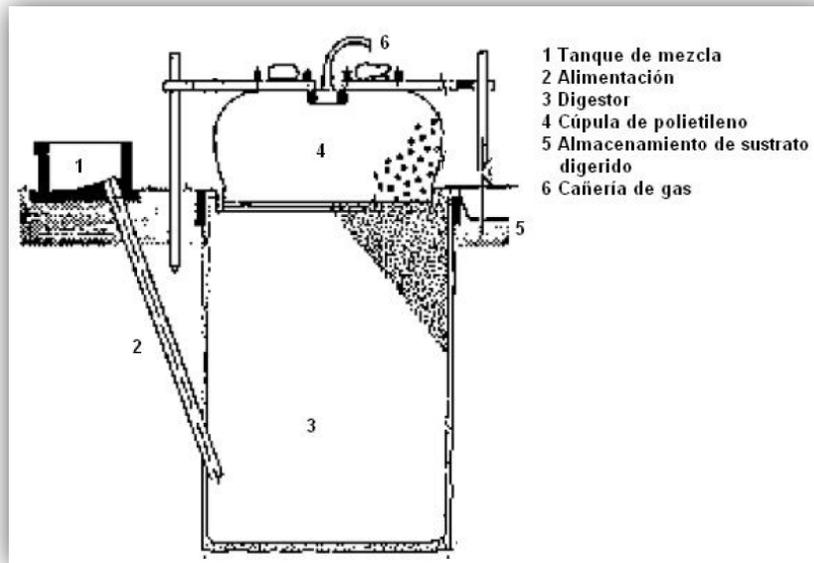
Fuente: Fundación Hábitat Colombia (2005): Biodigestores, una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes.

1.1.5 Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno

Este tipo de digestor se caracteriza por poseer una cúpula de polietileno semiesférica, en vez de una cúpula fija o móvil, de modo que presenta una disminución significativamente en los costos de inversión (Schleenstein, 2009).

El diseño del digestor sigue la base del tipo “Chino” e “Indio”, pero se diferencia por que se aprovecha una fosa en suelos impermeables, de modo que se recubren las paredes y la base con una delgada capa de cemento. Esto reduce el costo de inversión significativamente pero también su vida útil, estimándose entre dos a cinco años (Schleenstein, 2009).

Imagen 5. Biodigestor cúpula de polietileno

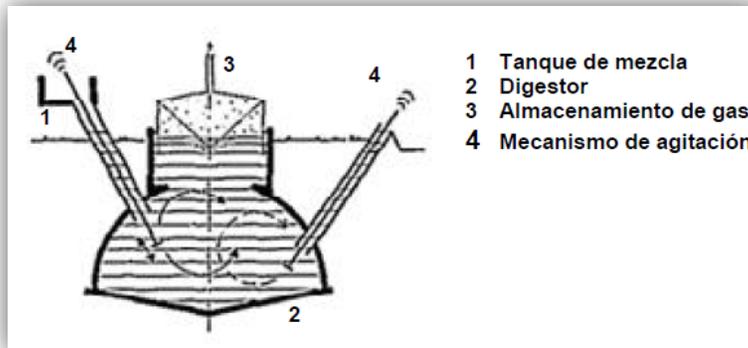


Fuente: Werner, U.; Stöhr, U.; Hees, N. (1989): *Biogas plants in animal husbandry*, GTZ-GATE

1.1.6 Digestor de Alta Velocidad o Flujo Inducido

Este digestor es una variante de los digestores tipo “Chino” e “Indio”, su diseño considera el uso de elementos de agitación mecánica, de modo que se logra el contacto entre el material fresco alimentado con bacterias activas, logrando con ello el aceleramiento del proceso de digestión, disminución de tiempo de retención, lo cual se traduce en un menor tamaño de digestor, sin embargo, se ha establecido como regla general que el uso de equipos de agitación mecánica es más necesario en plantas grandes que en pequeñas, siendo un método eficiente la agitación con atizador en pequeñas plantas (Schleenstein, 2009).

Imagen 6. Biodigestor de flujo inducido



Fuente: GTZ-GATE (1999): Biogas Digest Volume II. Biogas: *Application and Product Development*.

1.1.7 Instalaciones Industriales

Las instalaciones industriales de biogás emplean tanques de hormigón armado o acero inoxidable. Algunas almacenan el gas en el mismo tanque de fermentación y otras en tanques adicionales. Generalmente hacen uso de tres tanques, uno que sirve de acopio, uno para el proceso de digestión, y otro para el almacenamiento del material digerido, del cual también se capta el biogás que se sigue generando en menor cantidad (Schleenstein, 2009).

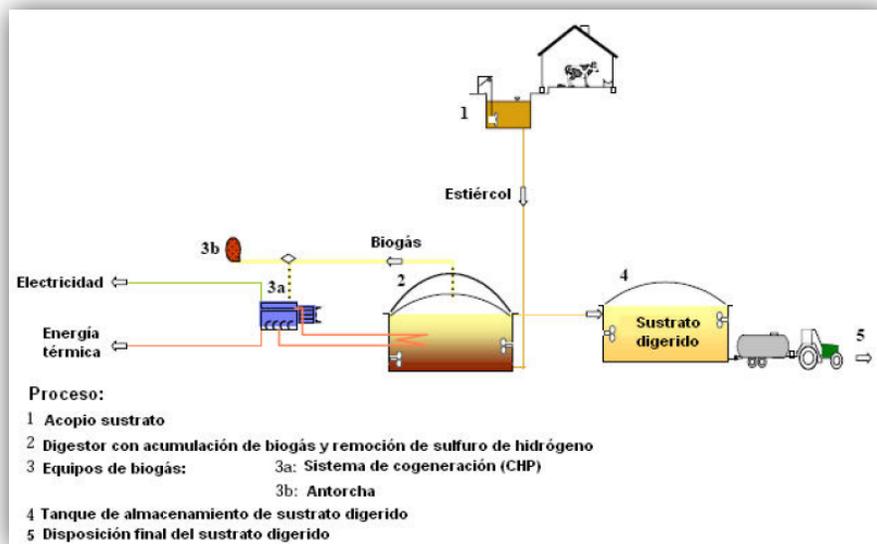
Estas plantas suelen ser automatizadas, de modo que utilizan sistemas de bombeo para el desplazamiento del sustrato a digerir a cada tanque, sistemas de agitación y calefacción, y sistemas de instrumentación y control para los diversos parámetros de proceso (Schleenstein, 2009).

El biogás obtenido se utiliza generalmente para la generación de energía térmica y eléctrica a través de sistemas de cogeneración (*Combined Heat and Power Systems*, CHP). Estos sistemas constituyen uno de los sistemas más eficientes, presentando eficiencias de recuperación de energía de alrededor de un 30%

eléctrico y 60% térmico, es decir, se logra aprovechar alrededor del 90% de la energía alimentada al sistema (Schleenstein, 2009).

Las plantas de producción de gas requieren de grandes inversiones y presentan mantenciones intensivas, por lo que son económicamente factibles a gran escala. La factibilidad económica está dada principalmente por el ingreso que constituye la venta o el aprovechamiento de la energía térmica y eléctrica, y en menor grado, del mejorador de suelo que constituye el sustrato digerido (Schleenstein, 2009).

Imagen 7. Biodigestor industrial



Fuente: Instituto de Energía y Medio Ambiente (2004): *Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung*.

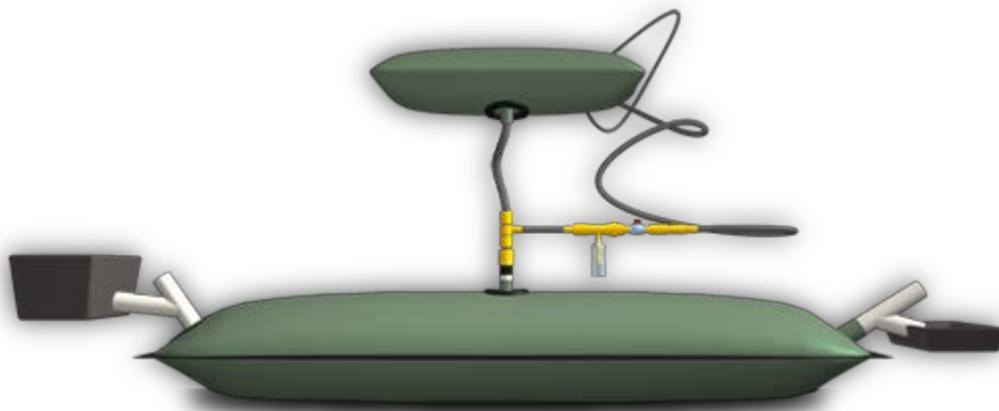
1.1.8 Sistema Biobolsa

El Sistema Biobolsa es un biodigestor modular-flexible, de tipo “flujo continuo”, diseñado para ser fácil de operar, eficiente, duradero y económico. Éste biodigestor trata los desechos orgánicos (incluyendo excretas de animales y humanos), produciendo energía renovable y un potente fertilizante orgánico (<http://sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html> fecha de consulta 10 de septiembre del 2011).

Los contenedores están hechos de geomembrana multi-capa de metaloceno y polietileno lineal de baja densidad. Carbón N110 fino y estabilizadores de alto despiece proporcionan protección a largo plazo de la degradación ultravioleta. Una combinación de polietilenos lineales de alta calidad, proporcionan resistencia excepcional, alargamiento multi-axial y resistencia al impacto. Para conocer más a detalle las partes del mecanismo es necesario consultar el anexo B. (<http://sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html> fecha de consulta 10 de septiembre del 2011).

El diseño utiliza PVC de 4" y 6" para la entrada y salida, de tal forma que el sistema puede recibir el desecho de manera sencilla desde cualquier sitio de la granja. El PVC está fijado a los contenedores por medio de una "manga" que permite una fácil adherencia del PVC. El sistema se puede instalar dentro de una zanja en la tierra o entre dos muros sobre nivel de piso. El material primario tiene una vida útil superior de entre 15 y 20 años en contacto directo con los rayos del sol (<http://sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html> fecha de consulta 10 de septiembre del 2011). Además, el sistema está diseñado para granjas con poco ganado traspatio hasta granjas especializadas pequeñas y medianas, desde 4 metros cúbicos hasta 40 m³.

Imagen 8. Biodigestor Biobolsa



Fuente: Sistema Biobolsa.

1.1.8.1 Requisitos para tener un Sistema Biobolsa

- Tener animales; desde dos vacas hasta manadas de 200 cerdos.
- Tener agua todo el año. La carga diaria es una mezcla de estiércol con agua.
- Poder recoger diariamente la cantidad suficiente de estiércol limpio y fresco. (mínimo una cubeta de 19 l.)
- Estar bien informado acerca de la operación, el cuidado y el funcionamiento del biodigestor (<http://sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html> fecha de consulta 10 de septiembre del 2011).

1.1.8.2 Tamaño de Biobolsa

Para conocer el tamaño de biobolsa adecuada, es necesario saber la cantidad de desecho fresco y limpio que se puede juntar diariamente. A continuación se señala el procedimiento para conocer la cantidad de desecho diario:

- Limpieza de la zona de recolección.
- Reunir en cubetas o carretillas el desecho de 24 horas. Es necesario saber los litros de la cubeta o carretilla. Después se cuentan las cubetas que se llenan.
- Se repiten los pasos anteriores por 3 días.
- Se suman las cubetas o carretillas de los tres días y se calcula el promedio dividiendo el total de cubetas entre los tres días. El número que resulte es el que se debe utilizar para conocer el tamaño de la biobolsa.

Ahora bien, a información de la carga de estiércol determinara la temperatura media de la región donde se pretende instalar el biodigestor, también se tiene que identificar la cantidad de estiércol por día y de esta manera se sabrá que tamaño de biobolsa aplica para esta zona, para ello se utiliza el anexo C. (<http://sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html> fecha de consulta 10 de septiembre del 2011).

A continuación se presenta un cuadro comparativo con la información de las tecnologías previamente presentadas.

Cuadro 4. Comparación de tipos de biodigestor

	Tipo de digestor							
	Chino	Indio	Estructura flexible	Flotante	Tradicional con cúpula de PE	Alta velocidad	Instalaciones industriales	Sistema Biobolsa
Vida útil (años)	≥ 20	≥ 15 (5 en zonas costeras tropicales)	2-5	2-5	2-5	Digestor ≥ 20 Agitador ≈ 10	≥ 20 (excepto equipos auxiliares)	15 – 20
Presión biogás	Variable	Constante	Variable (muy baja)	Variable (muy baja)	Sistema de baja presión (100 mm columna de agua)	Según tipo de cúpula	Según planta	Variable
Fugas biogás	Común	No, en caso de realizar mantención a la cúpula flotante	No es común	No es común	No es común	Según tipo de cúpula	No es común	No es común
Restricción a sustratos	Sin restricción	Sustratos fibrosos suele atascar cúpula flotante (se evita con chaqueta de agua)	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción	Según tipo de cúpula	Sin restricción	Restricción variable
Tamaños típicos	>5m ³ (típico en China: 6-10)	Típico: 5-15m ³	4-100m ³ (se recomiendan pequeños reactores)	4-100m ³ (se recomiendan pequeños reactores)	4-500m ³	5-15m ³	100m ³	4-40m ³
Material de construcción	Cemento, ferrocemento, ladrillos	Digestor: cemento, ferro-cemento, ladrillos Cúpula: acero anticorrosivo	Caucho, RMP (barro rolo de PVC), polietileno	Caucho, RMP (barro rolo de PVC), polietileno	Digestor: cemento, ferrocemento, ladrillos Cúpula: PE	Cemento, ferrocemento, ladrillos	Digestor: hormigón armado o acero inoxidable Cúpula: generalmente PE, PVC	Geomembrana de Polietileno

Mantenimiento	Baja. No hay partes móviles ni oxidables	Altos requerimientos de mantención de la cúpula (remoción de óxido y pintado regular)	Baja	Baja	Baja	Según tipo de planta. Baja	Alta (equipos auxiliares)	Baja
Requerimiento de espacio	Muy bajo, generalmente solo la línea de extracción de biogás	Bajo, solamente cúpula flotante	Alto. Zanja de aprox. 2,5m profundidad y 50cm de largo por cada m ³ de digester	Requiere cuerpo de agua	Bajo. Generalmente solo para cúpula de PE	Bajo	Según planta	Variable: Largo: 5-14m. Ancho: 1-2.20m Profundidad: 0.60-1.20m
Ubicación del digester	Completamente bajo tierra	Digester bajo tierra (cúpula móvil sobre tierra)	Parcialmente bajo tierra	Parcialmente sumergido en agua	Digester bajo tierra (cúpula de PE sobre tierra)	Según digester, totalmente bajo tierra, o cúpula sobre tierra	Según planta	Parcialmente bajo tierra
Costo inversión	\$9,000 – \$15,000	Mayor que digester tipo Chino (por cúpula flotante) \$13,000	\$10,000 - \$13,000	\$10,000 - \$13,000	\$9,000 - \$15,000	Según tipo de planta y equipo de agitación \$9,000 – \$15,000	< \$53,000	\$13,000-53,000

Fuente: elaboración propia con base en GTZ-GATE (1999): *Biogas Digest Volumen I. Biogas Basics*.

Conforme a las características de cada uno de los biodigestores señaladas en el cuadro anterior y para fines de este trabajo de investigación, se llegó a la conclusión de que el Sistema Biobolsa cumple con todos los requerimientos necesarios para implementarse en nuestra zona de estudio.

1.2 Importancia de los biodigestores

Los costos crecientes y la disponibilidad limitada de las fuentes minerales de energía, adicionados a la dificultad de su distribución en el medio rural y los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario desarrollar métodos más eficientes y de bajo costo para el reciclaje de las excretas y la producción de combustible y fertilizante en los sistemas agropecuarios (Botero *et al*, 1987).

Por las anteriores razones el desarrollo y utilización del biodigestor, éste ha sido llamado “la tecnología milagrosa”. Sin embargo, aún hoy, muchos años después de que los biodigestores y su utilización rural han sido desarrollados, solamente una proporción relativamente pequeña de campesinos los emplean, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. La limitada utilización de biodigestores es debido a que los beneficios, particularmente económicos, no son claramente justificados si se comparan con la mano de obra y los costos involucrados en la construcción, financiamiento y nivel de producción de biogás y fertilizante por cada unidad de materia orgánica utilizada en los tradicionales de alto costo (Botero *et al*. 1987).

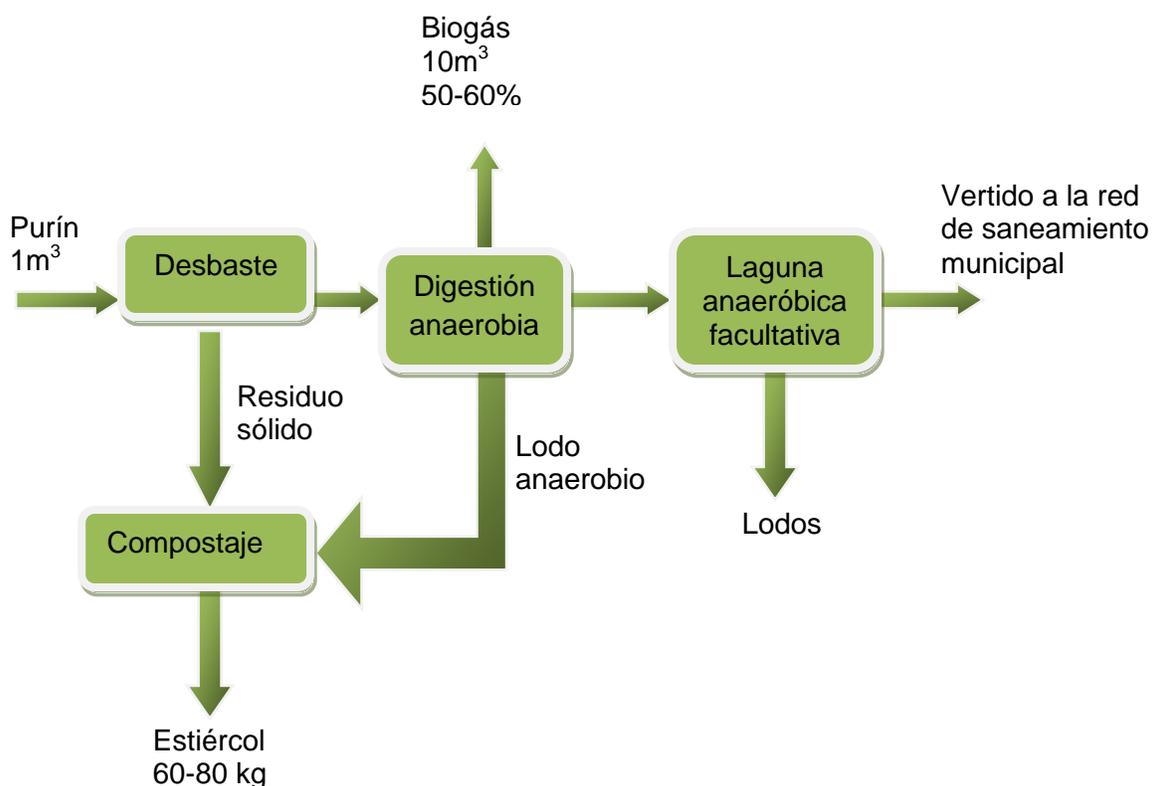
El abandono del ganado en zonas ha dado lugar a la aparición del problema de la contaminación originada por los residuos ganaderos. Es paradójico ver lo que siempre se consideró un material fertilizante, íntimamente ligado al ciclo de producción agrícola, ha pasado a convertirse en algunas zonas en uno de los principales factores de contaminación edáfica e hídrica, ya que paralelamente al cambio de modelo de explotación no se han tomado las medidas necesarias para resolver el grave problema de contaminación que se iniciaba (Martín, 2002).

Los residuos ganaderos se distinguen por su origen animal (bovino, porcino, equino, ovino, aviar o acuícola), de los cuales el porcino y el bovino son estabulados los más problemáticos; en concreto, las explotaciones de ellos contribuyen a la producción del 75% de los residuos ganaderos. En función de sus

características físicas reciben nombres singulares: estiércoles (cuando son sólidos), *lisier* (cuando son semilíquidos) y purines (cuando son líquidos) (Martín, 2002).

Una de las alternativas que se conocen las soluciones técnicas es la depuración y que se podrá aplicar en aquellos casos en que no existan tierras de cultivo que puedan absorber los residuos. La solución adoptada en algunos lugares según Castilla-León y Cataluña en Martínez, 2008 se basa en el proceso siguiente.

Esquema 2. Diagrama de flujo de un proceso de depuración de purines



Fuente: Martín, (2002).

Dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, el balance energético podría ser positivo, pudiéndose exportar el biogás sobrante. Hay que tener en cuenta que la mayor parte del mismo debe reutilizarse en la producción de energía

calorífica para el funcionamiento de la planta, sobre todo en la fase de digestión anaerobia.

Dado que el deterioro del medio ambiente ha venido creciendo cada vez más, urge buscar alternativas de reciclaje del estiércol de los animales. Los biodigestores por sus características constructivas y por su bajo costo son una alternativa para integrar las excretas y otros residuos orgánicos de la finca a los sistemas de producción, ya que normalmente éstos se pierden, se mal utilizan o se convierten en contaminantes del medio ambiente y, por consiguiente, en un peligro para la salud de las plantas, animales y del mismo hombre. El proceso de biodigestión es un método eficiente y de bajo costo para la producción de energía renovable y limpia.

A través de esta tecnología que procesa el estiércol de los animales, se puede producir combustible (biogás) y abono orgánico (efluente). Este último es un fertilizante de alta calidad y de fácil aplicación, reduciendo así la contaminación generada por el estiércol que de otra manera quedaría expuesto a la intemperie o depositado directamente en el suelo junto a otros residuos generados en los sistemas agropecuarios, sin ser utilizados eficientemente.

1.3. Ventajas y desventajas de los biodigestores desde la sustentabilidad

Son muchos los beneficios que se obtienen al utilizar los biodigestores. Entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes (CIPAV, 1995, citado en Beteta, 2005).

- Proporcionan combustible (biogás) para suplir las necesidades energéticas rurales, incrementando la producción de energía renovable (calor, luz, electricidad) y de bajo costo.
- Reducen la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles las excretas de origen animal, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque. Dichas excretas contienen microorganismos

patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados que de otro modo podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas.

- Se produce abono orgánico (bioabono) con un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas y para la producción de fitoplancton. Este último es utilizado para la alimentación de peces y crustáceos.
- Mediante la utilización del efluente como bioabono se reduce el uso de fertilizantes químicos, cuya producción y aplicación tiene consecuencias negativas para el medio ambiente global y local.
- Mejora las condiciones higiénicas de la casa rural y/o unidad de producción a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, los que mueren durante el proceso de biodigestión.
- Contribuyen con la reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos.
- Reduce la cantidad de trabajo relacionado con la recolección de leña para cocinar, actividad llevada a cabo principalmente por mujeres.
- Produce beneficios micro-económicos a través de (a) la sustitución de energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertilizantes orgánicos; (b) el aumento en los ingresos debido al incremento de la productividad y producción agrícola y pecuaria.
- Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades (Mc Garry y Stainforth, 1978, citado en Beteta, 2005), ya que al reciclar en conjunto las excretas animales y humanas en biodigestores que operan en rangos de temperatura interna entre 30 °C y 35 °C es posible destruir hasta el 95% de los huevos de parásitos y casi todas las bacterias y protozoarios causantes de enfermedades gastrointestinales.

Entre las desventajas en la implementación de los biodigestores, básicamente son de orden técnico y funcional, por mencionar algunos:

- Los gasómetros muchas veces pueden ser atacados por la corrosión u oxidación si estos no están protegidos correctamente.

- Varios biodigestores tienen que ser provistos de válvulas de seguridad para liberar presiones altas, de otra manera la bolsa puede explotar.
- En algunas ocasiones si no se cuenta con un mecanismo para la remoción de estiércol, esto podría ocasionar costos adicionales, o en definitiva cambio del reactor.
- Se puede presentar la necesidad de remover totalmente el estiércol dos o más veces al año.
- Cierta tipo de biodigestores son vulnerables a sufrir rupturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre y los animales.
- Es necesario acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
- Algunos biodigestores son demasiado costosos.

1.4. El biogás

El biogás es un producto que se genera a partir de la digestión anaeróbica, es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos tales como los biodigestores. Las características que tiene el biogás dependen de la materia orgánica además de la cantidad, el tipo de sustancia orgánica o inorgánica sobre la que actúan las enzimas, los nutrientes, la temperatura, la carga, el tiempo de retención, el mezcla y además se debe tomar en cuenta los inhibidores posibles (Martínez, 2088).

Los componentes que tiene el biogás están constituidos básicamente de metano, dióxido de carbono y además, contiene pequeñas propiedades de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno (Martínez, 2008).

Cuadro 5. Características del biogás

Composición del biogás	
Gas	%
Metano CH₄	55-70
Dióxido de carbono CO₂	35-40
Hidrogeno H₂	1-3
Nitrógeno N₂	0.5-3
Sulfuro de hidrógeno	.1
Vapor de agua	Trazas

Fuente: Revista claridades agropecuarias #168.

Como se observa en el cuadro 5, el principal componente del biogás es el metano, lo que le da la característica de combustible. Ahora bien, el valor determinado por la concentración de metano, normalmente se encuentra alrededor de 20 - 25 MJ/m³, comparado con 33 - 38 MJ/m³ para el gas natural, si se pretende generar una mayor producción de biogás y por consiguiente generar más valor energético se recomienda tratar el estiércol de bovinos y/o porcinos (Martínez, 2008).

Cuadro 6: Valor energético por tipo de sustrato

Sustrato	Generación de gas	Promedio
Excreta de porcino	340 – 550	450
Excreta de vacuno	150-350	250
Excreta de aves	310-620	460
Excreta de caballo	200-350	250
Excreta de oveja	100-310	200
Bagazo	140-190	160
Desperdicio de verduras	300-400	350

Fuente: OEKOTOP, 1987.

Ahora bien, dentro de las principales motivaciones para el consumo de biogás generada a partir de biodigestores destacan:

- Es un gas que se aprovecha directamente para iluminación y para uso directo para la cocción de alimentos; Su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica y calórica en unidades productivas, tales como granjas porcinas, establos lecheros y rastros.
- La potencialidad más importante es en las granjas bobinas y porcinas. Esto es porque cuentan con un manejo sistemático de las excretas y desechos, que son una fuente abundante de materia prima y que es necesario tratarlos para evitar impactos ambientales. Ya que en estos lugares los grandes volúmenes producidos de excretas y desechos posibilitan que mediante los procesos de biodigestión y producción de biogás, se genere calor y energía eléctrica.

Además el biogás dado por sus características similares al gas propano, puede ser utilizado en cualquier equipo comercial para uso de gas. Y podría sustituir al gas propano, al gas natural y al diesel como fuente de energía.

Cuadro 7. Comparación energética

Combustible	Equivalencia
Biogás	1m ³ (60% de metano)
Gasolina	0.71 l
Diesel	0.55 l
Gas licuado de petróleo	0.45 l

Fuente: Revista claridades agropecuarias #168.

Primordialmente el biogás es usado para cocinar e iluminar, en pocas ocasiones es usado para motores, refrigeradoras, incubadoras, etc. Ahora bien, la cantidad promedio de consumo de gas para comidas por persona por día es 0.3m³ de biogás. Mientras que para la iluminación se utiliza en lámparas que requieren de 0.11 a 0.15 m³ de biogás por hora, lo que es equivalente a un foco de 60 W.

Capítulo 2

**La comunidad Indígena de Nuevo San
Juan Parangaricutiro:
Características situacionales para la
introducción de biodigestores**

Capítulo 2. La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro: características situacionales para la introducción de biodigestores

2.1. Sistema físico geográfico

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro está ubicada en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, en la región noroeste del Estado de Michoacán, México, aproximadamente 15 km. al oeste de la ciudad de Uruapan. Según datos del INE, se encuentra entre los paralelos 19° 21' 00'' y 19° 24' 45'' N y los meridianos 102° 08' 15'' y 102° 17' 30'' W (imagen 9 y 10). Los terrenos comunales de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro mantienen colindancia al oeste y norte con las comunidades indígenas de Caltzontzin, Santa Ana Zirosto, Zacán y Angahuan y al este y sur limita con pequeñas propiedades. Cuenta una extensión de 18,138.3200 ha., de las cuales 9,195.6593 ha. de manejo forestal aprovechable, 898.433 ha. son plantaciones forestales, 413.843 ha. de protección estricta, 2,099.64 ha. de agricultura, 2,172.765 ha. de fruticultura, 30.413 ha. pastizales 126.376 ha. de arena volcánica, 1,688.612 ha. de lava volcánica y 1,512.5787 ha. de otros usos; del total de hectáreas, un aproximado de 2,021 ha. de los terrenos de la CINSJP forman parte del Parque Nacional Pico del Tancítaro (Velázquez, 2003).

2.1.1 Edafología

Los suelos que dominan el área son profundos y de texturas medias. Sus unidades corresponden, según el sistema FAO-UNESCO, son andosol vítrico, regosol eútrico, litosol, luvisol crómico y cambisol eútrico (Cuanalo *et al.*, 1989). Estos tipos de suelos no son muy apropiados para la agricultura, dado que algunos no contienen gran cantidad de materia orgánica, también otros son acumulaciones de cenizas volcánicas y necesitan de un aporte de esa materia para que se pueda generar una mayor producción de la agricultura. El aporte que se le generaría para ello sería el residuo de la digestión de las excretas del

ganado en los reactores anaerobios ya que este residuo contiene todos los nutrientes necesarios para que el suelo los absorba y adsorba y genere mejores beneficios a la producción de la agricultura que en este caso es la producción de duraznos y aguacate.

2.1.2. Hidrología

La hidrología de la región está determinada por un patrón de drenaje heterogéneo, de forma radial en los volcanes, dendrítico en las lavas y lateral en los llanos. Podemos citar que la Comunidad Indígena de Nuevo san Juan Parangaricutiro cuenta con solo un río llamado Los Conejos y que este a su vez pertenece al manantial que lleva el mismo nombre. Esta característica geomorfológica de la justifica el porqué esta región tiene una vocación para implementar nuevas tecnologías enfocadas al mejoramiento de sus recurso (Velázquez, 2003).

2.1.3. Climatología

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1988), y a las cartas de clima elaboradas por la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y la Dirección General de Geografía (DGG), hay un clima templado húmedo, (C (m) (w) *big* con variantes) con abundantes lluvias en verano; lluvia invernal menor del 5%; con temperatura media anual de 18 °C y la del mes más frío entre -3 y 18 °C.

Existe una precipitación anual entre 1500 y 2000 mm. y una frecuencia de heladas entre 20 y 40 días anuales y de granizadas de tres días al año.

El clima predominante en la zona purépecha ha permitido que en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro se aloje un bosque que es aprovechado, pero que también es hábitat de una gran variedad de fauna silvestre y un cultivo agrícola y ganadero.

2.1.4. Temperatura

La temperatura media anual es de 12 a 14 °C en los cerros más altos de la región (Tancítaro y Paricutín, entre otros), de 14 a 16 °C en la mayor parte de la región y de 16 a 18 °C en el área más cercana al pueblo de Nuevo San Juan Parangaricutiro (García, 1981).

Ahora bien, tanto el tipo de clima como la temperatura presente son apropiados para la implementación de un biodigestor puesto que como se mencionó en capítulos anteriores, éstos dos factores son los que repercuten en la generación de mayor cantidad de biogás dentro del biodigestor.

2.1.5. Vegetación

La vegetación en su mayor parte está representada por bosque de pino, bosque de pino-encino y bosques de pino-encino con vegetación secundaria arbustiva. Madrigal (1982) menciona la existencia de bosque de oyamel y reporta las siguientes especies de coníferas *Abies religiosa* var. *emarginata*, *Pinus douglasiana*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, y *P. michoacana*. Las especies de encino registradas por Bello y Labat (1987), para el municipio son: *Quercus candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa* (<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap5.html>, junio 8 de 2011).

Imagen 9. Mapa topográfico

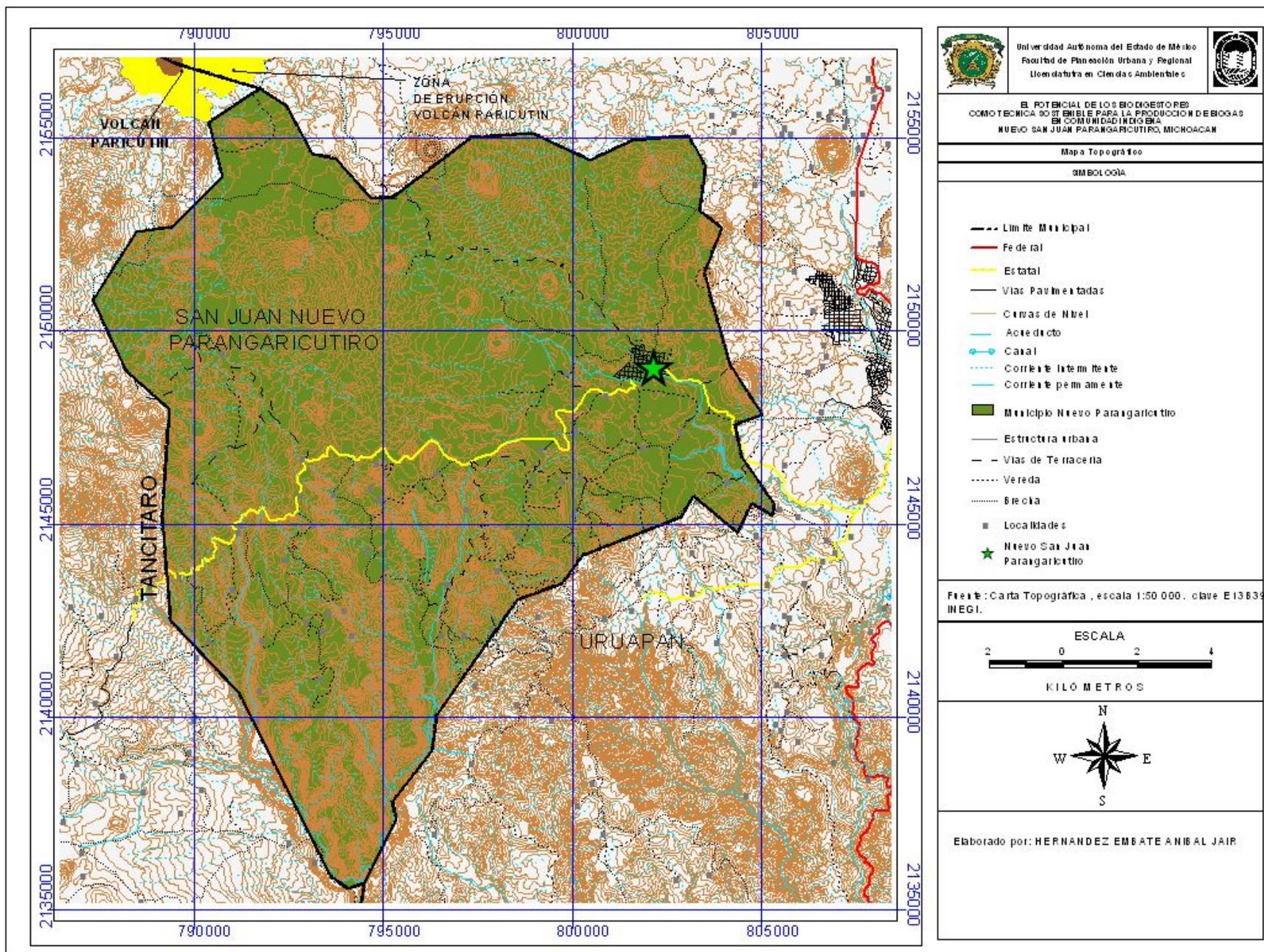
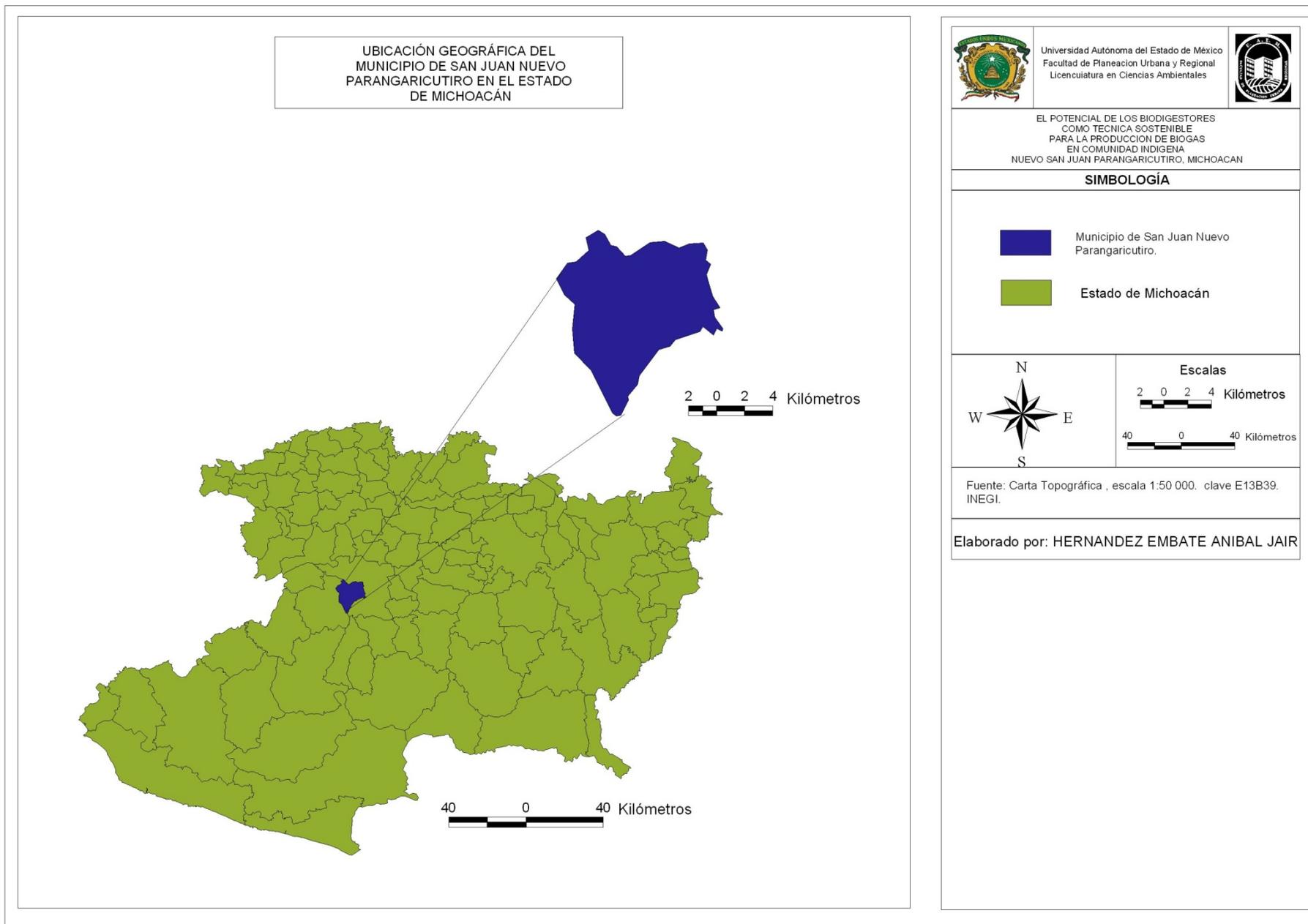


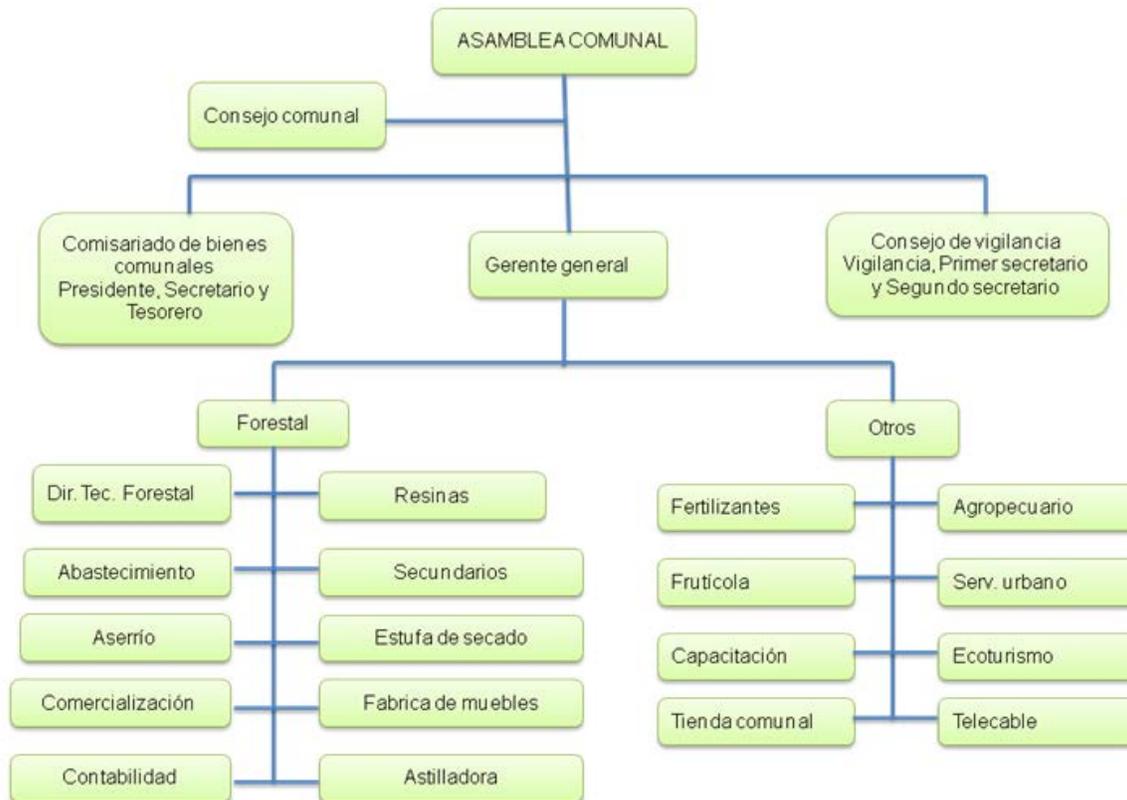
Imagen 10. Mapa de ubicación geográfica



2.2. Sistema empresarial

La comunidad indígena purépecha de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en Michoacán, México destaca, entre otros aspectos, por su sólida organización social para el manejo de los recursos y la toma de decisiones.

Esquema 3. Organigrama de la CINSJP



Fuente: Velázquez *et al*, 2003.

Es probable que la CNSJP tenga la empresa forestal comunitaria (EFC) más diversificada y sofisticada de México. Su éxito y nivel de desarrollo es en particular inusual dentro del contexto de Michoacán, donde pocas EFC han sido capaces de consolidarse debido al contexto de degradación forestal avanzada. La expansión de huertas de aguacate y la tala ilegal son las causas de este deterioro. En Michoacán hay 131 ejidos y 40 comunidades indígenas con permisos de tala, pero sólo representan 25% de la producción total del estado. Sólo 24% tiene industrias forestales, y aparentemente la CNSJP es la EFC más grande del estado. A pesar

de que es probable la cobertura forestal ha sido retenida en las comunidades con EFC, en general Michoacán ha pasado de tener 1.4 millones de ha. de bosques cerrados en los setentas a 480,000 ha. de bosques cerrados en los noventa y otras 400,000 ha. de bosques abiertos (Barton, 2004).

En la administración de sus activos y de su empresa comunal, la CINSJP se ha basado tanto en las tradiciones de la comunidad como en la Ley Agraria, pero ha hecho modificaciones significativas a partir de sus propias necesidades. Como lo requiere la Ley Agraria, la Asamblea General de NSJP se reúne el primer domingo de cada mes —recientemente con sólo 50% de asistencia—. En relación con la empresa comunal la Asamblea General sólo tiene deberes generales que están bastante descuidados. Pero a principios de los ochenta se designó el primer Consejo Comunal que funge como el cuerpo operativo que dirige de forma directa las operaciones de la empresa forestal. El Consejo Comunal, que no está incluido en el Código Agrario pero que está basado en tradiciones indígenas, está compuesto por 70-80 personas (Velázquez *et al*, 2003).

Se reúne mensualmente o en ocasiones extraordinarias, “Revisa los problemas, lo bueno y lo malo”, y da resoluciones en torno a la empresa y a la comunidad. Este es un servicio voluntario a la comunidad, y su composición tiene una estabilidad relativa. Después de que la Asamblea General nombró a los primeros miembros, ahora su composición está determinada por cada comisariado que es elegido para un periodo de tres años. Cada comisariado puede nombrar gente nueva y pedirles a otros que salgan. Por ejemplo, cuando entró el último Comisariado (1997-2000) cambió 15% del consejo. Además del consejo, también hay un grupo informal que funciona como los hombres sabios de la comunidad; a ellos se les llama para arreglar conflictos o ayudar a resolver problemas particularmente difíciles; ésta también es una práctica basada en tradiciones indígenas. Estas personas pueden o no tener un cargo oficial. Por ejemplo, el comisariado más reciente también es considerado como uno de estos hombres sabios (Barton, 2004).

Diferentes individuos y periodos pueden traer consenso o conflictos potenciales. Hace tres años se eligió al comisariado que está por salir, quién obtuvo sólo 51% de los votos, lo cual indica, que durante este lapso la CINSJP tuvo que manejar ciertas tensiones derivadas de esta votación. El comisariado tiene un secretario y un tesorero, y trabaja con un Consejo de Vigilancia. En la práctica, el Consejo de Vigilancia y el comisariado forman un equipo que trabaja en conjunto en las resoluciones. Es importante señalar que el equipo que está por salir se caracterizó por tener un comisariado reconocido como hombre sabio de la comunidad que tenía un grado de educación primaria mientras que el presidente del Consejo de Vigilancia tenía un grado universitario, lo que sugiere que una de las claves del éxito de la CINSJP ha sido dar lugar tanto a la sabiduría y autoridad tradicional como a la educación formal avanzada. A pesar de que el comisariado y el Consejo de Vigilancia tienen responsabilidades sobre la empresa comunitaria, sus principales deberes operacionales tienen que ver con las resoluciones de tenencia de la tierra, y en años recientes la mayoría de sus esfuerzos han estado dirigidos a la recuperación de tierras comunales. Todos estos cargos son pagados por fondos provenientes de la empresa. Por otro lado, la empresa comunitaria está en manos del administrador general de la empresa forestal comunitaria que tiende a trabajar por periodos de tiempo relativamente largos (Barton, 2004).

La comunidad indígena, en términos prácticos es una organización empresarial cooperativa cuyo centro es la producción forestal y que dispone de un formidable poder sobre el uso de más de 15,000 ha. Una organización eficaz que produce amplios beneficios a sus miembros. Una organización controlada por un grupo directivo que es legitimado por una asamblea regular relativamente pequeña de 400 a 600 comuneros y la actitud apática o ajena del resto de los miembros que alcanza las 1259 personas.

En lo concerniente a la nueva empresa pecuaria, no se cuenta con información documentada, la información fue proporcionada en la visita a la zona, producto de ello, se calculó la producción con base en el número de cabezas de ganado,

razas y el aprovechamiento productivo de cada uno de ellas, en el cuadro 8 se hace referencia a tales aspectos.

Cuadro 8. Número de cabezas de ganado por raza

Razas	Cantidad
Bigmaster	89
Holandesa	102
Cebu	94
Total	185

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de campo, 2012.

2.3. Sistema Cultural

El municipio de San Juan está compuesto de cuatro ejidos pequeños y 20 a 30 pequeñas propiedades privadas. El pueblo cuenta con una población de 14-15,000 habitantes; alberga cerca de la mitad de los comuneros de NSJP, y el resto son ejidatarios o dueños de propiedades privadas. El municipio tiene alrededor de 30,000 ha., de las cuales más de la mitad pertenecen a la CINSJP. Tiene seis escuelas primarias y dos escuelas secundarias. A pesar de que todos los miembros de la comunidad se identifican a sí mismos como pertenecientes al grupo étnico purépecha, sólo los mayores siguen hablando la lengua, y el uso diario del vestido tradicional se ha perdido, y sólo se usa en algunas fiestas tradicionales. Las costumbres en esta comunidad se fortalecen. También hay un creciente sentido de la identidad comunitaria, en cierta medida derivada del éxito de su empresa forestal, como lo expresa un comunero que señaló: “tenemos nuestras raíces, nuestras idiosincrasias. Somos tercos. Hacemos cosas. Hay un espíritu comunitario, hay un trabajo comunitario [faenas]” (Barton, 2004).

Por su parte las diferenciaciones étnicas son poco perceptibles; Se ha desarrollado una “mestización” de los indígenas caracterizada esencialmente por la pérdida de la lengua purépecha, y una “indianización” de los mestizos

representada por el abrazo de los signos culturales y prácticas religiosas de los cargos de los santos, y por la reivindicación ideológica, más o menos generalizada, de un discurso popular étnico (http://www.era-mx.org/Estudios_y_proyectos/RecupBosq/, fecha de consulta 25 agosto, 2011).

Salvo excepciones, los pobladores dicen tener sangre indígena y valoran cierta identidad purépecha. Sin embargo, en un plano profundo, y no exento de contradicciones, la diferenciación étnica suele ponerse en el juego discursivo al momento de surgir el conflicto como mecanismo para distinguir a los propios de los adversarios. Como constante discursiva a la condición de güero, pequeño propietario, arrendatario, patrón y rico corresponderá la categoría de “mestizo”; y a la condición de moreno, comunero, campesino, jornalero y pobre corresponderá la categoría de “indígena”. Pero en realidad esta distinción discursiva no es del todo eficiente en la práctica política por la presencia de güeros entre los comuneros y de morenos entre los propietarios. De igual modo la lengua purépecha dejó de ser un criterio eficiente de distinción étnica en virtud de que el idioma se perdió como lengua franca después de la fundación del nuevo pueblo en 1944. Hoy la lengua purépecha está casi extinta. (http://www.era-mx.org/Estudios_y_proyectos/RecupBosq/, fecha de consulta 25 agosto 2011).

Capítulo 3

**La educación ambiental como
herramienta de cambio**

Capítulo 3. La educación ambiental como herramienta de cambio

3.1. La educación ambiental para la sustentabilidad, un detonante del cambio, aspectos significativos

Los orígenes de la Educación Ambiental se sitúan a fines de la década de los años 60 y principios de los años 70, período en que se muestra con mayor claridad una preocupación mundial por las graves condiciones ambientales en el mundo. Existen ejemplos del papel que ha adquirido la Educación Ambiental en los lineamientos y estrategias de las organizaciones mundiales. Así se aprecia en el cuadro 8 los eventos que han marcado la necesidad de incluir la Educación Ambiental no sólo en la educación formal sino también en la informal y, no solo dirigida a públicos tradicionalmente insertos en programas de formación, sino al total de la población.

El papel de la Educación Ambiental se justifica por la escasa consistencia que se tiene de los problemas ambientales mundiales, que además se manifiesta en la Declaración de las Naciones Unidas, Estocolmo (1972). Por otra parte en la Carta de Belgrado, PNUMA y UNESCO (1975) se plantea la necesidad de introducir la Educación Ambiental en las agendas políticas, donde se considere la interdependencia de lo ambiental, social, económico y político para comprender la complejidad. En tal sentido esta inquietud se traduce en el análisis de la comunidad para atender la problemática de naturaleza ambiental.

Un aspecto trascendente de rescatar de la Declaración de Tbilisi y del informe de la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental (1977) PNUMA y UNESCO es que en la Educación Ambiental se tienen implícitos principios reactivos para construir: conocimientos, aptitudes, actitudes, habilidades y determinación para actuar en la solución y en la prevención de los problemas ambientales. En este sentido la Estrategia Mundial para la Conservación (1980),

UICN/WWF/PNUMA define el desarrollo sustentable con base en la estimación de carga de los sistemas vitales y en los ecosistemas naturales, además se insiste en la necesidad de mejorar la calidad de vida, y atender la capacidad de regeneración de los diferentes ciclos naturales. Este referente es el que permite la justificación del trabajo de educación ambiental en la comunidad.

Con la Estrategia Internacional de Acción en Materia de Educación y de Formación Ambiental para los años 90 (1987), se da camino a la operación de los programas de Educación Ambiental para diferentes destinatarios por sectores. En este mismo año, en el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Informe *Brundtland* (1987), se define el Desarrollo Sustentable como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las oportunidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, al mismo tiempo se plantea que, el desarrollo no se debe de poner en riesgo la capacidad del medio natural. Cabe señalar que este referente tiene implicaciones semánticas de diversa índole, las cuales se reflejan en las orientaciones de los trabajos de Educación Ambiental. Al respecto, se identifica cada vez que la Educación Ambiental conlleva a una práctica cotidiana, tal es el hecho de la Estrategia para el futuro de la vida (1991), UICN/WWF/PNUMA “Cuidar la Tierra”, que conviene permearse en principios y acciones para una vida sostenible; la cual fundamenta la planificación de estrategias que convergen entre las decisiones de: conservación y las orientadas al desarrollo humano, con acciones coordinadas desde gobierno, organizaciones intergubernamentales, grupos y personas.

La Cumbre de Río, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992) a través la Agenda 21 y el programa de acciones para que los gobiernos lo adopten, se sugiere una estrategia mundial de regulación de las relaciones entre medio ambiente y desarrollo con temas clave como: cooperación entre estados, consumo y sobre población, control ambiental y participación. Con base en este paso, Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible de

Johannesburgo (2002), se proclama el Decenio de la educación ambiental para la sostenibilidad, a partir de 2005”, en el cual se comprometan los estados a realizar campañas.

Esta evolución de la Educación ambiental evidencia la necesidad de incluirla de manera transversal en los *currícula* o en la creación. En el siguiente gráfico se puede mostrar esta evolución:

Cuadro 9. La trascendencia de la educación ambiental para la sustentabilidad a través de su evolución

Hecho	Características
<p align="center">Declaración de las Naciones Unidas, Estocolmo (1972)</p>	<p>A partir de esta reunión se crea el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se institucionaliza el 5 de junio como Día Mundial del Medio Ambiente, se menciona en el Principio 19: “es indispensable una labor de la educación en cuestión ambiental”, en la resolución 96 se hace referencia a: Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA) (identificar las ideas centrales del mismo).</p>
<p align="center">Carta de Belgrado, PNUMA y UNESCO (1975)</p>	<p>En esta carta se plantea la necesidad de introducir la Educación Ambiental en las agendas políticas, donde se considere la interdependencia de lo ambiental, lo social, lo económico y lo político. Por tal motivo se promueve el Seminario de Educadores Ambientales para el lanzamiento del PIEA.</p>

Declaración de Tbilisi, informe de la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental (1977) PNUMA y UNESCO

En esta declaración se referencia la Conferencia Internacional de Gobiernos y ONG en la que se aporta una definición de la Educación Ambiental centrada en conocimientos, aptitudes, actitudes, habilidades y determinación para actuar en la resolución y en la prevención de los problemas ambientales, es decir en los principios rectores de la Educación Ambiental.

Estrategia Mundial para la Conservación (1980) UICN/WWF/PNUMA

En este evento aparece la idea de desarrollo sustentable, basada en la estimación de carga de los sistemas vitales y en los ecosistemas naturales, además se sigue insistiendo en la necesidad de mejorar la calidad de vida, y atender la capacidad de regeneración de los diferentes ciclos naturales.

Estrategia Internacional de Acción en Materia de Educación y de Formación Ambiental para los años 90 (1987)

Está basada esta estrategia en los principios de Tbilisi que marcan acciones operativas para diferentes destinatarios por sectores, según sea la capacidad de intervención estratégica y las necesidades de formación gremial; el énfasis principal reside en destacar la importancia de los sectores educativos.

En este informe se define al Desarrollo Sustentable como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las

**Informe de la Comisión Mundial
sobre el Medio Ambiente y el
Desarrollo, Informe Brundtland
(1987)**

oportunidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, a la par se plantea que, si el desarrollo es fundamental para satisfacer las necesidades humanas y para mejorar la calidad de vida, no se debe de poner en riesgo la capacidad del medio natural para mantenerse en equilibrio.

**Cuidar la Tierra. Estrategia para el
futuro de la vida (1991)
UICN/WWF/PNUMA**

En este documento se plantean los principios y acciones para una vida sostenible; el cual sienta la base de la planificación de estrategias de convergencia entre las decisiones de conservación y las decisiones orientadas al desarrollo humano. El objetivo principal se centra en la necesidad de pasar a la acción coordinada desde gobierno, grupos, organizaciones intergubernamentales y personas.

**Cumbre de Rio, Conferencia de las
Naciones Unida sobre el Medio
Ambiente y el Desarrollo (1992)**

Se presenta como una estrategia mundial de regulación de las relaciones entre medio ambiente y desarrollo, una Carta Magna. Los temas clave de este evento son: cooperación entre estados, consumo y sobre población, control ambiental y participación.

Aquí es donde se aprueba la Agenda 21, el cual consta en un programa de acciones para que los gobiernos lo adopten.

**Cumbre Mundial para el Desarrollo
Sostenible de Johannesburgo
(2002)**

En la cumbre se recomienda a la Asamblea General de las Naciones Unidas “intentar proclamar un Decenio dedicado a la educación para el desarrollo sostenible, a partir de 2005” por medio de la campaña-compromiso por una educación ambiental para la sostenibilidad.

Fuente: elaboración propia con base en Estrada y Villafaña, 2009.

En la anterior reseña sobre los elementos de mayor importancia sobre los temas de medio ambiente y Educación Ambiental cabe señalar que existieron algunos otros eventos que se desarrollaron en el inter de cada año, lo más importante de esto, es que en todos ellos se identifica una relación directa entre la presencia de los problemas ambientales y las consideraciones por solucionar éstos.

Como se observa, la década para la educación para el desarrollo sostenible, pretende incidir en el tratamiento de los problemas ambientales prioritarios, es decir en los temas que urge atender para con ello incursionar en la sustentabilidad.

Para fines prácticos, este trabajo se circunscribe en los temas fundamentales de la Agenda 21, que tratan 40 capítulos organizados en un preámbulo y cuatro secciones. Impacta en los capítulos: Protección y fomento de la salud humana, fomento del desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; integración del medio ambiente y el desarrollo en la adopción de decisiones, protección de la atmósfera, lucha contra la deforestación, gestión ecológicamente racional de la biotecnología, gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales, reconocimiento y fortalecimiento del papel de las poblaciones indígenas y sus comunidades, transferencia de

tecnología ecológicamente racional, cooperación y aumento de la capacidad, fomento de la educación, la capacitación y la toma de conciencia.

En lo que concierne al capítulo “protección y fomento de la salud humana” lo más importante que hay que conocer es que la salud y el desarrollo tienen una relación directa. Tanto el desarrollo insuficiente que conduce a la pobreza como el desarrollo inadecuado que redundaría en el consumo excesivo, combinados con el crecimiento de la población mundial, pueden redundar en graves problemas de salud relacionados con el medio ambiente en los países desarrollados y en los países en desarrollo (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

La vinculación de las mejoras de carácter sanitario, ambiental y socioeconómico exige la ejecución de actividades intersectoriales. Estas actividades, que comprenden las esferas de educación, vivienda, obras públicas y grupos comunitarios, incluidas las empresas, escuelas y universidades y las organizaciones religiosas, cívicas y culturales, tienen por objeto que la población pueda asegurar el desarrollo sostenible en sus propias comunidades. Especialmente importante resulta la inclusión de programas de prevención en vez de depender solamente de medidas de corrección y tratamiento (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Las áreas que predominan en el tratamiento son las relacionadas con la satisfacción de las necesidades de atención primaria de la salud, sobre todo en las zonas rurales y reducción de los riesgos para la salud derivados de la contaminación y los peligros ambientales.

En cuestión al “fomento del desarrollo sostenible de los asentamientos humanos” los asentamientos del mundo en desarrollo necesitan más materia prima, energía y desarrollo económico simplemente para superar los problemas económicos y sociales básicos. Las condiciones de los asentamientos humanos en muchas

partes del mundo, en particular en los países en desarrollo, están deteriorándose principalmente como resultado de los bajos niveles de inversión en ese sector, atribuibles a las limitaciones globales en materia de recursos de esos países (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

El apartado más relevante es el que habla sobre “promoción de sistemas sostenibles de energía y transporte en los asentamientos humanos”.

En el capítulo denominado “integración del medio ambiente y el desarrollo en la adopción de decisiones” se hace referencia a las áreas de programas:

- Integración del medio ambiente y el desarrollo a nivel de políticas, planificación y gestión;
- Establecimiento de un marco jurídico y reglamentario eficaz;
- Utilización eficaz de instrumentos económicos e incentivos de mercado y de otro tipo;
- Establecimiento de sistemas de contabilidad ecológica y económica integrada (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

En el apartado denominado “protección de la atmósfera” lo que se retoma es el objetivo básico y último de esta área de programas que es reducir los efectos perjudiciales del sector de energía en la atmósfera mediante la promoción de políticas o de programas, según proceda, orientados a aumentar la contribución de los sistemas energéticos ecológicamente racionales y económicos, particularmente los nuevos y renovables, mediante la producción, la transmisión, la distribución y el uso menos contaminantes y más eficientes de la energía (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Ahora bien en el capítulo la “lucha contra la deforestación” se enfocaremos en reforzar las instituciones nacionales que se ocupan de cuestiones forestales;

ampliar el alcance y la eficacia de las actividades relacionadas con la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques y asegurar eficazmente el aprovechamiento y la producción sostenibles de los bienes y servicios forestales, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Para el año 2000, se recomienda reforzar la capacidad y competencia de las instituciones nacionales de manera que puedan adquirir los conocimientos necesarios para proteger y conservar los bosques, así como ampliar su esfera de acción y, en consecuencia, aumentar la eficacia de los programas y las actividades relacionados con la ordenación y el desarrollo de los bosques. (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011)

El capítulo de “gestión ecológicamente racional de la biotecnología” tiene por objetivo prevenir, detener e invertir el proceso de degradación ambiental mediante la utilización adecuada de la biotecnología junto con otras tecnologías, prestando a la vez apoyo a los procedimientos de seguridad como componente integrante del programa. Entre los objetivos concretos se cuenta la instauración, lo antes posible, de determinados programas con objetivos concretos, a fin de:

- Adoptar procesos de producción que empleen en forma óptima los recursos naturales, mediante el reciclado de la biomasa, la recuperación de la energía y la reducción a un mínimo de la producción de desechos.
- Promover la utilización de las biotecnologías, haciendo hincapié en las medidas de saneamiento biológico de tierras y aguas, el tratamiento de los desechos, la conservación de los suelos, la forestación, la reforestación y la rehabilitación de los suelos.
- Aplicar las biotecnologías y sus productos a la conservación de la integridad ambiental con miras a establecer la seguridad ecológica a largo plazo (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Otro apartado de la agenda 21 que es de gran interés es el denominado “gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales” donde a pesar de que se centra en la información desechos que se depositan en los alcantarillados, menciona también que aun cuando los desechos se reduzcan al mínimo, siempre quedarán algunos incluso después de su tratamiento, todos los vertidos de desechos producen algún efecto residual en el medio ambiente en el que se realizan. Por consiguiente, existe margen para mejorar las prácticas de tratamiento y eliminación de desechos adoptando, por ejemplo, la de evitar el vertido de fango residual en el mar. En los países en desarrollo ese problema tiene un carácter aún más fundamental: menos del 10% de los desechos urbanos son objeto de algún tratamiento y sólo en pequeña proporción tal tratamiento responde a una norma de calidad aceptable. Debería concederse la debida prioridad al tratamiento y la eliminación de las materias fecales dada la amenaza que suponen para la salud humana (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Dentro del esta misma agenda se hace referencia al “reconocimiento y fortalecimiento del papel de las poblaciones indígenas y sus comunidades”, este apartado es de interés para este trabajo dado que la zona de estudio es una comunidad con altos estándares a ser sustentable con sus acciones. (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

En el contexto del presente capítulo, se hace referencia a que las poblaciones indígenas y sus comunidades representan un porcentaje importante de la población mundial. Durante muchas generaciones han acumulado conocimientos científicos tradicionales holísticos de sus tierras, sus recursos naturales y el medio ambiente. Las poblaciones indígenas y sus comunidades habrán de disfrutar a plenitud de los derechos humanos y las libertades fundamentales sin trabas ni discriminación. Su posibilidad de participar plenamente en las prácticas de desarrollo sostenible en sus tierras ha tendido a verse limitada como resultado de

factores de índole económica, social e histórica. Habida cuenta de la relación recíproca existente entre el medio natural y su desarrollo sostenible y el bienestar cultural, social, económico y físico de las poblaciones indígenas, en las actividades nacionales e internacionales encaminadas a lograr un desarrollo ecológicamente racional y sostenible se debería reconocer, promover y fortalecer el papel de las poblaciones indígenas y sus comunidades, y darle cabida (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Algunos de los propósitos inherentes a los objetivos y actividades en esta esfera del programa ya se han enunciado en instrumentos jurídicos internacionales tales como el Convenio sobre poblaciones indígenas y tribales (No. 169) de la OIT que se están incorporando en el proyecto de declaración universal de los derechos de las poblaciones indígenas que prepara el Grupo de Trabajo de las Naciones Unidas sobre las Poblaciones Indígenas de la Comisión de Derechos Humanos. El Año Internacional de las Poblaciones Indígenas del Mundo (1993), proclamado por la Asamblea General en su resolución 45/164 de 18 de diciembre de 1990, constituye una ocasión propicia para continuar movilizand o la cooperación técnica y financiera internacional (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Por otra parte también es indispensable indagar en el capítulo “transferencia de tecnología ecológicamente racional, cooperación y aumento de la capacidad” puesto en este capítulo se hace referencia a que las tecnologías ecológicamente racionales protegen al medio ambiente, y son menos contaminantes, utilizan todos los recursos en forma más sostenible, reciclan una mayor porción de sus desechos y productos y tratan los desechos residuales en forma más aceptable que las tecnologías que han venido a sustituir (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

En el contexto de la contaminación, las tecnologías ecológicamente racionales son "tecnologías de procesos y productos" que no generan desechos o generan pocos, a fin de prevenir la contaminación. También comprenden tecnologías de "etapa final" para el tratamiento de la contaminación, luego de que ésta se ha producido (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Otro punto importante es que las tecnologías ecológicamente racionales no son meramente tecnologías aisladas, sino sistemas totales que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios y equipo, al igual que procedimientos de organización y gestión. Esto implica que, al analizar la transferencia de tecnologías, también habría que ocuparse de los aspectos de las opciones tecnológicas relativos al desarrollo de los recursos humanos y el aumento de la capacidad local, así como de los aspectos que guardan relación con los intereses propios del hombre y la mujer. Se considera que las tecnologías ecológicamente racionales deben ser compatibles con las prioridades socioeconómicas, culturales y ambientales que se determinasen en el plano nacional (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011)

Ahora bien, existe una necesidad de acceso a tecnologías ecológicamente racionales y de su transferencia en condiciones favorables, en particular a los países en desarrollo, mediante medidas de apoyo que fomenten la cooperación tecnológica y que permitan la transferencia de los conocimientos tecnológicos especializados necesarios, así como el fomento de la capacidad económica, técnica y administrativa para el empleo eficiente y el desarrollo siguiente de la tecnología que se transfiera. La cooperación tecnológica supone esfuerzos en común de las empresas y los gobiernos, tanto los proveedores de la tecnología como sus receptores. Por consiguiente, dicha cooperación entraña un proceso repetitivo en que deben participar el gobierno, el sector privado y las instituciones de investigación y desarrollo para obtener los mejores resultados posibles de la transferencia de tecnología. Para que se mantenga con éxito una asociación a

largo plazo en cooperación tecnológica se necesita forzosamente una capacitación sistemática continuada y el aumento de la capacidad a todos los niveles durante un lapso prolongado de tiempo (http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/ fecha de consulta 18 de noviembre 2011).

Por otra parte, es de sustancial importancia referir la Educación Ambiental a los pilares de la educación o base para adquirir conocimientos en el desarrollo de cada ser humano.

3.2. Referentes teóricos del aprendizaje Piaget, Vigotsky, Bruner, Ausubel y Bloom para el fomento del aprendizaje significativo.

La educación se ha convertido en un campo fértil de desarrollo de teorías que sugieren como se aprende y cómo se potencia este aprendizaje en diversos contextos, características individuales y en diversas áreas del conocimiento. La mayoría de estos estudios han contribuido a definir perfiles, por ello, la revisión de los supuestos de las teorías del aprendizaje que han sido probadas y por lo tanto aceptadas se explicitan en este apartado del trabajo.

Uno de los referentes teóricos de interés para caracterizar la población objetivo es la teoría Piagetana, la cual define el desarrollo del conocimiento o “desarrollo cognitivo” como la construcción del conocimiento a través de la interacción de los individuos, sus capacidades mentales y sus experiencias ambientales (Ibidem, 1994).

Esta teoría señala tres fases de desarrollo cognitivo, cada una se caracteriza por las formas en que el discente organiza la información e interpreta el mundo. En este sentido, se cree que la población se ubica entre un público que realiza operaciones concretas, dado que piensa de manera lógica debido a la consecución del pensamiento reversible, a la conservación, la clasificación, la seriación, la negación, la identidad y la compensación. Mejora la capacidad de solucionar problemas concretos (a la mano), adoptar la perspectiva de otro,

considera las intenciones en el razonamiento moral. A su vez puede realizar operaciones formales, ya que su pensamiento hipotético y puramente simbólico (complejo verbal) se vuelve posible y, con ello desarrolla la capacidad para generar y probar todas las combinaciones lógicas pertinentes de un problema, es decir la lógica proposicional, el razonamiento científico y proporcional, que le permite aprender sistemas de abstracción.

Otro punto importante que señala esta teoría es que el proceso de información es una forma en que se lleva a cabo las funciones mentales para introducir, procesar y almacenar información. A través de estrategias significativas la información almacenada perdura a largo plazo. De ahí que el trabajo explicita las estrategias de: introductorias de desarrollo y de aplicación. Este referente permite que el discente a través de un aprendizaje social adquiera nuevas conductas mediante la observación y la imitación. Por eso, para que éste imite modelos es preciso que sepa procesar y almacenar la información relativa a las conductas sociales, que prevea las consecuencias de ciertas acciones y que controle su conducta personal. De esta manera, los constructores curriculares se mueven en un universo escolar habitado por las etapas de maduración y no por edificios de racionalidad. (Lipman, Matthew. 1998) Respecto de la idea antecedente, Piaget indica que el aprendizaje depende del nivel de desarrollo de las estructuras mentales; es decir, éstas definen el desarrollo cognitivo con relación en el nivel y la calidad de los aprendizajes, que se refleja en cambios cualitativos en los procesos y en las estructuras cognitivas (Gómez *et. al.*, 1997).

La idea central de Piaget en efecto, es que resulta indispensable comprender la formación de los mecanismos mentales en el discente para conocer su naturaleza y funcionamiento en el adulto.

Para la teoría vigotskyana el desarrollo cognitivo se basa en la creación del área de desarrollo potencial con la ayuda de la mediación social e instrumental (Criado del Pozo. 1992, Gómez *et al.*, 1997). Es posible entender que el desarrollo del

discente parte de la cultura de origen en la cual crea patrones de pensamiento (Morenza Padilla, Liliana, 2005) En este sentido, la noción de aprendizaje de Vigotsky parte de las funciones psicológicas superiores (inteligencia, memoria, y lenguaje) como resultado de la comunicación con la sociedad (Gómez *et al.*, 1997, Universidad Pedagógica Nacional, 1994).

La zona de desarrollo próximo es el aporte más trascendental de la teoría de Vigotsky, la cual se define como la distancia entre el nivel real del desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial (ZDP), determinado por la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración de otro compañero más capaz (Criado del Pozo, María José. 1992. En Hernández, Martha. 2008). Es decir, cuando las funciones del pensamiento todavía no son maduras, en proceso, se dice que están en un estado embrionario. (<http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-vygotsky/piaget-ausubel-ygotsky.shtml> (consulta 7 de agosto de 2011).

En la zona de desarrollo próximo se presentan dos tipos de desarrollo: la zona de desarrollo actual (ZDA) o desarrollo efectivo o la llamada edad mental, en ésta, el discente sabe y puede resolver un problema sólo y, la ZDP denominada zona de desarrollo próximo, en la cual, el discente es capaz de hacer con ayuda de alguien; esto significa que el discente tiene una edad mental en la que no puede resolver un problema de mayor complejidad. El discente aprende a pensar creando, a solas o con la ayuda de alguien, e interiorizando progresivamente versiones más adecuadas de las herramientas "intelectuales" que le presentan y le enseñan (Criado del Pozo, María José. 1992. En Hernández, Martha. 2008).

Este sustento teórico nos permite concebir al sujeto como un ser eminentemente social, como un producto social, por eso, desde esta perspectiva se considera que la familia, la escuela y la comunidad influyen y en la mayoría de los casos determinan el potencial de aprendizaje. Por eso se dice que las funciones mentales inferiores "Se adquieren y se desarrollan a través de la interacción

social. Puesto que el individuo se encuentra en una sociedad específica con una cultura concreta, estas funciones están determinadas por la forma de ser de la sociedad, son mediadas culturalmente y están abiertas a mayores posibilidades”. (Criado del Pozo, María José. 1992. En Hernández, Martha. 2008).

Se dice que las habilidades psicológicas se manifiestan primero en el ámbito social y luego en el ámbito individual, como es el caso de la atención, la memoria y la formulación de conceptos. Cada habilidad psicológica primero es social, o interpsicológica y después es individual, personal, es decir, intrapsicológica. «Un proceso interpersonal queda transformado en otro intrapersonal. Este proceso de andamiaje definido por Dunlap y Grabinger (1995) lo señalan como el apoyo adecuado y guiar a los discentes en función de su edad y el nivel de experiencia; es decir, el docente prepara el terreno para que los discentes identifiquen aquello que necesitan hacer para solucionar los problemas y superar los obstáculos.

El conocimiento es resultado de la interacción social, es decir, en la interacción con los demás se adquiere conciencia sobre sí mismos, se aprende el uso de los símbolos que, a su vez, permiten pensar en formas cada vez más complejas. Para Vigotsky, a mayor interacción social, mayor conocimiento, más posibilidades de actuar, más robustas funciones mentales. El ser humano es un ser cultural y es lo que establece la diferencia entre el ser humano y los animales (<http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-vygotsky/piaget-ausubel-vygotsky.shtml> consulta 7 de agosto de 2011).

La teoría de Vigotsky se demuestra en las aulas dónde se favorece la interacción social, donde los docentes hablan con los discentes y utilizan el lenguaje para expresar aquello que aprenden, donde se anima a los discentes para que se expresen oralmente y por escrito y donde se valora el diálogo entre los miembros del grupo. ([http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-ygotsky.shtml](http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-vygotsky/piaget-ausubel-ygotsky.shtml) consulta 7 de agosto de 2011).

Al igual que Piaget, Bruner describe el proceso de aprendizaje; los distintos modos de representación y las características de una teoría de la instrucción, pero en Bruner la clave del aprendizaje se relaciona con el lenguaje o registro que el docente utiliza para explicar los diversos tipos de conocimiento, es decir, es lo que se conoce como la traducción *ad hoc* al nivel y con los términos del contexto, de los aprendizajes antecedentes del discente, o bien de los vínculos de su realidad. (<http://elcentro.uniandes.edu.co/equipo/miembros/anfore/bruner.htm> consulta 7 de agosto de 2011).

El aprendizaje para Bruner consiste principalmente en la categorización que ocurre para simplificar la interacción con la realidad y facilitar la acción. La categorización está estrechamente relacionada con procesos como la selección de información, generación de proposiciones, simplificación, toma de decisiones, construcción y verificación de hipótesis, en este sentido; el discente interactúa con la realidad organizando los *inputs* según sus propias categorías, por eso se dice que el aprendizaje es un proceso activo, de asociación y construcción. (<http://elcentro.uniandes.edu.co/equipo/miembros/anfore/bruner.htm> consulta 7 de agosto de 2011). Ejemplo de estas estrategias es la utilización de metáforas analogías y juego de papeles. De manera puntual, cuando Bruner habla de la categorización, en ella distingue la construcción de conceptos y las propiedades de las categorías importantes, pero también los modos de representación muestran los modelos mentales y la realidad del discente; de la cual el autor identifica los modos de representación: enactivo, icónico y simbólico.

Podemos decir que la teoría de Bruner, considerada como teoría de la instrucción se basa en: 1) la predisposición hacia el aprendizaje 2) el modo en que un conjunto de conocimientos puede estructurarse para ser interiorizado por el discente 3) las secuencias más efectivas para presentar un conocimiento cada vez con mayor profundidad 4) la naturaleza de los premios y castigos. Entonces, para promover un aprendizaje por descubrimiento, el docente ha de motivar a los discentes para que descubran conocimientos en situaciones de su realidad a

través de un diálogo activo. Es aquí cuando cobra importancia la motivación extrínseca derivada del docente.

Otro autor, que trasciende en la teoría del aprendizaje es Ausubel. Su gran contribución se centra en el aprendizaje significativo, que es la forma en cómo se promueve el conocimiento, cuyo referente sea la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas de los discentes (<http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-vygotsky/piaget-ausubel-vygotsky.shtml> consulta 7 de agosto de 2011). Por ello, lo que se comprenda será lo que se aprenderá y recordará mejor porque quedará integrado en la estructura de conocimientos.

El aprendizaje del discente depende de la estructura cognitiva previa y su relación con la nueva información. Aprender significativamente es atribuir significado al material objeto de aprendizaje. El aprendizaje es funcional cuando una persona puede utilizarlo en una situación concreta para resolver un problema determinado, y además dicha utilización puede extenderse a nuevas situaciones para realizar nuevos aprendizajes. (Gómez *et. al.*, 1997 en Hernández, Martha Lizet. 2008).

Un aprendizaje significativo en materia ambiental, es aquel que se relaciona con las experiencias o acercamientos que el discente ha tenido de los temas a tratar. En este caso el discente hace consciente las características físicas de las excretas y aprende de la potencialidad de éstas para su utilización. Al compartir esta experiencia con los demás comuneros y con el docente es capaz de integrar conocimientos habilidades para resolver el problema de un residuo y la posible producción de gas butano. Con la exposición de las ventajas y simplicidad en la construcción de los biodigestores, tanto el comunero como el instructor pueden alimentar el programa y con ello pasar a la parte práctica de introducción.

A partir del cuadro 9 se puede comprender como organizar el conocimiento y las competencias que se precisan desarrollar.

Cuadro 10. Taxonomía de Bloom

CATEGORÍA	CONOCER Recoger información	COMPRENDER Confirmación aplicación	APLICAR Hacer uso del conocimiento	ANÁLIZAR (orden superior) Dividir, desglosar	SINTETIZAR (Orden superior) Reunir, Incorporar	EVALUAR (orden superior) juzgar el resultado
Descripción: Las habilidades que se deben demostrar en este nivel son:	Observación y recordación de información; conocimiento de lugares; conocimiento de las ideas principales del tema; dominio de la materia.	Entender la información; captar el significado; trasladar el conocimiento a nuevos contextos; interpretar hechos; comparar, contrastar; ordenar, agrupar; inferir las causas predecir las consecuencias.	Hacer uso de la información; utilizar métodos, conceptos, solucionar problemas usando habilidades o conocimientos.	Encontrar patrones; organizar las partes; identificar componentes.	Utilizar ideas viejas para crear nuevas; generalizar a partir de datos suministrados; relacionar nocimiento de áreas diversas; predecir conclusiones.	Comparar y discriminar entre ideas; elegir con base en argumentos razonados.
Que hace el discente.	El discente recuerda y reconoce información e ideas de su experiencia propia y de su experiencia en el aula.	El discente aclara, comprende, o interpreta información con base en conocimientos previos.	El discente selecciona, transfiere y utiliza datos y principios para completar una tarea o solucionar un problema.	El discente diferencia, clasifica y relaciona las evidencias o estructuras de una pregunta o aseveración.	El discente genera, integra y combina ideas en un producto, plan o propuesta nuevos para él.	El discente valora, evalúa o critica con base en estándares y criterios específicos.
Ejemplos de Palabras Indicadoras	Define, lista, rotula, nombra, identifica, repite, quién, qué, cuándo, dónde, cuenta, describe, recoge, examina y tabula.	Predice, asocia, diferencia, extiende, resume, describe, interpreta, discute, amplía, contrasta, distingue, explica, parafrasea, ilustra y compara.	Aplica, demuestra, completa, ilustra, muestra, examina, modifica, relata, cambia, clasifica, experimenta, descubre, usa, cuenta, resuelve, construye y calcula.	Separa, ordena, explica, conecta, divide, compara, selecciona, explica, infiere, arregla, clasifica, analiza, categoriza, compara, contrasta y separa.	Combina, integra, reordena, substituye, planea, crea, diseña, inventa, ¿qué pasa si?, prepara, generaliza, compone, modifica, diseña, plantea hipótesis, inventa, desarrolla, formula y reescribe.	Decide, establece jerarquías, prueba, mide, recomienda, juzga, explica, compara, suma, valora, critica, justifica, discrimina, apoya, convence, concluye, selecciona, establece rangos, predice y argumenta.
Ejemplo de tarea(s)	Describe los elementos de una temática.	Escriba un diario de las actividades.		Preparar un reporte de las actividades que se van a realizar en los proyectos.	Propone una ruta de construcción más eficiente.	

Fuente: Taxonomía de Bloom aplicada. En <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>.

Este referente taxonómico es una guía en la construcción de estrategias considerando los niveles de desarrollo del pensamiento.

Aunado a esto, es imprescindible hablar sobre el saber ser, saber hacer y saber vivir dentro de estos teóricos:

Saber “Ser” se refiere a aprender y tener un conocimiento propio con base en experiencias como el ser capaz de tener un pensamiento crítico y autónomo para crear un juicio propio y determinar por sí mismos lo que se debe hacer en las diferentes circunstancias de la vida.

Saber “Hacer” es la habilidad que se tiene para forjar una actividad en cualquier campo para cumplir un objetivo.

Saber “Conocer” se refiere a la capacidad para adquirir nuevos conocimientos. Esto se presenta a través de experiencias que son heredadas por los padres; son ellos quienes sugieren el interés por adquirir nuevos conocimientos.

Saber “Vivir” se refiere a la necesidad para aprender a vivir juntos; porque todos son miembros de este mundo y deben de convivir en un ambiente sano y buscando siempre la convivencia con sus semejantes y se agrega también para lograr una armonía con la naturaleza.

3.3. Elementos constitutivos del programa de educación ambiental

Aunque la educación ambiental ha sido considerada por el programa de la ONU como el medio para incidir en las relaciones entre los hombres y de éstos con la naturaleza, se considera que los resultados de este quehacer no son del todo halagadores, pero que están en el camino. En México, casi la totalidad de los programas que estudian la problemática ambiental en el nivel superior están conformados con la idea de abordarla de manera reactiva. Este enfoque pretende

cumplir los límites permisibles por las normas aplicables, se preocupa esencialmente por dar solución a las consecuencias de las actividades antropogénicas, en contraposición, el enfoque preventivo se basa en el principio precautorio abordado en la Cumbre de Río 1992; representa una nueva manera de tomar decisiones hoy acerca del medio ambiente para no sufrir las consecuencias en el largo plazo (González, 2011).

Los componentes categóricos que delínean el programa son:

Público objetivo, que en este caso son los comuneros de Nuevo San Juan Parangaricutiro. La caracterización de éste permite elegir estrategias que promuevan el aprendizaje significativo, a saber en el caso de la comunidad, el grupo de interés es el llamado comuneros. Como grupo de interés, para el cual se ha diseñado este programa de educación ambiental, se ha definido la naturaleza de la temática a tratar; por la actividad económica circunscrita en el manejo empresarial basado principalmente en el recurso forestal, por un lado y por el otro por su posición como trabajadores de sus propias empresas. Esta característica hace viable un aspecto para que los aprendizajes se integren a la dinámica laboral, comunitaria y a su vida cotidiana. En tal sentido se integran los diversos supuestos teóricos del aprendizaje que se insertan en la pertinencia de las estrategias elegidas, las actividades, los escenarios y ámbitos de aprendizaje y desde luego las competencias por desarrollar según el reto educativo que se desea atender (González, 2011).

Aunado a este ejercicio de integración para la conformación del programa conviene incluir las experiencias de modelos educativos no formales que han tenido éxito, así como la mezcla de temas específicos de interés en la comunidad y de las propuestas que desde el asesor se puedan sugerir; para ello, se parte de un diagnóstico que justifica el programa, así como de los temas a tratar (González, 2011).

Por lo que corresponde a los problemas ambientales, se muestra un tratamiento inherente del saber ambiental, con bases en los enfoques de complejidad, transdisciplinariedad, sostenibilidad y racionalidad ambiental. Todos ellos, con capacidad de posibilitar lecturas simultáneas de los problemas. El tratamiento de éstos empieza por la organización del conocimiento; para comprender la fenomenología del problema elegido, de lo simple a lo complejo, desde la perspectiva de Bloom, en Anderson, L.W. y Krathwohl (2001), (González, 2011).

Con referencia a la anterior idea, el tránsito del pensamiento de orden inferior al superior y la jerarquización de éste permiten identificar las estrategias de aprendizaje *ad hoc*. Precisando conviene mencionar que, para el caso de la caracterización del público objetivo, el referente teórico es Piaget, con las etapas de desarrollo cognitivo; en algunas prevalece la asimilación o interiorización de un evento establecido y en otras la acomodación o modificación de la estructura cognitiva (González, 2011).

Una vez incluidos los enfoques pertinentes para potenciar el aprendizaje de los comuneros, se explicitan las características sustanciales del *currículum* o programa de educación ambiental, es decir, los objetivos institucionales, los enfoques de la educación en los diversos niveles de formación; los sectores que puedan estar involucrados, actores, infraestructura, contextos de aprendizaje entre otros (González, 2011).

Es así como un Programa de Educación Ambiental (PEA) puede definirse como el conjunto de actividades propuestas, relacionadas con los conocimientos para adoptar un modo de vida en armonía con el entorno (Hungerford, 2007). Existen dos tipos de ellos los formales y los no formales o informales, los primeros son los que se aplican en instituciones educativas, los segundos son los más propensos a impartirse en talleres y cursos en materia ambiental; para este caso se utilizarán los PEA informal.

En general, los PEA informales son instrumentos estratégicos para lograr las metas de una organización. Los programas pueden ser modestos o ambiciosos y consistir en actividades de corto plazo y por una sola vez, hasta esfuerzos de largo plazo que busquen el desarrollo de competencias y valores en una comunidad, pueden ser extremadamente diversos en su estructura y sus destinatarios. Pueden estar involucrados grupos comunitarios, organizaciones sociales, dependencias gubernamentales, clubes deportivos y recreativos, casas-hogar para niños, jóvenes o ancianos, áreas naturales protegidas, asociaciones de colonos, museos, zoológicos, acuarios, planetarios, viveros, jardines botánicos y organizaciones de exploradores y de excursionismo, entre muchos otros (Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal, 2009).

Otros elementos importantes que deben analizarse son: la validez de los objetivos, las necesidades de los profesores en materia de formación continua, la compatibilidad del programa de estudios con los recursos materiales y recursos financieros, disponibles en la población y, por último, los criterios que rigen la selección de los contenidos que figuran en el programa de estudios (Hungerford, 2007).

Experiencias en este tipo de formación consideran los anteriores componentes. Para optimizar las actividades se seleccionan destinatarios concretos para cada tema, y ajustar los mensajes y estrategias a los distintos colectivos. Algunos de los grupos objeto de la Educación Ambiental no formal son para el caso comuneros y visitantes.

En razón al planteamiento integral de lo ambiental, López Torres (1998), formula algunos objetivos básicos que sirven como ejes orientadores para la Educación Ambiental no Formal como son:

- Fomentar la participación e implicación en la toma de decisiones, la capacidad de liderazgo personal y el paso a la acción. Se entiende la capacitación no

sólo como adquisición de técnicas, sino también como compromiso de participación.

- Pasar de pensamientos y sentimientos a la acción.
- Promover la cooperación y el diálogo entre individuos e instituciones.
- Promover diferentes maneras de ver las cosas; facilitar el intercambio de puntos de vista.
- Crear un estado de opinión.
- Preparar para los cambios.
- Estimular y apoyar la creación y el fortalecimiento de redes.

Además conviene una construcción de los programas con los puntos de interés que deseen trabajar los comuneros, así como de los temas que el facilitador sugiera. Los principios que permiten una práctica coherente de la Educación Ambiental no Formal, según López Torres (1998), son: la idea de equidad; las transformaciones humanas y sociales; el valor de la interdependencia; el valor de la diversidad; la educación como un derecho de todos los seres humanos y; el valor educativo del conflicto.

3.2.1. Organización del conocimiento

Para la organización del conocimiento existen una serie de modelos y propuestas referentes tanto al diseño de los programas de estudios ambientales como a su contenido, pero en este PEA se opta por los objetos definidos en la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, organizada por la UNESCO con la cooperación del PNUMA en Tbilisi, (Georgia) en octubre de 1977.

Las recomendaciones de Tbilisi constituyen una sólida base para la toma de decisiones en materia de programas, sobre todo porque están los criterios de formulación de las metas, objetivos y principios generales independientemente de que sea sistema formal o informal al que haya sido destinado. Para el caso de la propuesta ya están implícitos los siguientes objetivos:

- Contribuir a una clara toma de conciencia sobre la existencia e importancia de la interdependencia económica, social, política y ecológica tanto en las zonas urbanas como rurales;
- Dar a cada persona la posibilidad de adquirir los conocimientos, el sentido de los valores, la actitud, el interés activo y la competencia precisos para proteger y mejorar el entorno;
- Crear nuevos tipos de comportamiento en los individuos, grupos y en la sociedad en su conjunto de cara al entorno.

Las categorías de las metas de la educación ambiental son:

- La concienciación se refiere a la ayuda a los grupos sociales y a los individuos a tomar conciencia del entorno global y de sus problemas, con apoyo para sensibilizarse en torno al cuidado del medio ambiente.
- Los conocimientos tiene que ver con la ayuda a los grupos sociales y a los individuos para que adquieran una experiencia y un conocimiento lo más amplio posible del entorno y sus problemas.
- La actitud significa la ayuda a los individuos y grupos sociales a adquirir interés por el entorno, un sentido de los valores, y la motivación necesaria para participar activamente en la mejora y protección del entorno.
- La competencia se centra en la ayuda a los individuos y grupos sociales a adquirir las competencias necesarias para identificar y resolver los problemas del entorno.
- La participación da la oportunidad a cada individuo y grupo social de contribuir activamente en la solución de los problemas ambientales.

Como es de apreciarse, estas categorías son el preludio de los pilares de la educación de Delors (1994).

3.3.2. Características del público al que va elegido: consideraciones desde la perspectiva del aprendizaje significativo

En primera instancia hay que mencionar que el Municipio de Nuevo Parangaricutiro, se caracteriza, entre otras cosas, por ser el municipio con una población indígena dispersa y con un grado de marginación bajo (INAFED, 2000), es definido como un municipio rural aunque su cabecera municipal está clasificada como zona urbana (INEGI, 2010). La vida práctica de éste municipio, tal como de la vida de los indígenas mexicanos, gira alrededor de su comunidad, es decir, del pueblo o comarca donde nacieron ellos y sus antepasados y en el que suelen buscar esposo o esposa (Linares, 2008).

Hay que indicar que el pensamiento característico de ser una comunidad indígena fue en gran parte, el motor que impulso a la comunidad a continuar organizándose como una comunidad integrada a pesar de las incidencias por las que tuvieron que pasar de manera colectiva, por un territorio en el cual pudieran realizar actividades para la supervivencia misma de la comunidad, pero también por un territorio donde instaurar sus tradiciones, su historia, su identidad y su vida misma (Trujillo, 2011).

El punto de partida de cualquier intervención socio ambiental supone grupos organizados, principalmente sobre la base local, de gente que comparte un conjunto de derechos y obligaciones y cultura organizacional. La gestión sustentable de los recursos naturales depende de los valores y «mecanismos» comunitarios y ellos son inseparables de utopías, ideas, mitos, conocimientos y creencias que dan significado a la vida y que llamamos cultura (Trujillo, 2011).

En el caso de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro es difícil conocer y entender la razón por la cual están aprovechando adecuadamente los bosques y todos sus recursos naturales. En algunos casos la comunidad percibe al bosque como el insumo de materias primas para una empresa comunal que ha generado empleos, servicios y beneficios económicos en la población. Es con

base en ese principio que la empresa administra sus recursos naturales, aprovechando al máximo el bosque y asegurándose de conservar un capital natural que le garantice el abasto futuro de la materia prima. Sin embargo, por otro lado existen visiones diversas entre la gente de la comunidad que dan en mayor o menor grado valores agregados que simplemente el económico. Algunas personas entienden la importancia de los bosques como proveedores de servicios como el agua; otras manifiestan su valor estético y recreativo; incluso hay quienes entienden al bosque como un complejo ecosistema que involucra diferentes grupos de organismos relacionados entre si. En una comunidad tan grande y que influye en una población de más de 15,000 habitantes la percepción del manejo y conservación de sus recursos tiene diferentes interpretaciones y visiones que solo coinciden en el punto de la necesidad de continuar manejando adecuadamente los bosques (Velázquez, 2003).

Su aprovechamiento integral de los recursos naturales está sujeto cada vez más a condicionantes y normas emitidas por las autoridades gubernamentales del país, así como de una mayor observancia de la sociedad en general. También se ha caracterizado por ser un ejemplo notable y exitoso para otros ejidos y comunidades del país, con un adecuado manejo integral de los recursos forestales, una verdadera orientación hacia la sustentabilidad, generando beneficios económicos, ecológicos y sociales a la población del municipio; basándose en una sólida organización, un eficiente aprovechamiento, fomento, protección y conservación de sus recursos. Lo anterior se ha logrado a través de un gran esfuerzo y visión de los integrantes y autoridades comunales por incrementar la superficie forestal y generar fuentes de empleo ajenas al aprovechamiento forestal (Resumen Público de Manejo Forestal Sustentable de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro).

Los habitantes inician cada día con una actividad en específico por realizar, es decir, pueden trabajar en el aserradero, en las huertas de pino, aguacate, durazno, en el bosque haciendo podas o bien en algún semillero, incluso en la purificadora

de agua embotellada que distribuye el líquido en la comunidad; y todos cuentan con guardias de dos semanas para prevenir o combatir incendios forestales (<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=62773> fecha de consulta 23 de noviembre del 2011).

Quizá el pueblo no es tan pintoresco, pero la gente es amable y todos sienten orgullo por ser parte de una comunidad que es ejemplo nacional e incluso internacional, porque los habitantes han logrado generar suficientes fuentes de empleo bien remuneradas sin afectar la naturaleza, sino al contrario, por demostrar al mundo que es posible y viable conservar el bosque y vivir de él. (<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=62773> fecha de consulta 23 de noviembre del 2011).

3.3.3. Características institucionales expresas en el *currículum* en la educación no formal

La educación ambiental no formal en Michoacán presenta, como en el resto del país, una serie de esfuerzos institucionales enmarcados en la intención de incrementar la sensibilidad y la conciencia crítica entre la población, de tal manera que se genere un compromiso social para el diseño y puesta en práctica de soluciones a la problemática ambiental existente. Sin embargo, las acciones reflejan una gran dispersión y carecen de una política ambiental que las articule, las oriente en determinada dirección y las potencie. Además, no existen estudios que permitan conocer de manera sistematizada y en conjunto las experiencias michoacanas en este campo y los alcances que tienen (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales Compilación volumen 1. 2005).

Al hacer una búsqueda de información sobre los esfuerzos de diversas instituciones en materia de educación ambiental no formal en Michoacán y en función de lo encontrado se puede afirmar que existen diversos e importantes

ejercicios, sin embargo son insuficientes los programas educativos interesados en la construcción de mejores condiciones económicas y ambientales. Se reconoce que una gran parte de quienes impulsan estas acciones no se asumen como educadores ambientales por tal razón los reconocimientos oficial y social de esta labor son mínimos (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2005).

Se incluye una larga serie de actores sociales que impulsan acciones de muy distinta índole, donde destacan los esfuerzos en el campo de la educación ambiental no formal.

a) Institutos de educación superior y de investigación.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en especial el Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA); el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP); el Centro Nacional de Producción Sostenible (CENAPROS/INIFAP); el Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO); la Universidad Autónoma de Chapingo; el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Morelia; el Colegio de Posgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo; los Institutos Tecnológicos (Jiquilpan, Uruapan, Zamora, Lázaro Cárdenas, Zitacuaro, Morelia, Apatzingán); el Instituto Tecnológico Agropecuario (ITA); el Centro de Cooperación en Educación de Adultos para América Latina (CREFAL); son todos ellos centros académicos, de investigación o de educación superior que poseen proyectos vinculados, en mayor o menor medida, a la educación ambiental no formal (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2005).

b) Instituciones gubernamentales

El gobierno en sus niveles federal, estatal, municipal y local es el principal sector público que toma decisiones sobre las cuestiones ambientales e influye determinadamente en las adopciones de los demás actores. En este sentido, la

Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA), antes Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE); la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Delegación Michoacán (SEMARNAT / Michoacán); la Secretaría de Agricultura y Ganadería; la Secretaría de Turismo; la Secretaría de Educación del Estado de Michoacán; la Secretaría de Salud; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría del Trabajo, entre otras, realizan esfuerzos de educación no formal. También existen otras instancias gubernamentales que incluyen actividades vinculadas, en mayor o menor medida, con la educación ambiental, como Protección Civil, Derechos Humanos, el Instituto Michoacano de Cultura, Instituto Nacional Indigenista, Desarrollo Integral de la Familia (DIF), la Comisión Forestal, el Consejo Estatal de Población (COESPO) y los Ayuntamientos, entre los más importantes (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2005).

Más allá de su papel normativo y de toma de decisiones, las instituciones mencionadas también realizan acciones tales como: divulgación de información ambiental, impulso a tecnologías ecológicas, organización de consultas ciudadanas y con expertos sobre temas ambientales, creación de páginas web al servicio de la ciudadanía y formación de recursos humanos (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2005).

e) Iniciativa Privada

También entre los empresarios se ha venido desarrollando la preocupación por brindar servicios que tienen relación con la educación ambiental no formal. Destaca la labor de la Asociación de Industriales de Michoacán A. C. (AIEMAC) y de la Confederación Patronal de la República Mexicana-Michoacán (COPARMEX) (Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2005).

Capítulo 4

Condiciones de viabilidad

**Marco empírico: Viabilidad de los biodigestores en la
Comunidad Indígena de Nuevo San Juan
Parangaricutiro**

Marco empírico: **Viabilidad de los biodigestores en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro**

Capítulo 4. **Condiciones de viabilidad**

4.1. Sistema Integrado de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro

El diseño organizacional de la comunidad indígena es sin duda exitoso, al poder conjugar mecanismos de control tradicionales con estructuras empresariales eficientes. La máxima autoridad de la comunidad es la Asamblea General de los 1,254 comuneros de entre 50 y 70 años, que se reúnen el último domingo de cada mes. Normalmente, a las reuniones asisten 600 comuneros en promedio y en caso de que se presenten circunstancias extraordinarias que requieran transformaciones estructurales pueden llegar a las 1,000 personas. En las asambleas generales se dan los informes del Comisariado de Bienes Comunales y del Consejo de Vigilancia, referentes al desempeño de los negocios de la comunidad, se tratan los asuntos delicados o conflictivos y se presenta a consideración del pleno los beneficios y planes de los diferentes negocios de la comunidad. El Comisariado recurre a la información que dan los gerentes de la empresa de fertilizantes, la de administración de finanzas de la empresa forestal y de la tienda comunal. Finalmente, se pide a la asamblea considerar, modificar y en su caso avalar los diferentes planes del comisariado y de los gerentes de las empresas (Velázquez, 2003).

El Comisariado tiene su cuerpo de funcionarios e infraestructura que les permiten atender los múltiples asuntos en que están ocupados, tales como dar seguimiento a los juicios agrarios, oír y resolver quejas de los comuneros y avalar o dar seguimiento a las gestiones de proyectos de la comunidad ante el gobierno. Por su parte, el Consejo de Vigilancia tiene sus secretarios y auxiliares atentos a oír quejas y verificar que los actos de las empresas se hagan correctamente. Estos

dos cuerpos de gobierno son la clave del desempeño de la comunidad, por lo que es posible controlar los gerentes de las empresas (Velázquez, 2003).

Hasta ahora, estos cargos de alta responsabilidad, han sido ocupados por gentes mayores de “la vieja guardia”, que si bien tienen baja educación formal frente a los ingenieros y técnicos de la empresa, se les escoge por su honorabilidad, firmeza, sabiduría y lealtad a la comunidad y no por su riqueza económica o por sus contactos políticos. Además, existen dos consejos que filtran la información para que pase a la asamblea discutida. Un primer consejo es de 13 personas y el otro por 60, estas personas son de los 7 barrios y aproximadamente son 10 de cada uno (Velázquez, 2003).

En un tercer nivel de jerarquía están las empresas de la comunidad. El centro de distribución de fertilizantes, la Tienda comunal, la Administración de finanzas de la empresa forestal, el tele cable, embotelladora de agua, la lechería, producción de vernicomposta a partir del estiércol de bovino, la empresa de ecoturismo, la Dirección de servicios técnicos forestales, el abastecimiento, el aserrío, la astilladora, la fábrica de muebles, resinas, mantenimiento, ventas, construcciones, el Programa agropecuario y Huertas comunales (Velázquez, 2003).

Visto en su conjunto el sistema de gobierno y control de los recursos y empresas de la comunidad ha sido muy exitoso. La política de la Asamblea Comunal ha estado orientada claramente a la generación de empleo más que al reparto de utilidades, ya que de una u otra manera, aproximadamente 900 personas encuentran empleo en la comunidad con salarios superiores al 100% a los que tendrían fuera de ella (Velázquez, 2003).

Esta política se ha reflejado en varios proyectos específicos, como la adquisición de huertas de aguacate comunitarias, proyectos ganaderos, agrícolas, etc. Asimismo, se ha creado un sistema de créditos a los que los comuneros han recurrido para mejorar sus casas, comprar tierras fuera de la comunidad, o bien

para comprar camiones que dentro de la comunidad dan servicio de transporte de trozas, madera aserrada y muebles. Lo cual hace que las condiciones de vida de éstos estén por arriba de la media en la población (Velázquez, 2003).

Asimismo, la comunidad realiza múltiples gestiones, ya sea hacia el INFONAVIT para la aplicación de créditos, ante la SEMARNAT para proyectos ambientales, ante SEDESOL para infraestructuras sociales por medio de la Unión Nacional de Organizaciones Forestales Campesinas (UNOFOC) (Velázquez, 2003).

Por lo anterior, es necesario señalar que los órganos de “gobierno” internos de la comunidad de Nuevo San Juan tienen como funciones específicas: La Asamblea General de Comuneros es la que elige a los miembros del Comisariado de Bienes Comunales (presidente, secretario y tesorero) cuya función es el resguardo de la integridad territorial comunitaria y la regulación de los derechos de acceso entre los comuneros, así como el responsable formal de las relaciones políticas comunitarias. Así mismo se elige a un Consejo de Vigilancia encargado de avalar o rechazar las decisiones del comisariado y de solucionar en primera instancia las quejas y disputas de los comuneros. La asamblea también elige al administrador de la empresa forestal, que tiene a su cargo la designación de los responsables operativos (jefe de aprovechamiento, jefe de aserrío, responsable de ventas, etc.) También la asamblea designa al director técnico forestal encargado del manejo y monitoreo de los aprovechamientos del bosque (Velázquez, 2003).

Para mantener los consensos internos y el control de sus oficiales y funcionarios la Asamblea ha generado un órgano especial denominado “Consejo Comunitario” compuesto por un grupo de comuneros destacados por su capacidad y lealtad hacia la comunidad y a la asamblea; este consejo tiene funciones de consulta y aval para la toma de decisiones importantes o estratégicas; de alguna manera funciona como auditor general de la comunidad (Velázquez, 2003).

4.2. Análisis FODA

El presente análisis se genera a través del instrumento realizado dentro de la comunidad, (ver anexo A) con algunos miembros pertenecientes a la asamblea, a los encargados de los ranchos ganaderos y a los trabajadores.

El propósito del FODA es para conocer las potencialidades pecuarias y de la empresa de fertilizantes para la implementación de los biodigestores.

Fortalezas

- Alianzas con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Universidad Nacional Autónoma de México, para la realización de proyectos enfocados al desarrollo de la comunidad.
- Financiamientos para proyectos por parte del Gobierno Federal y Estatal para implementación de los proyectos.
- Los cuatro ranchos son los encargados de abastecer a la comunidad en productos como carne y leche a menor costo.
- El número de ganado es de 285 bovinos distribuidos en los 4 ranchos Huiramo con 183, Cruz de Ramos 40, Canuto 38, Rancho el Hospital 24.
- Actualmente la comunidad recibe asesoría para el manejo del estiércol del ganado para la producción de biofertilizante, para el mejoramiento de calidad de los suelos y de los productos.
- La comunidad es un gran ejemplo nacional tanto internacional por su aprovechamiento de los recursos. Por tal motivo a nivel nacional e internacional solicitan apoyo comunidades de la misma naturaleza.
- La distribución de los fertilizantes a mediana escala en tres localidades: Uruapan, Los Reyes y San Juan Nuevo Parangaricutiro.
- La comunidad oferta productos y servicios económicos, de capacitación y asistencia técnica.
- Los servicios de fertilizantes y productos pecuarios abastecen a la comunidad y a clientes de la región.

Oportunidades

- Los cuatro ranchos cuentan con diferentes tipos de ganado bovino tales como *big-master* para la producción de carne y leche, la tipo holandesa para producción de leche, el cebú producción de carne.
- El nuevo proyecto de lombricomposteo ya cuenta con instalaciones para su realización y estas pueden ser una oportunidad dado que ya no se necesitaría de esta inversión para la implementación de los biodigestores.
- La localización estratégica de los ranchos en la periferia de la zona forestal para su protección.
- Los conocimientos para la producción de biofertilizantes a través de la lombricomposta y el estiércol del ganado.
- Proyectos y gestión de recursos gubernamentales y no gubernamentales para la implementación de ampliación y tecnificación del sector ganadero y de fertilizantes.
- Las características del sector pecuario y de fertilizantes se presta un gran potencial para la asesoría técnica en la región con conocimiento de la comunidad.
- Conversión en los líderes en el mercado de abonos orgánicos y de combinación en la región, y el estado de Michoacán.

Debilidades

- La falta de cultura para atender algunas contingencias de salud en los ranchos del ganado.
- Los administrativos y técnicos son promotores de realizar innovación e investigación en la “empresa” ganadera y de fertilizantes, pero no se han podido desarrollar tal vez por el poco tiempo de desarrollo pecuario, ni cuentan con los recursos para realizarlas.
- Aunque hay medidas de seguridad escritas y capacitación para enfrentar riesgos en el trabajo, los trabajadores no hacen caso de las recomendaciones.
- La insuficiencia de la producción de fertilizantes y del ganado sugiere buscar otras opciones de tecnologías.

- El precio de los fertilizantes es personalizado por las condiciones de suelo.
- Los servicios y productos de fertilizantes que se ofertan están limitados en número de profesionales, lo cual refleja la poca apertura para contratar expertos del exterior.
- No hay un control de las emisiones de contaminación derivadas de la actividad de producción de biofertilizante.
- Se observa que el nivel de educación formal es bajo en la mayoría de los empleados.

Amenazas

- Dificultades para obtener créditos bancarios.
- La oferta de servicios y productos a precios competitivos por parte de los países exportadores.
- Dificultades para mantener una producción que demanda el público.
- La acumulación del estiércol en lugares sin tratamiento.
- La concentración del biofertilizante a excepción del manejo del biogás.
- Dentro de la comunidad existen diversas empresas que ofrecen productos similares de menor calidad y mayor precio.
- La cercanía con municipios con un desarrollo mayor genera competencia a la que puede ocasionar, absorber a los consumidores potenciales del sector pecuario y fertilizantes.

Capítulo 5

Programa de educación ambiental

Capítulo 5. **Propuesta de Educación ambiental**

Con la información recabada de las investigaciones realizadas en campo y con el trabajo de recopilación realizado para este proyecto, se elaboró un Programa de Educación Ambiental para llevar a cabo las actividades de educación ambiental en la comunidad de Nuevo San Juan con la temática de los biodigestores para la producción de bigás y biol. En el programa también se incluyeron características de la gente y la región para lograr una completa identificación con los aspectos regionales, históricos, culturales, biológicos y productivos.

Aunado a esto, es necesario mencionar que desde una perspectiva cognoscitiva del aprendizaje y tomando como referente a uno de los autores que han escrito para los docentes recomendado ejercicios para enseñar a aprender, Marzano (1993), se reconocen cinco dimensiones del aprendizaje. Estas cinco dimensiones son útiles para reconocer que no todos los procesos de enseñanza son procesos formativos. No toda transmisión informativa se convierte en producto de aprendizaje. Hay procesos que se quedan en una dimensión y no pasan a las siguientes. No siempre se prepara un curso pensando en el máximo alcance de las fases sucesivas o complementarias que se requieren para un aprendizaje significativo (Chan y Tiburcio, 2000).

Tomando en cuenta el esquema básico de Marzano (1993), consideramos las siguientes dimensiones del aprendizaje:

1a. Dimensión: Problematización-Disposición

Remite a la generación de actitudes favorables para aprender. Ello implica que el estudiante reconozca las necesidades formativas que tiene. Equivale a una fase de problematización o interrogación sin la cual es difícil que el sujeto pueda iniciar un proceso de aprendizaje, pues el carácter de cuestionamientos, curiosidad inicial o la motivación no se genera en él y su aplicación al estudio puede obedecer a finalidades no necesariamente ligadas al conocimiento (Chan y Tiburcio, 2000).

2a. Dimensión: Adquisición y organización del conocimiento

Dimensión que contempla las conexiones que los estudiantes hacen de la información, aquello nuevo que requiere un punto de enlace con lo ya sabido para significar algo. Así mismo esta integración informativa se hace con base en una organización, de modo que toda información es acomodada de acuerdo a determinados esquemas.

El estudiante puede aprender a incorporar información de manera significativa y a organizar esta información de diversas formas según su naturaleza y los usos que dará a la misma (Chan y Tiburcio, 2000).

Cuando se adquiere un conocimiento el primer paso es pensar en lo que ya se ha aprendido, para después incorporar el nuevo conocimiento. Posteriormente se procesará la información de tal manera que la pueda recordar en ocasiones posteriores cuando la necesite (Chan y Tiburcio, 2000).

3a. Dimensión: Procesamiento de la información

No basta organizar la información, sino que el aprender implica operar con ella, es decir, desarrollar operaciones mentales tales como, la deducción, la inducción, la comparación, la clasificación, la abstracción, operaciones todas que constituyen una base de pensamiento que habilita al sujeto para trabajar con todo tipo de información. Al igual que las primeras dimensiones, los estudiantes aprenden a problematizarse, a adquirir, a organizar y a procesar paralelamente a la apropiación informativa que realizan, pero estas dimensiones como andamiaje de todo tipo de aprendizajes futuros son la parte más duradera, el basamento del aprender (Chan y Tiburcio, 2000).

4a. Dimensión: Aplicación de la información

El ciclo del aprendizaje se consolida en la medida que la información se pone en juego para tratar con problemas reales o posibles. Hacer prácticas, operar los conceptos, investigar, planear el proyecto, resolver el problema y estudiar casos,

entre otros ejercicios, nos permiten utilizar los conocimientos adquiridos de manera significativa, en otro apartado de este documento encontrará una lista de productos que podrán ayudar a que el estudiante evidencie sus procesos, conocimientos y el tipo de habilidades que se están ejercitando (Chan y Tiburcio, 2000).

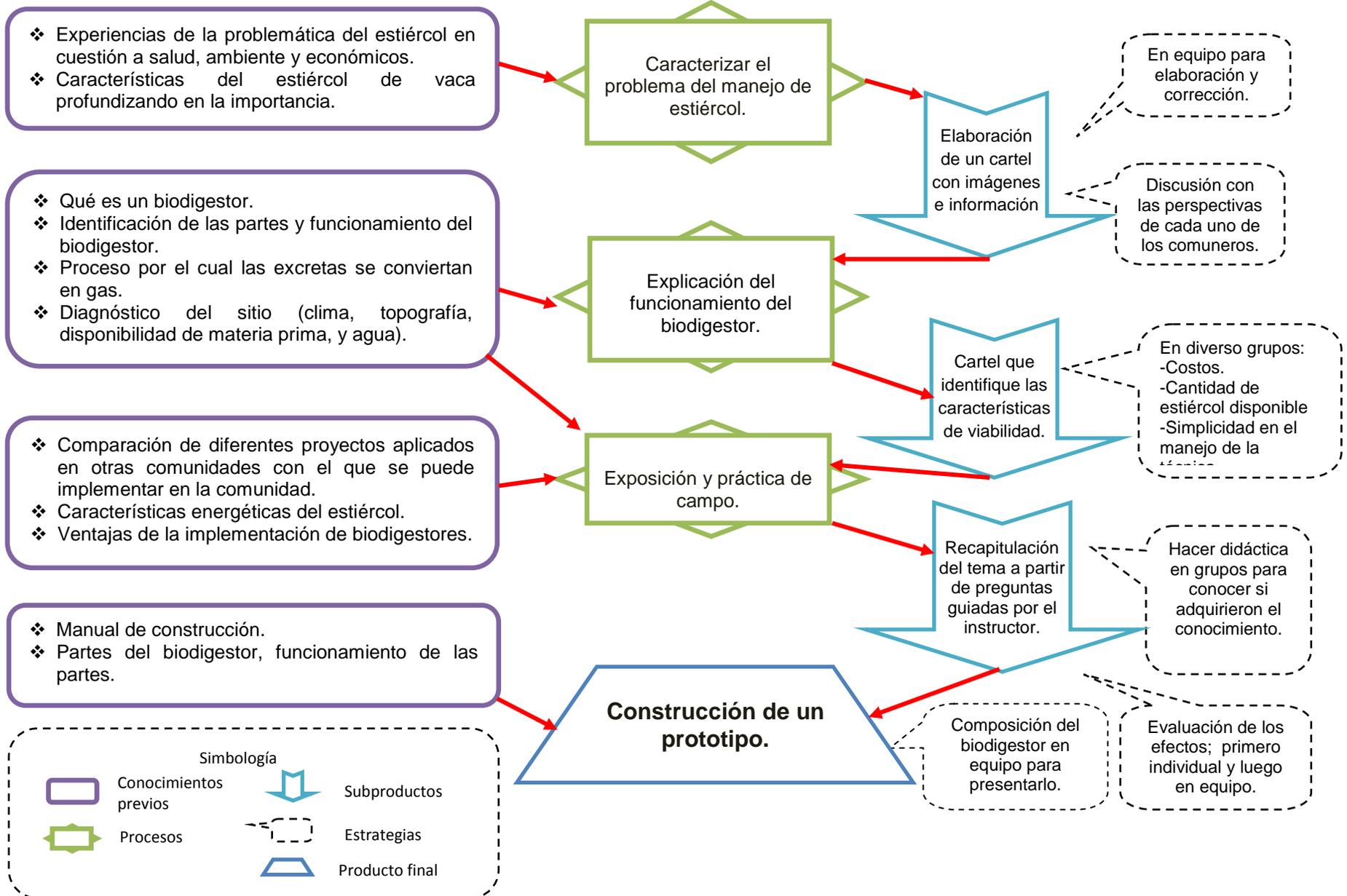
Para el significado de aprendizajes se requieren tareas multidimensionales, son tareas que involucran una variedad de pensamientos. Por ejemplo podrían incluir clasificación, inducción, abstracción y apoyo (ver cuadro de productos). (Chan y Tiburcio, 2000).

5a. Dimensión: Conciencia del proceso de aprendizaje.

El sujeto que hace conciencia de la forma como aprende, de los pasos que sigue, que controla cada dimensión y se da cuenta del trayecto de la información, las operaciones y usos de la misma, consigue un método para aprender y con ello su formación puede darse autogestivamente (Chan y Tiburcio, 2000).

5.1. Programa de EA

Esquema 4. El biodigestor como técnica sostenible



Cuadro 11. Programa de Educación Ambiental

Unidad 1: Caracterizar el problema del manejo de estiércol **Propósito:** Analizar y razonar sobre el manejo del estiércol del ganado bovino en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Temática	Estrategia	Ambientes del aprendizaje			Secuencia	Dimensiones del aprendizaje	Procedimiento de evaluación	Instrumento
		Información	Producción	Exhibición				
Manejo del estiércol del ganado bobino: saberes tradicionales	Objetivos	Descripción de experiencias de los comuneros con el manejo del estiércol del ganado, en cuestión de salud, ambiente y económicos.	Elaboración de un cartel con imágenes e información por equipos de trabajo.	Se hace la exposición de cada uno de los carteles por equipos. Se realizará una discusión con las perspectivas de cada comunero.	Apertura El instructor, con anterioridad, explicó cuál es el propósito de la actividad para realizar en esta unidad. Los comuneros realizarán en equipos una discusión donde identifiquen los problemas que se presenta con el estiércol.	Problematización	Cartel	Lista de cotejo
	Organizador previo.							

Unidad III: Exposición y práctica de campo.

Propósito: Señalar las características de los subproductos del biodigestor.

Temática	Estrategia	Ambientes del aprendizaje			Secuencia	Dimensiones del aprendizaje	Procedimiento de evaluación	Instrumento
		Información	Producción	Exhibición				
Generación de subproductos derivados de la ecotecnia: biogás, biol	Exposición a través de diapositivas y videos sobre algunos casos exitosos de introducir biodigestores.	Exponer la comparación de diferentes proyectos aplicados en otras comunidades con el que se puede implementar en la comunidad.	Aplicación de cuestionario donde las preguntas sean guiadas por el instructor, en ellas solo se cuestionará en el uso de los subproductos.	Al final de la práctica de campo se realizará el cuestionario hacia los comuneros para recabar información de que es lo que podrían dejar de consumir que contamine al suelo y a sus productos y que lo puedan sustituir por los sub-productos del biodigestor.	Apertura El instructor expondrá con diapositivas y videos, casos de estudios exitosos de la introducción de biodigestores. También mencionará las características energéticas que tiene el biogás.	Procesamiento de la información.	Encuesta	Lista de cotejo
	Visita a la zona donde se encuentra el prototipo de muestra del biodigestor.	Presentar las características energéticas.	Se generará una visita a un biodigestor funcionando.		Desarrollo Se realizará una visita guiada a una zona donde se cuenta con un biodigestor en funcionamiento y se explicará todo el proceso y los subproductos que se generan.			
	Analizar la producción de los subproductos del biodigestor: relación de costo-beneficio.				Cierre Al final de la visita se realizará la aplicación de la encuesta donde solo se recogerá información de que mecanismos utilizan en la agricultura tales como fertilizantes y también del gasto de gas y costos de ambos.			

Recursos:

sala de usos múltiples, cañón, *laptop*, pizarrón, plumones, hojas.

Temática	Estrategia	Ambientes del aprendizaje			Secuencia	Dimensiones del aprendizaje	Procedimiento de evaluación	Instrumento
		Información	Producción	Exhibición				
Consideraciones para la construcción y mantenimiento del biodigestor	Análisis de los manuales para que los mismos comuneros generen el propio, más práctico y fácil de entender entre ellos.	Se analizará el manual de construcción del biodigestor que el sistema.	Los comuneros participaran en la construcción de un prototipo de biodigestor.	Al final de la práctica de campo se realizará el cuestionario hacia los comuneros para recabar información de que es lo que podrían dejar de consumir que contamine al suelo y a sus productos y que lo puedan sustituir por los sub-productos del biodigestor.	Apertura El instructor tendrá en sus manos los dos tipos de manuales (construcción y mantenimiento) y tendrá que explicarlos a los comuneros repartiendo uno a cada integrante. Posteriormente se discutirá en grupo si son entendibles los manuales y en dado caso de que no sea así se proseguirá a la realización de ellos.	Aplicación de la información.	Manuales de construcción y mantenimiento.	Lista de cotejo
		Biobolsa maneja así como el manual de mantenimiento que ellos utilizan.	Así como se generarán ellos mismos el manual de construcción y manual de mantenimiento del biodigestor.		Desarrollo Si los manuales son entendibles para los comuneros se proseguirá con la construcción de el prototipo. En caso contrario se dividirán en dos grupos, con el fin de que generen los dos manuales utilizando la información de los originales.			

					Cierre	Al final de la visita se realizará la aplicación de la encuesta donde solo se recogerá información de que mecanismos utilizan en la agricultura tales como fertilizantes y también del gasto de gas y costos de ambos.			
--	--	--	--	--	---------------	--	--	--	--

Recursos::
Pala, pico, manguera de nivel, dos varillas, estiércol de ganado, agua, cubetas.
Nota: todo el demás materia será del sistema Biobolsa (biodigestor, mangueras, tubos, etc.).

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Una vez realizado el trabajo, y con base en la hipótesis que a la letra dice: “El biodigestor es una alternativa técnica sostenible viable por el potencial en el uso de residuos del ganado, en la generación de subproductos como biogás y biol; así como de la facilidad de construcción en la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro”, se concluye que esta conjetura es posible de ser desarrollada ya que se muestran los argumentos en los que el biodigestor representa una alternativa técnica sostenible por sus características tales como: construcción accesible en términos de construcción y costo; los propios comuneros pueden financiar y erigir el diseño que se plantea para las condiciones socio ambientales de la comunidad. De manera paralela cabe mencionar que la forma de organización de la comunidad permite contar con los insumos que garantizaran el funcionamiento de los biodigestores, debido a que la productividad promedio requerida para la producción de biogás es de 37 kg/día. Y los insumos con los que cuenta la comunidad exceden este requerimiento. Respecto de las condiciones ambientales cabe señalar que la comunidad reúne con las características climatológicas que se requiere para la rápida fermentación de las excretas. En términos de costo por transporte de esta es viable puesto que la propuesta de establecimiento de los biodigestores propiamente se dan *in situ*, donde se generan las excretas. En términos sociales la comunidad ha sido vista como un ejemplo de manejo sustentable del recurso forestal, incluso sus prácticas de producción han sido innovadoras y sustentables al mismo tiempo, además que éstas han generado un impacto en la calidad de vida de los comuneros. Entonces esta otra práctica sustentable evidencia la cultura organizacional hacia la sustentabilidad que promueven los comuneros. Por señalar un ejemplo la comunidad consume sus propios productos: agua, muebles, telecable, transporte, fertilizantes, y el biogás sería uno más de consumo interno y posiblemente en un futuro como un producto para comercializar. En tal sentido, una vez que se muestra esta viabilidad es posible introducirla con facilidad con un Programa de Educación que trascienda en los comuneros para que visualicen los alcances y las

limitantes de esta técnica, para ello se propone un conjunto de estrategias de aprendizaje que incidan en la toma de decisiones para integrar dicha técnica.

Es preciso señalar que esta conclusión se basó en el conocimiento de las características de los biodigestores que muestran a través de un diagnóstico FODA la viabilidad de introducción. Para lo cual se rescata que las fortalezas y oportunidades son más representativas y fáciles de realizar, por el contrario las debilidades y amenazas son menores respecto de las primeras. Esta radiografía permite argumentar la viabilidad de la introducción de la técnica.

La anterior precisión es posible gracias a la concreción, es decir, a las características de los biodigestores, las cuales técnicamente muestran la facilidad de instalación, mantenimiento y proceso de extracción biogás y biofertilizante; respecto de la operación es factible alimentar el biodigestor de manera manual, por lo que no es necesario depender de otra tecnología. En cuanto a los recursos humanos requeridos, son mínimos: en la instalación se necesitan de dos a cuatro y en la producción y mantenimiento uno como máximo, ocho horas de trabajo diarias.

Respecto del Programa de Educación Ambiental se está convencido de que la educación es el instrumento o vehículo que permite mostrar contextos de aprendizaje que puedan influir y trascender en la vida de los comuneros, para ello se retoman las teorías del aprendizaje que orientan además de un seguimiento pedagógico de este proceso la integración de la propuesta técnica en la vida cotidiana.

Recomendaciones

Se reconoce que los tiempos institucionales en muchas de las ocasiones no corresponden a los tiempos de las organizaciones. Esta preocupación se explicita ya que la propuesta de educación para su desarrollo implica incorporarla en la planeación de la comunidad. Por ello, el trabajo finaliza con la propuesta de programa de educación, por lo que se espera su aplicación en tanto las autoridades de la comunidad lo integren a su agenda de trabajo. En este proceso de gestión, la asamblea ha aceptado la propuesta educativa para los comuneros que trabajan en los ranchos ganaderos y a idea es que ellos conozcan la viabilidad de la técnica.

Además, se busca que en la comunidad; tanto los comuneros como sus representantes tengan la apertura para incluir tecnologías o prácticas innovadoras, por tal motivo es recomendable que se le de seguimiento a este proyecto, y que se genere una colaboración entre la Facultad de Planeación Urbana y Regional con la Comunidad Indígena, para que se generen nuevos proyectos.

Anexos

Anexo A



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional



Licenciatura en Ciencias Ambientales



Instrumento para la recolección de información del trabajo:

“El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción de biogás en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán”

Ejes de Responsabilidad Social:		Encuesta para comuneros		
Social: 1.- Organización de la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro 2.- Educación Ambiental 3.- Gestión Social del Conocimiento 4.- Manejo de Residuos		Nombre:		
		Edad:		
Objetivo: Identificar la percepción para la introducción de biodigestores en la Comunidad Indígena Nuevo Sana Juan Parangaricutiro.		Siempre	Algunas veces	Nunca
Instrucciones: Coloca una “X” sobre el número con la opción elegida.				
1	La asamblea...			
	...Se integra de una manera democrática.	1	2	3
	...Establece objetivos realistas que se puedan llevar a cabo con las actividades que se desarrollan en la comunidad.	1	2	3
	...Lleva a cabo reuniones periódicas para verificar el desarrollo de la comunidad.	1	2	3
	...Solicita de buena forma el cumplimiento del trabajo por parte de los comuneros.	1	2	3
	...Promueve cursos de capacitación para la comunidad con asesoría externa sin importar el puesto de trabajo.	1	2	3
	...Ofrece cursos de capacitación a todos los comuneros sin importar su puesto de trabajo.	1	2	3
	...Se muestra interesada en sus problemas para desarrollarse profesional y personalmente.	1	2	3
	...Le mantiene informado sobre los acontecimientos actuales que tengan que ver con las actividades que desarrolla.	1	2	3
	La población colabora con los proyectos que tiene la comunidad.	1	2	3
2				
	La asamblea incorpora de manera expresa la Educación Ambiental en los proyectos de la comunidad.	1	2	3

	Las políticas ambientales se respetan de acuerdo a objetivos generales y principios de acción respecto al medioambiente.	1	2	3
	La asamblea busca oportunidades de colaboración con algunas asociaciones en defensa del medio ambiente.	1	2	3
	Los cursos de capacitación que recibe son eficientes para la realización de su trabajo.	1	2	3
	Se toman en cuenta los problemas reales de la comunidad para la impartición de cursos.	1	2	3
	Existen actividades de promoción y difusión con base en la educación ambiental por parte de la asamblea para la población.	1	2	3
	Está interesado en aprender más sobre la educación ambiental.	1	2	3
	Considera que la educación ambiental es la base fundamental para el buen desempeño de la comunidad.	1	2	3
	Son las prácticas dentro de la comunidad socialmente útiles y responsables.	1	2	3
3				
	Considera que los integrantes de la asamblea son los más adecuados para la toma de decisiones.	1	2	3
	La Comunidad establece alianzas con otros actores (gobierno, empresas u ONG) para introducir nuevas tecnologías.	1	2	3
	La comunidad cuenta con investigaciones orientadas al desarrollo social y la sustentabilidad ambiental, Educación ambiental y nuevas tecnologías.	1	2	3
	La asamblea difunde sus investigaciones fuera de la comunidad.	1	2	3
	Se permite que los comuneros opinen en los temas de investigación para la toma de decisiones en beneficio de la comunidad.	1	2	3
	Los proyectos que se aprueban dentro de la asamblea se especifican como de corto, mediano y largo plazo.	1	2	3
	Los comuneros participan en la introducción de las tecnologías acordadas.	1	2	3
	Los resultados de las investigaciones dentro de la comunidad se utilizan en beneficio de ésta o de otras comunidades.	1	2	3
	La Comunidad promueve los valores en todas las actividades.	1	2	3
4				
	El gasto mensual en la compra de gas entra en el rango de 200 a 500 pesos.	1	2	3
	Hay alguien en la comunidad interesado en darle algún manejo a las excretas.	1	2	3
	El rango de cabezas de ganado siempre es el mismo en el transcurso del año.	1	2	3

La cantidad de excretas del ganado varía entre 8 - 40 kilos diarios por cabeza.	1	2	3
Considera los desechos de los animales como una fuente de enfermedades.	1	2	3
Le da algún uso a las excretas del ganado.	1	2	3
Existe un lugar específico en donde se apilen las excretas.	1	2	3
Estaría dispuesto a darle un mejor uso a los desechos de sus animales y que así se disminuya su gasto en el consumo de gas y en fertilizante.	1	2	3
Utiliza algún tipo de fertilizante químico en la producción de las huertas.	1	2	3
Había usted escuchado información sobre la producción de biogás a través de la utilización de estiércol de ganado.	1	2	3

Observaciones

Aproximadamente cuántas cabezas de adultos, becerros y de mediana edad tiene.	
El estiércol de ganado se puede utilizar para producir gas, había usted escuchado sobre esto.	
Aparte del gas utiliza alguna otra fuente de energía.	

Anexo B

Introducción a los biodigestores y conceptos generales

I.I Conceptos básicos

Biodigestor

Compartimiento cerrado en el que se fermenta la materia orgánica mezclado con agua, produciendo Biogás y Biol.



Biogás

Mezcla de gases producida en ambiente anaerobio por bacterias.

Biol o fertilizante

Fertilizante natural rico en nutrientes y activo como mejorador de suelos.

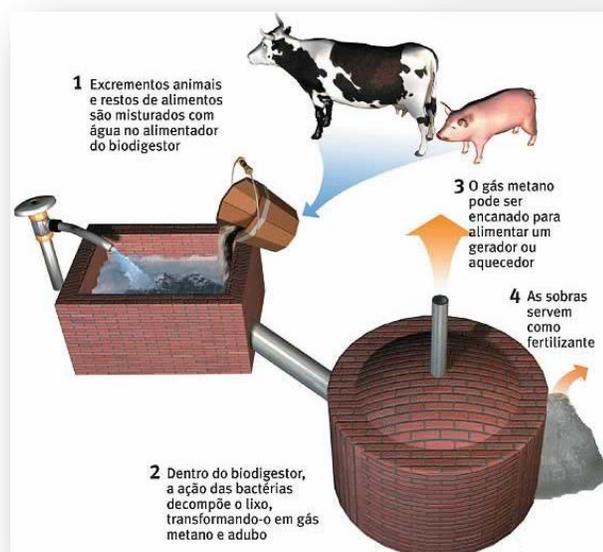
Materia Prima

El excremento de los animales que alimenta al biodigestor.



Ambiente anaerobio

Ambiente libre de oxígeno.



I.II Conociendo el biodigestor

Zona de Recolección (A)

La zona de recolección de estiércol puede ser el piso del establo, el piso de la zona de ordeña, o cualquier otra zona donde se juntan los desechos de los animales. El piso deberá ser de cemento o algún otro material rígido para fácil recolección.

Registro y Tubo de Entrada (B)

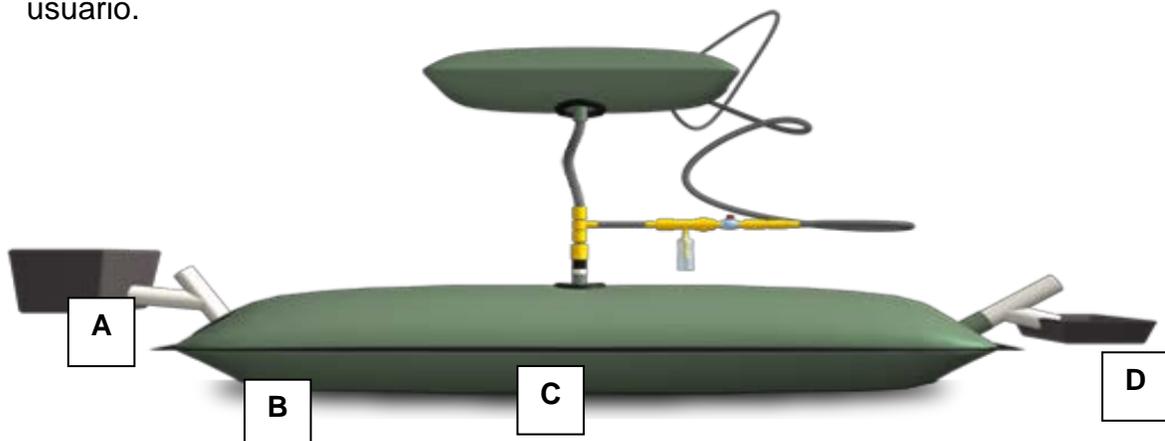
El registro es el contenedor a donde se deposita la materia prima mezclada con agua. El Registro se conecta con tubería de PVC de 4" al tubo de entrada del biodigestor mediante una "Ye"

El Reactor (C)

El reactor está hecho de polipropileno reforzado y todas sus juntas van soldadas. El reactor incluye dos "mangas" con tubería de PVC de 4" o 6" para entrada y salida en los extremos, y en el centro una manga con tubería de PVC de 2".

Tubo de Salida y Contenedor de Biol (D)

Uno de los tubos de 4" o 6" en el reactor será la salida del biol. Este se deberá guiar hacia un contenedor con capacidad para recibir, almacenar y administrar el biol. Los excedentes del biol pueden rebosarse al drenaje si así lo desea el usuario.



Fuente: Sistema BIOBOLSA.

Reservorio (1)

Este es un contenedor fabricado del mismo material que el Reactor. Es utilizado para almacenar biogás adicional. Cuenta con una “manga” y tubería de 2” y una espiga para conectar a manguera. Este se puede conectar a la espiga que apunta al cielo de la “parte A” del sistema de manejo de gas, o posterior a la “parte 2”, con una “T” en la línea de gas.

Uso de Biogás (2)

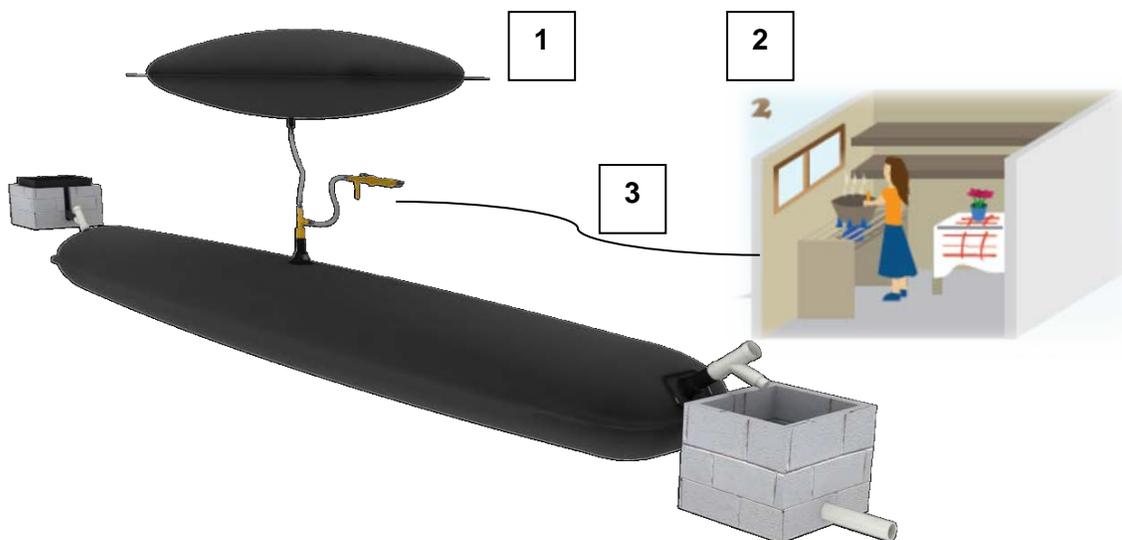
El biogás puede utilizarse en un quemador en la cocina, en un calentador de leña, en un motogenerador eléctrico.

Línea de Gas (3)

La Línea es manguera flexible que por un lado se conecta a la “parte B” del Sistema de Manejo de Gas, y por el otro lado se conecta al punto donde se utilizará el gas, que puede ser un quemador, un motogenerador eléctrico, una lámpara, etc. Esta línea puede tener derivaciones a más de un punto de utilización del gas.

Protección

Es importante proteger el biodigestor; con una cerca para evitar que se metan los niños y los animales, y con algún tipo de techo para evitar inundación en la zanja.



Fuente: Sistema BIOBOLSA.

Anexo C

Dimencionamiento sistema Biobolsa

Modelo de Producto	Volumen Líquido (m3)	Dimensiones			bovino (mezcla con agua 1:3)											
		Largo de Zanja (m)	Ancho de Zanja (m)	Profundidad de Zanja (m)	Trópico (23+ C)				Centro (15-23 C)				Altiplano (10-15 C)			
					SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*	SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*	SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*
BB4	4,1	5,8	1,3	0.60 +	37	2	147	1,5	25	1	98	1,0	15	1	59	0,6
BB6	6,1	8,5	1,3	0.60 +	54	3	216	2,2	36	2	144	1,4	22	1	86	0,9
BB8	8,1	11,0	1,3	0.60 +	72	4	288	2,9	48	3	192	1,9	29	2	115	1,2
BB10-s	10,1	13,5	1,3	0.60 +	90	5	360	3,6	60	3	240	2,4	36	2	144	1,4
BB10-d	10,4	4,6	2,6	1.2 +	93	5	371	3,7	62	3	247	2,5	37	2	148	1,5
BB12	12,0	5,1	2,6	1.2 +	107	6	428	4,3	71	4	285	2,9	43	2	171	1,7
BB16	16,0	6,7	2,6	1.2 +	143	8	571	5,7	95	5	381	3,8	57	3	229	2,3
BB20	20,1	7,9	2,6	1.2 +	179	9	717	7,2	119	6	478	4,8	72	4	287	2,9
BB25	25,2	9,5	2,6	1.2 +	225	12	901	9,0	150	8	601	6,0	90	5	360	3,6
BB30	33,3	12,0	2,6	1.2 +	286	15	1143	11,4	190	10	762	7,6	114	6	457	4,6
BB40	40,1	BB20 x 2			358	19	1433	14,3	239	13	955	9,6	143	8	573	5,7
BB50	50,5	BB25 x 2			448	24	1794	17,9	299	16	1196	12,0	179	9	718	7,2

Código de Producto	Volumen Líquido (m3)	Dimensiones			porcino / ovino / conejo (mezcla con agua 1:5)											
		Largo de Zanja (m)	Ancho de Zanja (m)	Profundidad de Zanja (m)	Trópico (23+ C)				Centro (15-23 C)				Altiplano (10-15 C)			
					SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*	SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*	SOLIDO S por día	Cubetas de 19L	Producción de Biol (L/día)	Producción de Biogás (m3)*
BB4	4,1	5,8	1,3	0.60 +	25	1	98	1,4	16	1	66	0,9	10	1	39	0,5
BB6	6,1	8,5	1,3	0.60 +	36	2	144	2,0	24	1	96	1,3	14	1	58	0,8
BB8	8,1	11,0	1,3	0.60 +	48	3	192	2,6	32	2	128	1,8	19	1	77	1,1
BB10-s	10,1	13,5	1,3	0.60 +	60	3	240	3,3	40	2	160	2,2	24	1	96	1,3
BB10-d	10,4	4,6	2,6	1.2 +	62	3	247	3,4	41	2	165	2,3	25	1	99	1,4
BB12	12,0	5,1	2,6	1.2 +	71	4	285	3,9	48	3	190	2,6	29	2	114	1,6
BB16	16,0	6,7	2,6	1.2 +	95	5	381	5,2	63	3	254	3,5	38	2	152	2,1
BB20	20,1	7,9	2,6	1.2 +	119	6	478	6,6	80	4	318	4,4	48	3	191	2,6
BB25	25,2	9,5	2,6	1.2 +	150	8	601	8,3	100	5	400	5,5	60	3	240	3,3
BB30	33,3	12,0	2,6	1.2 +	190	10	762	10,5	127	7	508	7,0	76	4	305	4,2
BB40	40,1	BB20 x 2			239	13	955	13,1	159	8	637	8,8	96	5	382	5,3
BB50	50,5	BB25 x 2			299	16	1196	16,4	199	10	797	11,0	120	6	478	6,6

* Los m3 de biogás son un promedio bajo condiciones estándar de manejo del biodigestor.

Anexo D Glosario

Deyecciones: Se definen como el producto que surge de la mezcla de orina con las excretas del ganado.

Monómeros: Compuestos de bajo peso molecular que pueden unirse a otra molécula pequeña (ya sea iguales o diferentes) para formar macromoléculas de cadenas largas comúnmente conocidas como polímeros.

Microorganismo mesofílico: Aquel cuya temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 20 y 37°C.

Microorganismo termofílico: Aquel cuya temperatura óptima de crecimiento se encuentra por encima de los 50°C.

Estiércol limpio: sin tierra, sin rocas, sin medicamentos antibacteriales, sin exceso de zacate.

Representación enactiva: Consiste en representar cosas mediante la reacción inmediata de la persona. Este tipo de representación ocurre marcadamente en los primeros años de la persona, y Bruner la ha relacionado con la fase senso-motora de Piaget en la cual se fusionan la acción con la experiencia externa.

Representación icónica: Consiste en representar cosas mediante una imagen o esquema espacial independiente de la acción. Sin embargo tal representación sigue teniendo algún parecido con la cosa representada. La escogencia de la imagen no es arbitraria. Biografía Jérôme Seymour Bruner.

Representación simbólica: Consiste en representar una cosa mediante un símbolo arbitrario que en su forma no guarda relación con la cosa representada. Por ejemplo, el número tres se representaría icónicamente por, digamos, tres bolitas, mientras que simbólicamente basta con un 3. Biografía Jérôme Seymour Bruner.

Estructura cognitiva: Conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento así como su organización.

Bibliografía

1. Aguilar, H. y M. A. Torres. 2000. Aprovechamiento de desechos orgánicos por medio de biodigestores anaerobios como alternativa para el desarrollo de las comunidades rurales en Chalco; Estado de México. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Campus Aragón.
2. Alcalde, S. M. 2009. Estudio técnico en la implementación de biodigestores en zonas rurales del estado de México a partir de desechos orgánicos. Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.
3. Díaz Barriga, F. 1999. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructiva. McGRAW-HILL, México.
4. Barton, B. D. y L. M. Pérez. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias.
5. Botero, R. y T. R. Preston. 1987. Biodigestores de bajo costo para la producción de combustibles y fertilizante a partir de excretas. "manual para su instalación, operación y utilización". (PDF). (fecha de consulta: 7 de junio del 2011).
6. Beteta, T. Gonzalez Sobalvarro, J.A. 2005. Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos Managua, Nicaragua. (PDF). (fecha de consulta: 10 de octubre del 2011).
7. Chan, T. 2000. Guía para la elaboración de materiales orientados al aprendizaje autogestivo. (PDF). U de G. (fecha de consulta: 20 de junio 2012).
8. Corporación Autónoma Regional del Cauca. 1987. Difusión de la tecnología del biogás en Colombia Proyecto GTZ-CVC-OEKOTOP. (PDF). Documentación del Proyecto. Cali (fecha de consulta: 14 de Febrero de 2012).
9. Figueroa, B. 1983. Experiencia con el uso de los residuos en la agricultura de México, Boletín de suelos de la FAO #51, Roma.

10. Hungerford, H. R., Richard Wilke, R. Ben Peyton, 2007. Estrategias para la formación del profesorado en educación ambiental.
11. Martínez, A. D. 2008. Utilización de biodigestores para la reducción de gases de efecto invernadero. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería.
12. Navarrete, F. 2008. Los Pueblos Indígenas de México. (PDF) CDI, México. (fecha de consulta: 20 de agosto de 2011).
13. Ramelli, S. 2009. Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios pequeños productores lecheros. ODEPA.
14. Rodríguez, C. 2002. Residuos ganaderos Cursos de Introducción a la Producción Animal. (PDF). FAV, UNRC. (fecha de consulta 14 de junio de 2012).
15. Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro Michoacán, MEXICO Certificado # SW-FM/COC-101 Fecha de Certificación: Febrero 2000 Tipo de Bosque: Bosque Secundario. Coníferas Actualizado por vía de las Auditorias Anuales: 2000, 2001 y 2002.
16. Robertson. 1977. Investigation Farm Wastes Hand Book. (PDF).
17. Solari, G. Proyecto de construcción de un sistema de digestión Batch de 10 m³ de capacidad para la producción de biogás utilizando los residuos vacunos del I Fondo Agropecuario de la Universidad Alas Peruanas. 2004. Tesis. Universidad Alas Peruanas.
18. Preston, T. R.. 2005. Los biodigestores en los sistemas agrícolas ecológicos. (PDF). LEISA Revista de Agroecología. (fecha de consulta: 23 de junio de 2011).
19. Universidad Pedagógica Nacional. 1994. Antología básica. El niño: Desarrollo y proceso de construcción del conocimiento, Lectura: La teoría de Piaget. Licenciatura en educación plan 1994. México.

20. Velázquez, A. Alejandro Torres y Gerardo Bocco, 2003. Las enseñanzas de san Juan investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. (PDF). (fecha de consulta 5 de abril de 2011).
21. Young, M. 1986. Digestores anaerobios criterios de selección, diseño y construcción, ed. Ortiz, Mexico.
22. González, E. 2005. Variación del pH durante los procesos anaerobios de emisión de metano por el secado y la fermentación de excretas de ganado bovino en el centro de México. Instituto Mexicano del Petróleo.

Páginas de internet

23. Delors, J. 1994. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI, http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF. (fecha de consulta 7 de agosto de 2011).
24. Emison. (en línea). www.emison.com. (fecha de consulta: 14 de junio de 2011).
25. Bavera, G. A. y colectiv. 2001 – 2012. (en línea). www.produccion-animal.com.ar. (fecha de consulta 24 de junio de 2011).
26. González-Ávalos, E. y R. Longoria-Ramírez. 2005. Variación del pH durante los procesos anaerobios de emisión de Metano por el secado y la fermentación de excretas de ganado Bovino en el centro de México Rev. Int. Contam. Ambient. http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/rica/acervo/vol_21_4/1.pdf. (fecha de consulta 10 de abril de 2011).
27. Hernández, V. Hacen energía con estiércol. Tecnología | el sistema que les representará un ahorro por 60 mil pesos mensuales. 2007. (en línea) <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/265559.hacen-energia-con-estiercol.html>. (fecha de consulta: 13 de abril de 2011).
28. La comunidad modelo de Nuevo San Juan Parangaricutiro. (en línea). http://www.era-mx.org/Estudios_y_proyectos/RecupBosq/. (fecha de consulta: 13 de abril de 2011)

29. Lugones, B. 1998. Análisis de biodigestores. (en línea) <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia22/html/articulo04.htm>. (fecha de consulta 15 de junio de 2011).
30. Programa 21. 2009. (en línea). http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/. (Fecha de consulta 18 de noviembre 2011).
31. <http://elcentro.uniandes.edu.co/equipo/miembros/anfore/bruner.htm>. (fecha de consulta 10 de abril de 2011).
32. Instituto Nacional de Ecología. 2007. (en línea) <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap5.html>. (fecha de consulta 8 de junio de 2011).
33. (http://www.era-mx.org/Estudios_y_proyectos/RecupBosq/, fecha de consulta 25 agosto, 2011).
34. <http://www.monografias.com/trabajos43/piaget-ausubel-vygotsky/piaget-ausubel-ygotsky.shtml>. (fecha de consulta 7 de agosto de 2011).
35. Taxonomía de Bloom aplicada. 2011. (en línea) <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3> (fecha de consulta 8 de agosto de 2011).
36. Educación ambiental, esencial en San Juan Nuevo. 2011. (en línea) <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=62773> (fecha de consulta 23 de noviembre del 2011).
37. Textos científicos. com. Sáb, 26/11/2005 (en línea) <http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion> fecha de consulta 18 de agosto del 2011).
38. Planes estatales de educación, capacitación y comunicación ambientales. Compilación volumen 1. 2006. (En línea) <http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Documents/planes.v2.pdf> SEMARNAT. (fecha de consulta 23 de noviembre del 2011).

