



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**



**DIVISION DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**EL BIOGÁS UNA OPCIÓN REAL PARA EL DESARROLLO RURAL  
EN MÉXICO: TECNOLOGIA EN PROCESO DE ADOPCIÓN.**

**Presenta:**

**Erik Brigadiel Guzmán Pérez**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN**

**Asesor: Dr. Juan Carlos Zúñiga Enríquez**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. 16 de Marzo de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISION DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

EL BIOGÁS UNA OPCIÓN REAL PARA EL DESARROLLO RURAL EN  
MÉXICO: TECNOLOGIA EN PROCESO DE ADOPCIÓN

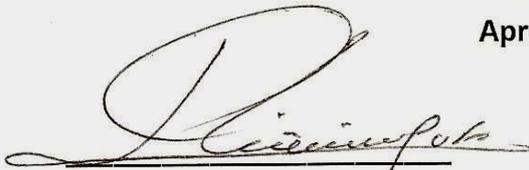
Por:

Erik Brigadiel Guzmán Pérez

QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por:



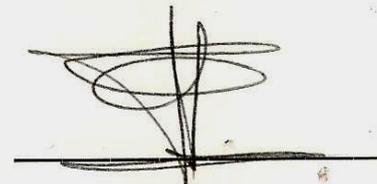
Dr. Juan Carlos Zúñiga Enriquez  
PRESIDENTE DEL JURADO



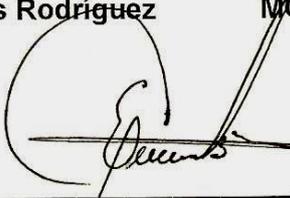
Dr. Ramiro López Trujillo  
SINODAL



Dr. Ana Verónica Charles Rodríguez  
SINODAL

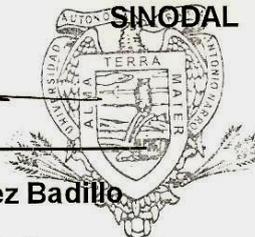


MC. Roberto Espinoza Zapata  
SINODAL



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía



## **DEDICATORIA**

### **A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.**

Por formar profesionistas que beneficien a la sociedad y no por los bienes que puedan recibir de ella.

### **A MI SEÑOR PADRE EVIGILIO GUZMAN ROBLERO (+).**

Que se nos adelantó en este viaje y quien me formo con valores, ética y moral para integrarme a la humanidad, exiliado por siempre en la memoria la entrañable transparencia, de tu querida presencia padre.

### **A MI SEÑORA MADRE HERLINDA PEREZ LOPEZ.**

Quien ha sido el cimiento más fuerte de la familia y por que a ella le debo la grandiosa oportunidad de pisar este mundo y admirar lo infinito del universo, le expreso un amor infinito, con los sentimientos más profundos de humanidad.

### **A MIS HERMANOS ANTONIO, JOSE, LIDIA, CAROLINA, EGGLEDEIM Y YURI.**

Es grato y extenso recordarles que los quiero con la misma medida y que en estos años hemos explorado y consolidado la integración de nuestra familia construido a base de amor, respeto, paz y libertad.

### **A MIS SOBRINOS YULIANA, JOSE FRANCISCO, MAITE Y VALENTINA.**

Por prender esa chispa de la felicidad y hacer más radiante el hogar donde se forjara su futuro. Por que en ellos se desvela el mañana.

### **A MIS CUÑADOS ANDINA Y JOEL.**

Por sus muestras de humildad y sencillez.

### **A LA FAMILIA GUZMAN PEREZ.**

Máximo respeto para ellos, por siempre estar ahí, por tener siempre el espíritu de lucha y la esperanza de un mundo mejor.

### **A LA FAMILIA PEREZ LOPEZ.**

Por trazar la ruta de mis preciados orígenes, al igual que pájaros y encinos arraigan en lo profundo y devolverme la idea que en el alma radica la esencia y no en andar presumiendo.

### **A MI ASESOR DE TESIS DR. JUAN CARLOS ZUÑIGA ENRIQUEZ.**

Por la calidad de ser humano que representa su persona, por compartir su amistad y conocimientos.

## **A LOS PROFESORES SINODALES.**

Por el apoyo a este proyecto.

**A LA BANDA DEL 5 DE MAYO BOSHER, MANOTAS, GARRIS, FATIGA, CUSCO, INDIO, SHORY, RENACUAJO, CHUTASO, GREGORY, SHYMY, PATO Y OTO.**

Quienes en estos últimos años les ha florecido un despertar de conciencia, humanidad y una inquietud por la verdadera razón del existir, actuar y pensar. Por felices y divertidos momentos salud a ellos.

## **AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACION.**

Elier (frijol), Santiago (gusano), Agustín (guten), Alfredo (flatishtan), Alejandro (tío conejo), Gibran (puerquibrán), Adrian (rondallo), Zoyla (tuuu), Eden (gordo) y por mencionar al resto, por hacer mas agradable y ameno el ambiente universitario.

## **A QUIENES INTEGRARON LA YA DESAPARECIDA (CDE).**

Por ser ese punto de transición ideológica, ese rincón de esperanza situado en algún lugar de este planeta y tener un incansable aliento de lucha. Por siempre mantenerse en resistencia y rebeldía por la humanidad, VALE Y SALUD desde algún lugar. Exiliados por siempre en la memoria.

## **AL EJERCITO ZAPATISTA DE LIBERACION NACIONAL (E Z L N).**

Por reivindicar la voz de los sin voz, la lucha contra la historia, el mal gobierno, por el ya basta, devolver la identidad a los pueblos indios, la enseñanza del mandar obedeciendo, gritar que el pueblo es el que manda y el gobierno obedece, luchar por la patria y morir por la libertad y recordarle al mundo que a la utopía solo llega si se suda. Por hacernos sentir las declaraciones de la selva lacandona, salud a ellos y ellas por que de sus desvelos también se nacerá el futuro.

**¡¡¡¡¡¡¡¡ TODOS SOMOS MARCOS!!!!!!**

**¡LIBERTAD! ¡JUSTICIA! ¡DEMOCRACIA!**



## **AGRADECIMIENTOS.**

### **A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.**

Por cobijarme y pulirme en el proceso de formación y desarrollo intelectual.

### **A MIS PADRES.**

Por las grandes muestras de cariño, apoyo, comprensión y flexibilidad en estos años vividos. Por que no hay idea concebida en el universo que describa la magnificencia de sus integras personalidades, por darme la vida y atreverse a ser diferentes.

### **A MIS HERMANOS.**

Por ese desenfrenado creer en mí y el apoyo desmesurado, tanto moral y económicamente, a ellos que mi formación represente un tributo metafórico. Por compartir cada instante y coincidir en medio de tantos siglos, espacio y mundos.

**Tono, Chepe y Gregory:** por comportarse a la altura de las circunstancias, por transmitirme ese legado y ocio de cultivar la tierra.

**Lidia, Carito, e, Ica:** por ser ejemplo y reto de superación, demostrar que los tiempos han cambiado, que hoy se cocina una mejor y nueva mujer, que desafía la postura y evade la estupidez humana.

“Gracias por ser mis hermanos, tan especial es el sentimiento como la sensación de sentirlo en la alegría de ustedes.”

### **A MI ASESOR Y AMIGO. DR. JUAN CARLOS ZUÑIGA ENRIQUEZ.**

Gracias por todo el apoyo, comprensión y la confianza que deposito en estos años, por el grado de accesibilidad, sus gestos de humanidad, su creer y todos esos instantes plétóricos tan llenos de conocimientos, sabiduría y cultura.

Por la paciencia y el apoyo para culminar esta investigación. Gracias mil, mil gracias, con los sentimientos más profundos de humanidad

### **A LOS CATEDRATICOS DE LA UAAAN.**

Salvo algunas excepciones, gracias por dar y enseñar su mejor nivel de conocimientos.

### **A COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

Por la plasticidad e identidad que cada uno mostro en esta travesía, llena de ventajas y desventajas, de sentimientos encontrados, realidades que empalman.

## INDICE

	PÁGINA
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
Justificación.....	4
Hipótesis.....	4
Objetivo general.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
La geopolítica como antecedente de la seguridad energética.....	5
El concepto de seguridad nacional en México.....	7
Elementos claves de la Seguridad Energética Nacional.....	10
Biodiversidad y desarrollo sustentable.....	12
Energías renovables para el desarrollo sustentable en México.....	15
Energía solar.....	17
Energía eólica.....	18
Energía hidráulica.....	19
Energía geotérmica.....	20
Bioenergía.....	21
Proyectos en México.....	22
Situación actual de la leña.....	23
Situación de la leña en México.....	25
El consumo de la leña en México.....	27

Historia del biogás.....	31
Definición del biogás.....	32
Composición y características del biogás.....	32
Ventajas del biogás.....	33
Usos del biogás.....	34
Disponibilidad de materia prima.....	35
Producción de metano.....	35
La situación en México.....	36
MATERIALES Y METODOS.....	38
RESULTADOS.....	39
Contexto situacional teórico para el desarrollo tecnológico del biogás en las zonas rurales marginadas de México.....	39
Líneas de intervención de la información del biogás.....	40
El biogás como tecnología socialmente apropiada para la generación de energía en las zonas rurales de México.....	41
Condiciones que favorecen el desarrollo tecnológico del biogás en México.....	42
El caso del rancho la perla en Fresnillo Zacatecas.....	43
Características de las áreas rurales marginadas de México y el biogás como una opción real.....	44
Materia prima existente.....	46
El problema de la energía en el sector rural marginado.....	47
Recursos con los que cuenta el área rural de México.....	48
Impacto del biogás en las familias rurales.....	49
Formas de aprovechar el biogás en las zonas rurales.....	52

Impacto en la escala regional rural.....	53
El proceso de adopción del biogás.....	55
Beneficios y particularidades.....	59
Ventajas.....	59
Desventajas.....	60
Resultados a corto, mediano y largo plazo.....	60
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	62

#### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 composición del biogás.....	33
--------------------------------------	----

#### INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema básico de la evolución de un pueblo hacia una nación en desarrollo y en armonía para garantizar seguridad nacional.....	8
Figura 2 Evolución de reservas de hidrocarburos (1982-2007).....	10
Figura 3 Producción de petróleo crudo.....	11
Figura 4 impacto de la energía en los hogares.....	29
Figura 5 Escala de uso de la energía.....	30
Figura 6 Posibles usos del biogás.....	34

## RESUMEN

El biogás es una opción real en la oferta de energías sustentables, con sustanciales ventajas comparativas respecto de otras fuentes, además de contribuir a la disminución de combustibles fósiles, reduce el efecto invernadero, el calentamiento global y denota el crecimiento de la economía nacional principalmente en las sociedades rurales marginadas.

La importancia del biogás, radica en el hecho de que México se proyecta ya como un país con deficiencia en la producción de gas, entonces, una de las alternativas más viables es invertir en el Biogás que puede producirse en los rellenos sanitarios o en biodigestores utilizando la biomasa con los mismos fines, ya que es aquí donde existen una gran cantidad de desechos orgánicos húmedos, que son elementos básicos en la producción de metano y bióxido de carbono, y que desafortunadamente son desaprovechados en la actualidad desde el punto de vista ambiental, físico, moral, psicológico y económico.

En el desarrollo de la presente investigación se analiza la posibilidad de instalar una planta piloto de biogás en el rancho La Perla ubicado en el municipio de Fresnillo Zacatecas donde la capacidad de almacenamiento de estiércol de ganado, ha despertado el interés en darle un uso eficiente. En este rancho se cuenta con la materia prima suficiente para el abastecimiento de la planta. Con el establecimiento de dicha planta se generarían múltiples ventajas y oportunidades para sus diversos usos, tales como electricidad, gas para el consumo del hogar e invernaderos, así mismo se fortalecería la seguridad rural y nacional, además de la seguridad energética del país, tomando como ejemplo la iniciativa de este rancho a partir de observaciones, se tiene como objetivo divulgar información a los diferentes estratos sociales de México, siendo el medio rural donde se presentan una serie de desventajas, debido a la falta de información e incentivos económicos para desarrollar este tipo de tecnología, que traería consigo una serie de beneficios y oportunidades para las familias rurales marginadas.

## INTRODUCCIÓN

En México se ha iniciado el intercambio de bonos por emisiones a la atmósfera a raíz del protocolo de Kyoto que pretende la reducción de gases invernadero como el metano producido en las instalaciones ganaderas. Se considera que los establos son una fuente rica para producción de energía a través de la generación de metano el cual se puede transformar en bonos verdes que pueden entrar en el comercio de emisiones o bien puede transformarse en energía eléctrica.

La generación y uso de biogás como fuente de energía renovable, es una opción con garantía de rentabilidad, pues no sólo resuelve un problema ambiental al momento de reutilizar materia orgánica sino que permite a las instalaciones ganaderas un ahorro económico al volverse auto sustentable en energía eléctrica y/o calorífica. El reaprovechamiento económico del metano generado por los residuos puede colaborar en la reducción de la emisión de gases invernadero. Así mismo, puede contribuir a reducir el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles lo cual trae consigo la adopción de tecnologías de acuerdo a las posibilidades de los productores para el aprovechamiento de los residuos. Sin embargo, este reaprovechamiento solamente resulta viable en determinadas situaciones, en donde exista una alta tasa de producción, aliada a una demanda de esta energía producida, justificada en términos de costo-beneficio (CETESB, 2002).

El biogás puede considerarse como una opción real para la seguridad energética de México, a través del aprovechamiento de los recursos que se encuentra en los rellenos sanitarios de las zonas urbanas, el estiércol en los ranchos ganaderos y las biomasa en las áreas rurales, ya que estos representa una fuente alterna generadora de energía, esto sustenta la importancia de la seguridad energética para México. El biogás puede ser considerado como parte de un proyecto integral de energía, dentro de un marco globalizado mundial de la economía que buscaría la conservación de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente.

En la actualidad, en México, entre la población existe muy poca información sobre las fuentes de energías alternas, ya que no existe una divulgación masiva por parte de las dependencias públicas, es por eso que esta investigación pretende enfocarse desde un panorama general como punto de partida y centrarse principalmente en las áreas rurales de México, donde en su gran mayoría el combustible más utilizado para llevar a cabo sus actividades cotidianas es la leña, lo cual trae consigo una serie de repercusiones que influyen en el medio ambiente y la salud, por eso la producción de biogás en la escala casera es una de las vías más redituables para resolver el problema que afecta en su mayoría a las áreas rurales, no solo de México, si no a nivel Latino América.

Diferentes estudios realizados demuestran que la generación de biogás es una opción tecnológica real de seguridad energética para México. Además este recurso natural tiene grandes ventajas competitivas respecto a otros energéticos en cuanto a preservación de medio ambiente, además de ser económicamente factible para los sectores de bajos y medianos ingresos de la población rural de México. Por otro lado, esta fuente renovable de energía no pone en riesgo las reservas de hidrocarburos del país.

El problema en México, para poner en marcha tecnologías como la del biogás que benefician a las sociedades rurales se sitúa en la parte metodológica, no existen formas de divulgación y capacitación adaptadas o instauradas en la dialéctica de las identidades que se encuentran presentes en nuestro país, debido a la poca importancia que sea le ha puesto a los procesos culturales, sociales y políticos los cuales son los que determinan el proceso de desarrollo y más aun refiriéndose a desarrollo sustentable.

Palabras clave: geopolítica, biogás, leña, seguridad nacional y seguridad energética, sustentabilidad y adopción.

## **Justificación**

La investigación busca proponer soluciones a la escasa información y divulgación que existe sobre el biogás y su modelo de aplicación para zonas rurales de México, así como las posibles predicciones divergentes sobre los parámetros de adopción y apropiación de la tecnología del biogás.

Partiendo de una basta y analizada recopilación de información que describen el panorama actual de la energía y lo que representa la aplicación del modelo de producción del biogás en diferentes estructuras sociales.

## **Hipótesis**

Demostrar que la tecnología del biogás representa la mejor opción viable para impulsar el desarrollo, económico, social, y cultural en los sectores rurales marginados de México en comparación con el gas LP y la electricidad.

Que la adopción de la tecnología del biogás se lleve a cabo tanto en las familias rurales y en la escala regional.

## **Objetivo general**

Por lo anterior, el objetivo primordial de esta investigación es recabar una amplia información de la situación que guarda actualmente la producción de biogás en México, sus avances tecnológicos tanto a nivel mundial como nacional y, su efecto o impacto en el desarrollo del sector rural de nuestro país.

## REVISION DE LITERATURA

### **La geopolítica como antecedente de la seguridad energética**

La geopolítica es la ciencia que, a través de la geografía política, la geografía descriptiva y la historia, estudia la casualidad espacial de los sucesos políticos y sus futuros efectos. Algunos especialistas la definen como la ciencia que estudia la influencia del medio ambiente en el desarrollo político de una sociedad, o como la ciencia que trata de la dependencia de los hechos políticos con relación al suelo, a lo largo de los años en que se le ha aplicado, es decir desde la antigüedad y hasta la contemporaneidad, ha provisto a la humanidad tanto de momentos de gloria y esplendor como de pena y muerte (Ávila, 2009).

En todos los casos, en lo que se ha utilizado la geopolítica, se han presentado por igual genocidios dramáticos como grandes avances científicos-tecnológicos: estos últimos han permitido elevar el nivel de vida de la sociedad mundial. La geopolítica, desde la antigüedad, ha sido un referente obligatorio para los encargados de diseñar y aplicar estrategias de construcción, contención y construcción de imperios. Como se sabe, a principios de los tiempos fueron los sacerdotes y los militares los que se encargaron de usar geopolítica para extender los imperios; posteriormente fue el estado el que se ocupó de preparar las acciones bélicas o diplomáticas para mantener el poder. Finalmente, le corresponde hoy en día a las poderosas transnacionales, dirigir el quehacer geopolítico para poder aumentar sus ganancias y al mismo tiempo para imponer sus designios, sobre todo en las sociedades débiles (Ávila, 2009).

El pensamiento geógrafo-político que creó las bases de la geopolítica, tal y como la conocemos, se remota a los tiempos de los imperios griego y romano. En el siglo IV A.C., por ejemplo, fueron Herodoto, Tucídeses, Hipócrates de Coss, Platón, Aristóteles y Polibio, los primeros en incluir referencias sobre la comprensión de la incidencia del medio ambiente geográfico sobre el hombre y sus organizaciones políticas. Ese pensamiento se transmitió después a las regiones que estuvieron bajo el mandato de los imperios latinos.

Algunos imperios que se construyeron con base a esta ciencia, la que denominan como “ciencia de la Guerra” destacan por su poder y opulencia, el egipcio, el persa, el helénico, el cartaginés, el fenicio y el romano. Es en ellos donde surgen y se desarrollan las escuelas marítimas; si por el contrario estos estaban aislados en la parte continental, y requerían además de recursos naturales, mismos que se localizaban en el mar, o en otras regiones continentales, entonces surgían las escuelas terrestres. Durante varios siglos, y hasta la edad moderna, la cual de manera tentativa comienza en 1453, ambas escuelas compitieron por el poder mundial. Entre las terrestres destacan la Persa, la China y la Mongola; en las marítimas, la Árabe y la Romana. En el renacimiento, que marca el surgimiento de la edad moderna, las poderosas maquinas europeas comenzaron a desgastarse, perfilándose así los primeros Estados modernos; ellos concretan la expansión del mundo conocido, a través de los grandes descubrimientos geográficos en Asia, África y América (Ávila, 2009).

## **El concepto de Seguridad Energética en México**

En el año 2000 se acuñó en México, por parte del gobierno del presidente Fox, un lema que decía: “UN PAIS CON ENERGÍA ES UN PAIS CON FUTURO”. Esta expresión, convertida en el lema de la Secretaría de Energía para ese sexenio, indicaba la importancia que debería haber tenido el sector energético para el primer gobierno panista, como una pieza fundamental del gobierno mexicano para su desarrollo económico, lo cual no fue así.

De acuerdo con Velasco-Gamboa, (1997), seguridad nacional es un concepto vago e impreciso, pues muy pocos investigadores o personajes de la política se han atrevido a definirlo, y cuando así lo han hecho ha podido notarse titubeo o ambigüedad en sus palabras. Por tanto, es un concepto mal definido y peor entendido, obviamente mal aplicado y con resultados desastrosos, que urge aclarar.

Para Del Castillo, (1997) “la seguridad nacional mexicana no es un concepto económico, administrativo, ingenieril o comercial, sino que, más bien, es un concepto eminentemente político”.

Para Aguayo Quezada, (1990), la mejor definición es la del General Gerardo Vega, quien dice que “seguridad nacional es la condición permanente de libertad, paz y justicia social que, dentro de un marco institucional y de derecho, procuran los poderes de la federación.

En el ámbito internacional, salvaguardando la integridad territorial y ejerciendo la soberanía y la independencia; “tener una seguridad nacional implica tener democracia, justicia social, soberanía, libertad y paz y que estas la procuran los tres poderes de la federación. Sus estrategias para alcanzarlo son de tipo político, social, económico y militar para alcanzar el equilibrio dinámico entre las aspiraciones y los intereses de los diversos sectores de la población y del propio país (Dorantes Rodríguez, Rubén José, 2008).

Por lo tanto, la seguridad nacional viene siendo un objetivo permanente que debemos alcanzar como sociedad y que para lograrlo necesitamos alcanzar una serie de elementos fundamentales, agrupados de la siguiente manera: primero, políticas públicas que favorezcan y apoyen el alcance de las metas de tener democracia, justicia social, soberanía, libertad y paz y en segundo lugar, recursos naturales propios con los cuales se posibilite asegurar un ritmo estable de desarrollo económico y social sin tener que recurrir a fuentes externas para adquirirlos,(Figura 1).

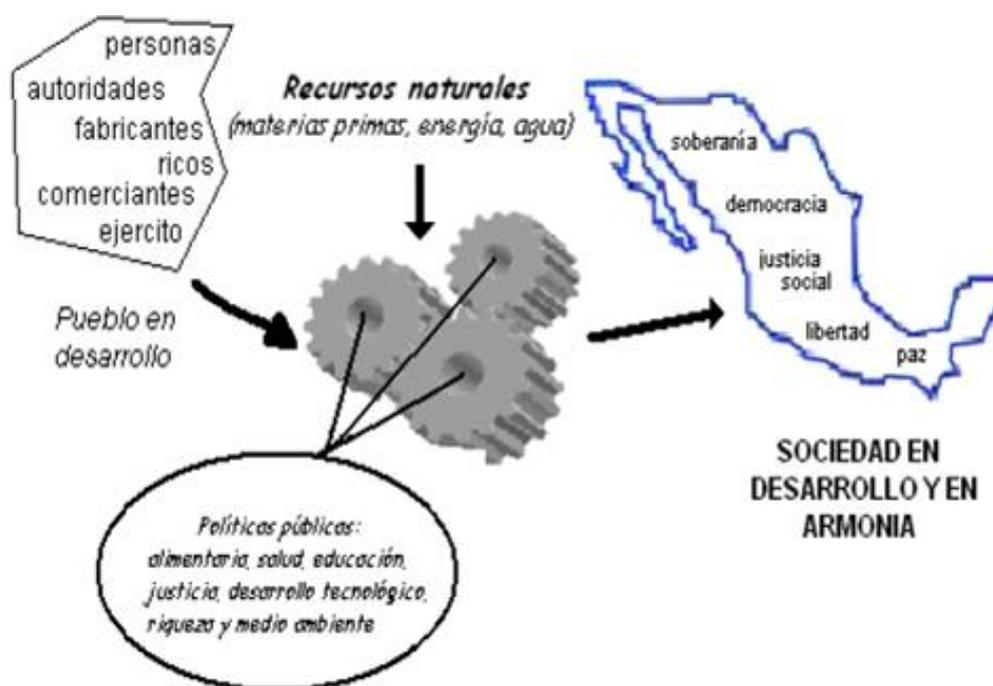


Figura 1. Esquema básico de la evolución de un pueblo hacia una nación en desarrollo y en armonía para garantizar seguridad nacional. Fuente: Las energías renovables y la seguridad energética nacional, 2008.

El gobierno actual del Presidente Felipe Calderón Hinojosa ha presentado durante 2007 una serie de documentos de prospectiva energética donde se pueden recoger algunos conceptos y objetivos, no definiciones, de lo que representa para el gobierno actual el concepto de seguridad energética.

Por ejemplo, en el documento de prospectiva del mercado de petróleo crudo 2007-2016, publicado por la Secretaría de Energía (SENER) 2007 se lee: “México es el sexto productor de crudo a nivel mundial y la relevancia de este recurso en nuestro país, es porque en él se basa la seguridad energética y con su aportación a la economía nacional, es un importante motor del desarrollo económico”. Sin embargo, en forma un tanto contradictoria, en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 se establece que “la seguridad energética es para México un objetivo central, debido a que nuestro consumo de energéticos depende, principalmente, del petróleo y del gas natural. Por ello, y con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de combustibles fósiles, es conveniente que la matriz energética incluya una mayor participación de fuentes renovables”.

En el 2005 el director de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Ing. Alfredo Elías Ayub, quien sigue al frente del cargo, presentó una definición propia de seguridad energética durante una conferencia magistral en el Congreso de la Asociación Mexicana para la Economía Energética en 2005: “se trata de la disponibilidad cierta de un suministro de energía suficiente para cubrir las necesidades del país a precios razonables, es decir, a precios que podamos pagar sin grandes trastornos en la economía nacional”.

Definiciones que divagan y no enfrentan el problema de la seguridad nacional energética, la realidad es otra, basta con echar un vistazo a la situación que enfrentan los habitantes mas desprotegidos, la clase obrera y campesina del campo y las ciudades; para comprender que no existe tal seguridad nacional y energética que salvaguarde las condiciones de vida del pueblo mexicano, definiciones pobres y baratas con tintes neoliberalistas que buscan proteger y asegurar la riquezas de la clase dominante.

## Elementos claves de la Seguridad Energética Nacional

Durante el segundo año de este gobierno federal, la SENER dio a conocer un diagnóstico acerca de la situación energética y financiera de PEMEX con el fin de justificar la presentación de la llamada Reforma Energética ante el congreso mexicano (SENER 2008).

La drástica caída de las reservas posibles de hidrocarburos prácticamente desde 1983 (Figura 2), que aunado al pico máximo de producción petrolera alcanzado en 2004 con 3.383 millones de barriles de petróleo crudo (Figura 3), indican que la declinación petrolera nos ha alcanzado , lo mejor que podemos hacer para garantizar una relativa seguridad energética con el petróleo que nos queda, es mantener la producción petrolera en niveles más modestos, utilizar más inteligentemente a nuestro favor este recurso natural y preparar una estrategia que nos permita ir viendo las mejores posibilidades de ir sustituyendo al petróleo crudo por otros recursos energéticos propios y que sean de larga duración y de preferencia renovables y más limpios.

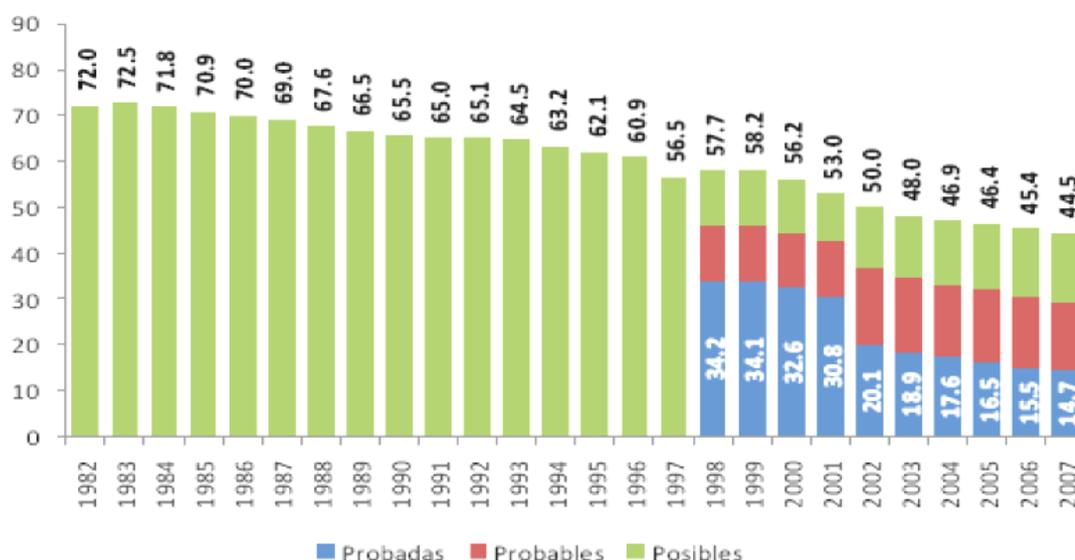


Figura 2. Evolución de reservas de hidrocarburos (1982-2007). (Miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente).Fuente: Las Energías Renovables y la Seguridad Energética Nacional, 2008.

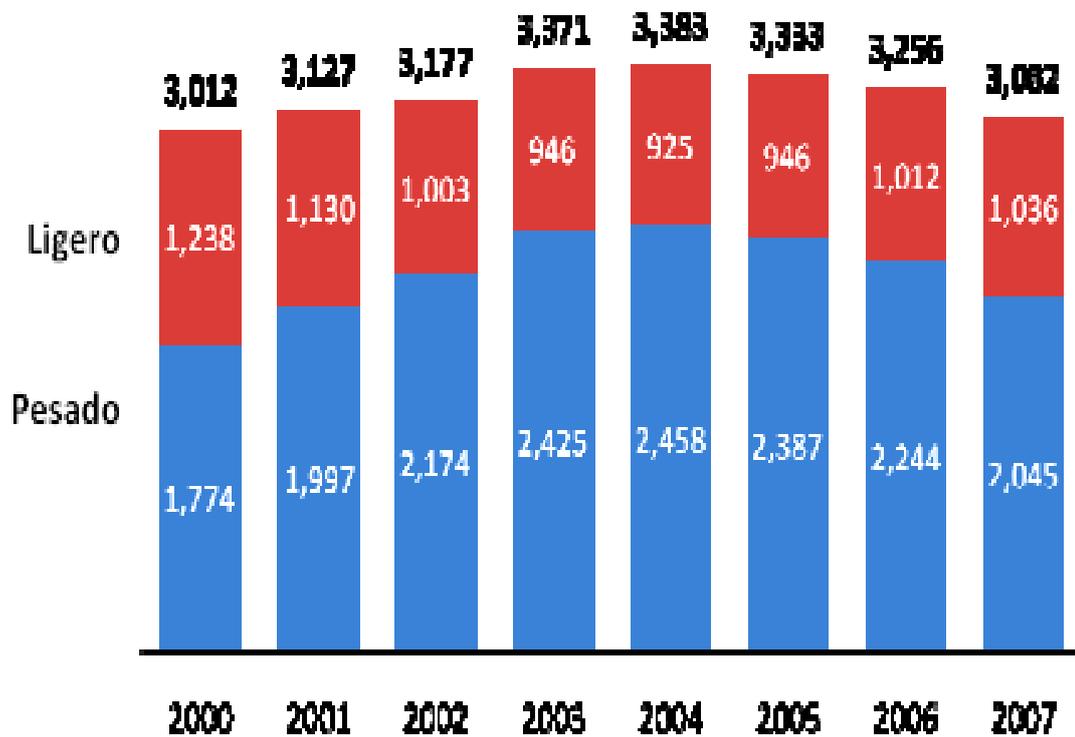


Figura 3. Producción de petróleo crudo (Miles de barriles diarios). Fuente: Las Energías Renovables y la Seguridad Energética Nacional, 2008.

La actual estrategia del gobierno federal apunta a mantener, a como dé lugar, el nivel actual de producción petrolera recuperando los niveles de producción e inclusive superándolos para cumplir con compromisos propios y ajenos, por ejemplo el de garantizar un suministro adecuado de petróleo crudo a los Estados Unidos de América como parte de los acuerdos de ASPAN (Vargas, 2006).

## **Biodiversidad y Desarrollo Sustentable**

Las comunidades campesinas de México, y sus difíciles condiciones de vida, siempre han atraído la atención de investigadores de muy diversas disciplinas. Casi todos en algún momento han mostrado interés en participar en la búsqueda de alternativas a sus principales carencias económicas, es decir, participar en el “desarrollo social” de estas comunidades. Sin embargo, en ocasiones resulta difícil saber qué se quiere entender por “desarrollo”. El problema no es trivial, pues se ha llegado a afirmar que el estudio del desarrollo adolece de serias deficiencias conceptuales y filosóficas que han desembocado en una tremenda confusión teórica y metodológica (Elguea, 1989).

Para Colom (1998), menciona que la sustentabilidad no es más que la satisfacción de las necesidades del hombre a través de una gestión integrada y armónica de sus necesidades ambientales, económicas y sociales.

Borrayo (2002), menciona que, se requiere una interrelación compleja entre las dimensiones ecológica, económica y social, mediante tres ejes estratégicos: sustentabilidad ambiental, eficiencia económica, y equidad con justicia social.

De acuerdo con Gabaldón (1998), el desarrollo sustentable se trata de un nuevo paradigma, un desarrollo que le permita a la gente mejorar constantemente su calidad de vida con equidad, de manera que no se generen tensiones sociales inmanejables y un desarrollo políticamente viable.

En la era de la economía ecologizada la naturaleza deja de ser un objeto del proceso de trabajo para ser codificada en términos del capital. Mas ello no le devuelve el ser a la naturaleza, sino que la transmuta en una forma del capital natural generalizando y ampliando las formas de valorización económica de la naturaleza (O'Connor, 1993).

Jalée, (1968), menciona, en este sentido que junto con las formas ancestrales de explotación intensiva que caracterizaron al “pillaje del tercer mundo”, hoy se promueve una explotación “conservacionista” de la naturaleza. La biodiversidad aparece no sólo como una multiplicidad de formas de vida, sino como zonas de reservas de naturaleza, territorios y hábitat de esa diversidad biológica y cultural, que hoy están siendo valorizados por su riqueza genética, sus recursos ecoturísticos y su función como colectores de carbono.

Esta nueva geopolítica de la sustentabilidad se configura en el contexto de una globalización económica que, al tiempo que lleva a la desnaturalización de la naturaleza, promueve con el discurso del desarrollo sostenible una estrategia de apropiación que busca “naturalizar” la mercantilización de la naturaleza. En esa perversión de “lo natural” se juegan las controversias entre la economización de la naturaleza y la ecologización de la economía (Leff, Enrique 2005).

Por otra parte la economía política engarzada en la relación de la fuerza de trabajo, el capital y la tierra, se desplaza hacia una ecología política en la que los antagonismos de las luchas sociales se definen en términos de identidades, territorialidades y procesos de sustentabilidad. Las relaciones de producción y las fuerzas productivas ya no se establecen entre el capital y el proletariado industrial entre capital, trabajo y tecnología (Leff, 2001).

En el nuevo discurso sobre la biodiversidad y del desarrollo sustentable-sostenible, los conceptos de territorio, de autonomía y de cultura se han convertido en conceptos políticos que cuestionan los derechos del ser y las formas de apropiación productiva de la naturaleza (Leff, 2001).

Leff *et al.*, (2000), las políticas de la globalización económico-ecológica ponen de manifiesto la impotencia del conocimiento para comprender y solucionar los problemas que han generado sus formas de conocimiento del mundo; el discurso del crecimiento sostenible levanta una cortina de humo que vela las causas reales de la crisis ecológica. Además en el 2001 menciona que Frente al proceso de globalización regido por la racionalidad económica y las leyes del mercado, y junto con los movimientos “globalifóbicos”, está emergiendo una política del lugar, del espacio y del tiempo movilizadora por los nuevos derechos a la identidad cultural de los pueblos.

Sandoval y García, (1999), dicen que legitimando reglas más plurales y democráticas de convivencia social. La reafirmación de la identidad es también la manifestación de lo real y de lo verdadero frente a la lógica económica que se ha constituido en el más alto grado de racionalidad del ser humano, ignorando a la naturaleza y a la cultura, generando un proceso de degradación socioambiental que afecta las condiciones de sustentabilidad y el sentido de la existencia humana.

El nivel local es donde se forjan las identidades culturales, donde se expresan como una valorización social de los recursos económicos y como estrategias para la reapropiación de la naturaleza. Si la economía global genera el espacio donde las sinergias negativas de la degradación socioambiental hacen manifiestos los límites del crecimiento, en el espacio local emergen las sinergias positivas de la racionalidad ambiental y de un nuevo paradigma de productividad eco-tecnológica (Leff, 1994, 1995).

Esto lleva a repensar el sentido mismo de la geopolítica. Las geografías, como marcas dejadas por las civilizaciones en la tierra, son el locus, el hábitat en el que se asienta un mundo que ha sido trastocado por la globalización, que desplaza el lugar de su lugar, que hace prevalecer la globalidad de una razón única, universal, dominante. Pero es también la escritura que van dejando en la naturaleza los nuevos movimientos sociales de reapropiación de la naturaleza (Gonçalves, 2001).

Según Leff (2000), reconciliar a los contrarios de la dialéctica del desarrollo: el medio ambiente y el crecimiento económico, donde el nivel del discurso no es internalizar las condiciones ecológicas de la producción, sino proclamar el crecimiento económico como un proceso sostenible, en definitiva, la sustentabilidad emplea el equilibrio entre ecología, equidad social y eficiencia económica, de allí se desprende la importancia de la adopción de un nuevo modelo teórico que incorpore la sustentabilidad y el ecodesarrollo como parte integrante de la planificación del desarrollo.

### **Energías renovables para el desarrollo sustentable en México**

Históricamente, el desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas primarias de tipo fósil. Producto de su uso indiscriminado se ha generado un deterioro ambiental global que puede llegar a niveles insostenibles si no se toman correctivos oportunos. Evidencias palpables de la degradación del ecosistema mundial son: el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono y la lluvia ácida (Ávila, 2009).

Existe entonces la necesidad imperiosa de desarrollar otras fuentes energéticas que replazan los combustibles fósiles. Así, la segunda mitad del siglo XX ve el resurgimiento por una parte, y el nacimiento por otra, de un conjunto de fuentes energéticas armónicas ambientalmente renovables y/o inagotables, y sustentables. Entre estas fuentes se incluyen la radiación solar directa, la energía solar indirecta (hidráulica, viento, olas, biomasa, térmica de los océanos), la geotérmica, las mareas y la nuclear. En la actualidad existe una búsqueda incesante de formas de aprovechamiento de estas energías que sean factibles técnicamente y atractivas económicamente (Ávila, 2009).

Existen oportunidades reales para cambiar combustibles tradicionales por combustibles alternativos, que serán los que desplacen al petróleo y gas natural, algo que ya ocurrió en el pasado. Por ejemplo la madera fue la fuente predominante de energía desde el tiempo de la fundación de las primeras colonias americanas en el siglo XVII hasta finales del siglo XIX. Las energías renovables forman también parte importante de la política nacional de mitigación del cambio climático. Actualmente esta en las etapas finales de preparación el Programa Especial de Cambio Climático, que incluirá entre sus objetivos y estrategias el desarrollo de las energías renovables (Ávila, 2009).

Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua. Las fuentes renovables de energía perduraran por miles de años. Las energías renovables se pueden clasificar de distintas formas: por su origen primario de la energía, por el nivel de desarrollo de las tecnologías, y por las aplicaciones de las energías. El aprovechamiento de la energía disponible de manera renovable en la naturaleza se encuentra en el origen del ser humano, cuando nuestros antepasados aprendieron a controlar el fuego, y de este modo aprovechar la energía de la biomasa. A lo largo de la historia de la humanidad, hemos aprovechado la energía de la biomasa, de la radiación solar directa, del viento, del movimiento del agua y de la geotermia de distintas maneras, y solo es a partir de la revolución industrial cuando comenzamos a utilizar a gran escala la enorme cantidad de energía contenida en recursos no renovables: carbón, petróleo, gas natural y uranio, principalmente (Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2009).

Desde principios del siglo XIX, pero primordialmente a lo largo del siglo XX, la humanidad aumento exponencialmente la disponibilidad de energía gracias a la explotación de estos recursos no renovables, lo que dio lugar a la sociedad industrializada y urbanizada de la actualidad. Las fuentes no renovables de energía proporcionan hoy en día el 87% de la oferta primaria de energía en el mundo, mientras que en nuestro país este porcentaje es de 89% (Balance Nacional de Energía 2007).

## Energía Solar

El aprovechamiento de la energía solar, se realiza principalmente mediante la utilización de tres tipos de tecnologías:

**Fotovoltaicas:** Que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas.

**Fotoeléctricas:** Hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.

**Termosolares:** Que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

**Estado actual:** De 1993 a 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración. Para sistemas termosolares, al 2003 se tenían instalados más de 570 mil metros cuadrados de calentadores solares planos, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m<sup>2</sup> y día, generando más de 270 gigajoules para calentar agua (Balance Nacional de Energía, 2003).

**Potencial:** Con una insolación media de 5 kWh/m<sup>2</sup>, el potencial en México es de los más altos del mundo. Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para 2013, y generar 14 GWh/año. Además se espera contar para 2009 con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW (Agua Prieta II, Sonora) (SENER, 2005).

**Costos:** Los sistemas fotovoltaicos son actualmente viables para sitios alejados de la red eléctrica y aplicable en electrificación y telefonía rural, bombeo de agua y protección catódica, entre otros usos. Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 dólares por kW instalado y de 0.25 a 0.5 dólares por kWh generado. Para los sistemas fototérmicos (“concentradores”) los costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 dólares por kW y de 10 a 25 centavos de

dólar por kWh. El costo de inversión para los colectores solares planos es de 242 USD/m<sup>2</sup> instalado (SENER, 2005).

La CFE cuenta con una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, conformada por 17 kW fotovoltaicos, 100 kW eólicos y motogenerador diesel de 80 kW. Se licitará durante el 2006 una planta híbrida de ciclo combinado con componente termosolar de 25 MW de capacidad en el noroeste de México, el cual se espera que entre en operación en el 2008.

### **Energía Eólica.**

**Tecnología:** En 1997 la turbina promedio era de 600 a 750 kW. Para el 2005 ya existen en el mercado a nivel comercial turbinas con capacidades entre 2 y 3 MW, así como prototipos de hasta 6 MW. El diámetro llegaba a 80 metros en 2000, hoy llega a los 120 metros.

**Estado actual:** En el 2004 se tenían instalados 3 MW; 2 MW en la zona sur-sureste y 1 MW en la zona noreste, con los que se generaron 6 GWh de electricidad.

**Potencial:** Los estudios del NREL y diversas instituciones mexicanas (ANES, AMDEE, IEE) han cuantificado un potencial superior a los 40,000 MW, siendo las regiones con mayor potencial, el Istmo de Tehuantepec y las penínsulas de Yucatán y Baja California (National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2003).

Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW.

En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW). Yucatán (352 MW) y la Riviera Maya (157 MW) tienen suficiente potencial para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y generadoras de turbogas (SENER, 2004).

**Costos:** De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/kW, con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por kWh (¢USD/ kWh)<sup>9</sup> y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por kWh<sup>10</sup>. ([www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2020.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2020.ppt).)

En el 2005 la CFE inició la construcción en la Venta, Oaxaca, de la primera planta eólica de gran escala en México (83 MW) que entrará en operación en octubre de 2006. Adicionalmente, la SENER tiene programada la construcción de otros 505 MW de capacidad eólica (en la modalidad de productor independiente) en la misma región en los próximos años, con lo que se espera tener instalados 588 MW en 2014. Existen 7 permisos otorgados por la CRE para proyectos privados de autoabastecimiento con tecnología eólica que aportarán en los próximos años un total de poco más de 950 MW al Sistema Eléctrico Nacional.

### **Energía Hidráulica**

**Tecnología:** Las centrales mini hidráulicas (<5 MW) se clasifican, según la caída de agua que aprovechan, en baja carga (caída de 5 a 20m), media carga (caída de 20 a 100m) y alta carga (caída mayor a 100m). Además de la carga, se clasifican en función del embalse y del tipo de turbina que utilizan.

**Estado actual:** Actualmente están operando en los estados de Veracruz y Jalisco tres centrales minihidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, que generan un total de 67 GWh/año. Adicionalmente están en operación tres centrales híbridas (minihidráulicas-gas natural) en los estados de Veracruz y Durango. ([www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx)).

**Potencial:** La CONAE estimó en 2005 el potencial hidroeléctrico nacional en 53,000 MW, de los cuales, para centrales con capacidades menores a los 10 MW, el potencial es de 3,250 MW. Se prevé que para finales del 2006 se tengan instalados 142 MW adicionales. La cartera del Sector Energía contempla la ampliación de seis grandes hidroeléctricas por una capacidad de 1,528 MW y una generación de 1,079 GWh/a (SENER, 2005).

**Costos:** En México los costos de instalación en el 2004 eran en promedio de 1,600 USD por kW instalado, con un costo de generación de 11.50 ¢ USD por kWh generado (SENER, 2004).

Comexhidro es una empresa dedicada al aprovechamiento energético de presas de riego agrícola ya existentes. Inauguró en el 2003 su primer proyecto, "Las Trojes", en el estado de Colima, una minihidroeléctrica de 8 MW de capacidad. En el 2005 entró en operación la minihidroeléctrica "Chilatán", ubicada en el estado de Michoacán, con una capacidad de 14 MW. El proyecto más importante de la empresa, "El Gallo", en el estado de Guerrero, contará con una capacidad de 30 MW, y está en construcción desde el 2004. La empresa cuenta con el primer proyecto en ER en América Latina que obtiene los incentivos adicionales provenientes de los bonos de carbono. Además está aprovechando la nueva regulación sobre interconexiones para fuentes intermitentes.

### **Energía Geotérmica**

**Tecnología:** Los recursos de alta temperatura ( $T > 200^{\circ}\text{C}$ ) pueden utilizarse para generar energía eléctrica, los de temperatura baja ( $T < 200^{\circ}\text{C}$ ) para aplicaciones térmicas.

**Estado actual:** México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica, con 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh/ año.

**Potencial:** La CFE estima que el potencial geotérmico permitiría instalar otros 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnología para su aprovechamiento.

**Costos:** Los montos de inversión en centrales geotermoeléctricas en México son del orden de 1,400 USD/kW. Por su parte, el costo de generación promedio es de 3.986 ¢USD/kWh (Balance Nacional de Energía 2003,SENER, 2004).

## Bioenergía

**Tecnología:** Utiliza materia orgánica como energético, por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos como el biogás o líquidos como bioetanol o biodiesel.

**Estado actual:** Actualmente, la bioenergía representa el 8% del consumo de energía primaria en México. Los principales bioenergéticos empleados son el bagazo de caña (usado para la generación eléctrica y/o térmica en la industria azucarero) y la leña (fundamentalmente usada para calefacción y cocción de alimentos) (SENER 2005). En 2004 se consumieron 92 Petajoules de bagazo de caña y 250 de leña (SENER 2005). México produce al año en la industria cañera, 45 millones de litros de bioetanol que actualmente no se usan como combustible sino en la industria química. Al 2005 la Comisión Reguladora de Energía autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos (combustóleo-bagazo de caña) (Calatayud, Liliana y Jácome, Sergio, 2003).

**Potencial:** El potencial técnico de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 Petajoules al año, sin embargo, su uso actual es 10 veces menor. Del potencial estimado, un 40% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año. Además, se cuenta con un área agrícola significativa, potencialmente apta para la producción de bioetanol y biodiesel (Red Mexicana de Bioenergía, 2005).

**Costos:** Para la obtención de etanol a partir de almidones se estima a nivel internacional un costo de inversión de 0.8 USD/l; a partir de recursos ricos en azúcares (melaza), el costo de inversión es de 0.40 USD/l. La elaboración de biodiesel a partir de aceite de soya tiene un costo de 0.57 USD/l, y a partir de aceite de girasol el costo es de 0.52 USD/l (Energías Renovables en México, UAM 2005).

### **Proyectos en México**

El proyecto de bioenergía de Nuevo León S.A. en Monterrey, es el primero en el país que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para generar energía eléctrica, con una capacidad de 7 MW. El proyecto se desarrolló con un apoyo parcial del GEF, a través del Banco Mundial. Los cambios regulatorios y legales en los que está trabajando México permitirán replicar este proyecto en otros rellenos sanitarios del país. La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) ofrece apoyo para este tipo de proyectos, desde el diseño de rellenos sanitarios, hasta la generación de energía eléctrica. Actualmente cuenta con una cartera de 4 proyectos con estudios de preinversión, y colabora en el desarrollo de otros (SENER, 2005).

El Grupo Energéticos S.A., en colaboración con el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), firmaron un convenio de colaboración para producir biodiesel a partir de grasa animal de desecho de rastros. En julio del 2005, en Nuevo León, se inauguró la planta con una inversión de 1.5 millones de dólares (capacidad de producción inicial de 500 mil litros por mes). El biodiesel se usa como combustible en medios de transporte, en una primera etapa, para camiones industriales en el norte de México.

## Situación actual de la leña

La leña sigue siendo un combustible de amplio consumo, sobre todo en las áreas rurales de los países en vías de desarrollo. México no es la excepción, de acuerdo con la Secretaría de Energía-SENER- (2001), la demanda por el recurso en el sector rural alcanza el 80 %. Se reconoce que a lo largo del país se presentan una heterogeneidad de condiciones en cuanto al abasto de leña (Maserá *et al.*, 2003).

En los países en desarrollo la leña sigue siendo la fuente de energía más importante sobre todo en el sector rural (CIRAD 1998; Mercer y Soussan 1992). Particularmente en regiones de África y Asia domina el consumo de este recurso. La leña representa más del 75 % de la energía utilizada en naciones como Nepal, Bangladesh, Etiopía, Nigeria, Burkina (Soussan, 1991). En el caso de América Latina el consumo continúa incrementándose.

Los patrones de consumo y producción de leña así como los problemas económicos, ambientales y sociales asociados tienen causas complejas y diversas dependiendo de la región de que se trate (Drigo *et al.*, 2002, Mercer y Soussan, 1992). Algunos factores como el consumo doméstico e industrial, el clima, tipo de vegetación están relacionados con los impactos de esta actividad.

Se señala que la contribución de la extracción de leña a la deforestación es mínima cuando se trata de pequeñas comunidades rurales. En cambio la demanda urbana por leña o carbón se considera que puede tener efectos ambientales devastantes (Soussan,1991; Mayorga y Urbina, 1993).

En un escenario de condiciones que pueden ser muy variables suelen presentarse diferentes impactos ambientales por una sobreexplotación del recurso tales como deforestación, degradación del suelo, pérdida de la biodiversidad, erosión genética de las especies forestales, incremento en la sedimentación de fuentes de agua, salinización, entre otros (Blas y Carneiro, 1994).

Sin embargo el consumo local de leña generalmente no es por sí mismo el causante del deterioro de los recursos. La degradación es producto de un ambiente y de una economía rural vulnerable, de presiones externas que incentivan la expansión de la frontera agrícola y de la sobreexplotación forestal con fines comerciales (Soussan, 1991).

El consumo de leña también está asociado a una serie de impactos socioeconómicos. Muchas familias rurales dependen del recurso para la cocción de alimentos y calefacción (Remedio 2002). La obtención de leña implica desplazamientos en ocasiones de varios kilómetros lo que puede representar un alto porcentaje del presupuesto familiar (Blas y Carneiro, 1994).

Algunos de los factores que pueden estar relacionados con el consumo de la leña incluyen (Meyers y Leach, 1989):

- El tamaño del asentamiento rural y/o su proximidad hacia carreteras o zonas urbanas, que impide el acceso a combustibles modernos.
- El ingreso familiar
- Precios de los combustibles
- Factores climáticos
- Cultura y tradición, hábitos de cocción, dieta y uso del fuego como foco social

La colección, distribución y comercio de leña contribuye a la generación de empleo e ingresos. En el sector industrial y comercial se mencionan restaurantes, panaderías, ladrilleras, alfarerías, hospitales, manufactureras como fuentes demandantes y dependientes del recurso (Remedio, 2002).

## Situación de la leña en México

México es uno de los países con mayores recursos forestales en América Latina. El inventario de 1990 reporta una superficie forestal de aproximadamente 50 millones de hectáreas. Esta cifra representa el 25 % del total del territorio. Estos recursos son también la principal fuente de energía de la población. A pesar de ser un importante productor de petróleo, el uso de combustibles refinados es aún limitado en las regiones rurales. La leña en México constituye, como en muchos otros países del mundo, el principal combustible utilizado en el medio rural (ONU, 1994).

Masera (1996) reporta que el uso para leña representa 3/4 partes del total de la madera que se utiliza legalmente en México. Así se tiene que el consumo de leña representa más del 80 % de la energía demandada en el sector rural (Masera 1996) y el 37 % de la energía para uso residencial (SENER, 2001). El alto consumo se atribuye a factores culturales, a bajos niveles de ingreso y a una población dispersa (ONU, 1994).

En México la preferencia del uso de leña en relación a otros combustibles es para la elaboración de alimentos tradicionales. También se observó que el empleo de gas licuado de petróleo (GLP) en la mayoría de los casos no implicaba una sustitución del combustible tradicional. La leña es considerada esencial para la elaboración de algunos productos como la tortilla, y los usuarios están dispuestos incluso a pagar un sobreprecio por el producto (Masera *et al.*, 2000).

Aunque el principal destino de la leña en México es el uso doméstico, una buena parte abastece a las pequeñas empresas artesanales entre las que se encuentran: molinos, tortillerías, ladrilleras, cerámica, mezcal, carboneras y caleras (Masera *et al.*, 1998; ONU 1994).

Una de las principales limitaciones del sector dendroenergético en el país ha sido la falta de una estrategia que considere de manera integral aspectos productivos, de abastecimiento, comercialización y el mejoramiento de los sistemas de consumo final. En el año de 1993 se inició un programa de dendroenergía que promovía fundamentalmente el establecimiento de plantaciones y la implementación de sistemas más eficientes para el uso de leña. Al respecto se citan algunos problemas en la ejecución de estas alternativas como la escasez de recursos económicos, información insuficiente y falta de experiencia en el establecimiento de plantaciones (ONU, 1994).

Problemas relacionados con la disponibilidad de leña son más frecuentemente citados en las tierras altas densamente pobladas del centro y sur de México, en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Guerrero y Michoacán (ONU, 1994).

Cifras oficiales demuestran que la producción de leña con fines comerciales se incrementa año tras año en México y que existe una alta concentración de usuarios de leña en los estados de Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Juntos consumen el 66 % de la energía proporcionada por leña (Tripp y Arriaga, 2001).

## **El consumo de leña en México**

Después de más de una década de marginación y olvido, el interés en los usos tradicionales de la bioenergía ha cobrado fuerzas nuevamente en el ámbito internacional. Ha surgido una “cruzada” global sobre estufas de leña eficientes y limpias, ahora impulsada fuertemente por los aspectos relacionados con la salud de los usuarios (IAP, 2000; Bruce *et al.*, 2000).

Sin embargo, existe una gran cantidad de evidencia que respalda la visión alterna de que los hogares en realidad siguen una estrategia de “uso múltiple de combustibles”, misma que les ha permitido obtener las ventajas de ambos combustibles, tradicionales y modernos. Esta estrategia también ayuda a los hogares a tener un menor riesgo ante el incierto y rápidamente cambiante entorno económico, al cual están sujetos los combustibles modernos (Masera *et al.*, 2000).

Actualmente alrededor de la cuarta parte de la población mexicana, entre 25 y 28 millones de habitantes cocina con leña. De éstos, 19 millones de habitantes usan este energético como combustible único para cocinar (INEGI, 2004) y alrededor de 8 millones la usan en combinación con gas LP. El mayor uso de la leña se concentra en los hogares rurales y semi-urbanos. La leña es todavía el principal combustible residencial en México, ya que suministra aproximadamente el 40% de energía total utilizada. Asimismo, aporta el 80% de la energía usada en los hogares rurales (Díaz 2000; Díaz y Masera, 2003).

Los patrones de uso de la leña y sus impactos asociados son muy heterogéneos. Por esta razón, una primera agrupación de estos patrones de uso a nivel estatal muestra que existen 11 estados con un elevado consumo de leña (Díaz, 2000).

Masera *et al.*, (2003) reportan que existen aproximadamente 240 municipios donde el uso de la leña eso o puede volverse un problema. Estos municipios representan el 10% del total, sin embargo concentran el 21% de la población total usuaria de leña. A partir de esta información se considera a estos municipios como de “alta prioridad” desde el punto de vista del número de usuarios, la tasa de crecimiento de los usuarios, los impactos ambientales negativos potenciales y la elasticidad del consumo. En general, estos municipios prioritarios se concentran en la región montañosa del centro y sureste de México, en lugares donde existen condiciones culturales, ambientales y sociales muy similares.

En México la preferencia del uso de leña en relación a otros combustibles para la elaboración de alimentos tradicionales. También se observó que el empleo de gas licuado de petróleo (GLP) en la mayoría de los casos no implicaba una sustitución del combustible tradicional. La leña es considerada esencial para la elaboración de algunos productos como la tortilla, y los usuarios están dispuestos incluso a pagar un sobreprecio por el producto (Masera *et al.*, 2000).

Existe una experiencia limitada de los programas de estufas eficientes de leña en México (Olguín, 1994; Arias y Cervantes, 1994; Navia, 1992; Dutt *et al.*, 1989). A principios de los años ochenta, instituciones gubernamentales efectuaron un esfuerzo a gran escala con resultados pobres y como consecuencia se abandonó el tema (Vargas, 1990).

En los últimos años, se han desarrollado varias iniciativas en diferentes regiones de México, particularmente dentro de los estados de Michoacán, Chiapas y Oaxaca. Se ha trabajado con una diversidad de diseños de estufa y planes de disseminación (RETA, 2004; Cayetano, 1997; Díaz y Masera, 2002).

El uso de combustibles ineficientes y sucios causan graves problemas para la salud de las poblaciones pobres que los utilizan, lo cual puede limitar las oportunidades para el desarrollo económico, creando un ciclo vicioso de pobreza, contaminación y combustibles ineficaces (Who, 2004, Figura 4).

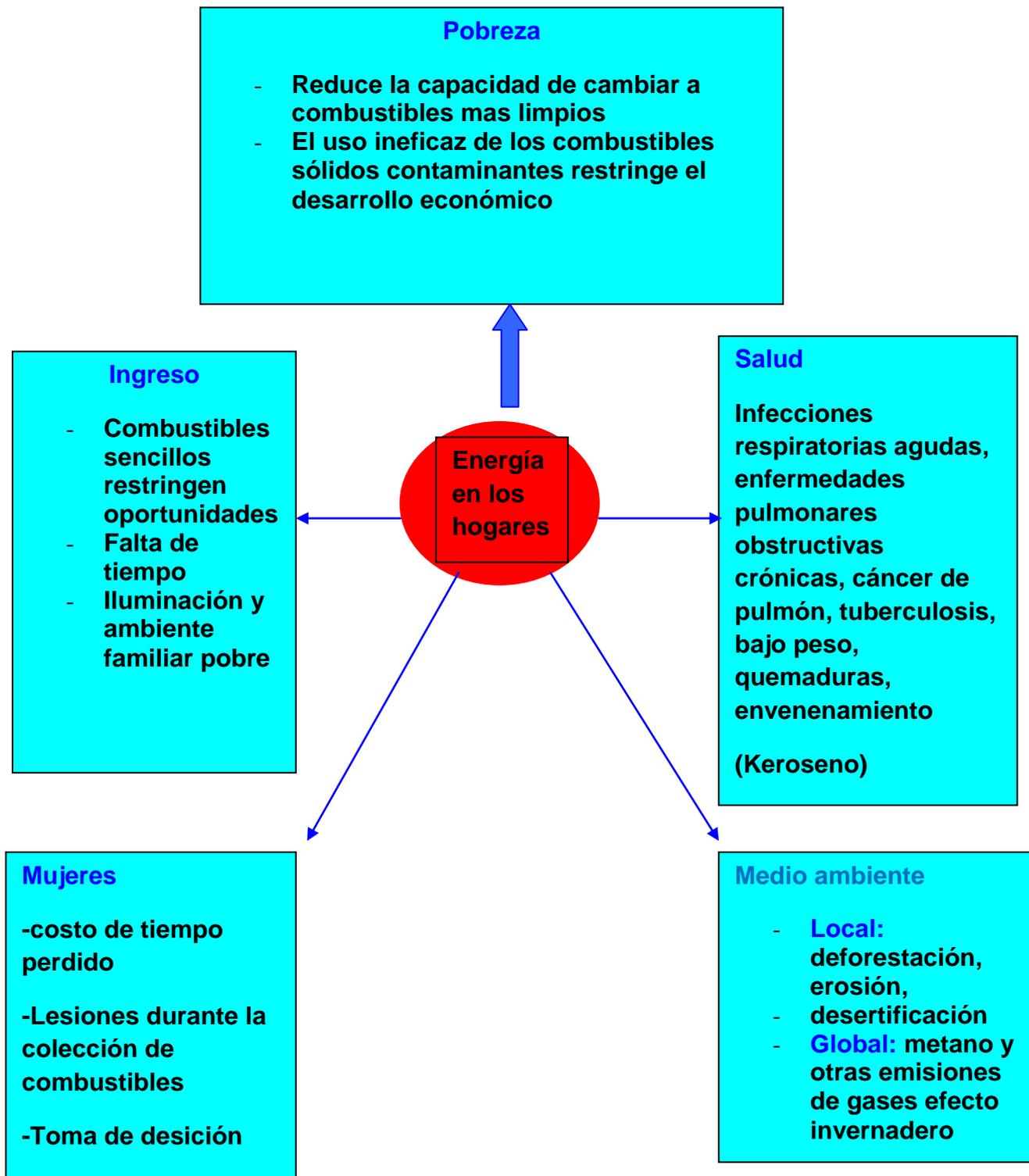


Figura 4. Impactos de la energía en los hogares. Fuente: Who, 2004.

Con el aumento de la prosperidad en los hogares se tiende a mover hacia arriba en la escala de la energía y el uso más limpio y más eficiente, pero también más costoso de combustible (Figura 5). Sin embargo, se ha encontrado que este proceso puede ser modificado por factores culturales y socio-económicos. Algunas veces el uso de combustibles en las viviendas no se mueve de manera lineal en la escala de energía, más bien se usan mezclas de combustibles, como gas y leña, para diferentes usos (por ejemplo leña para preparar nixtamal y gas para preparar café).

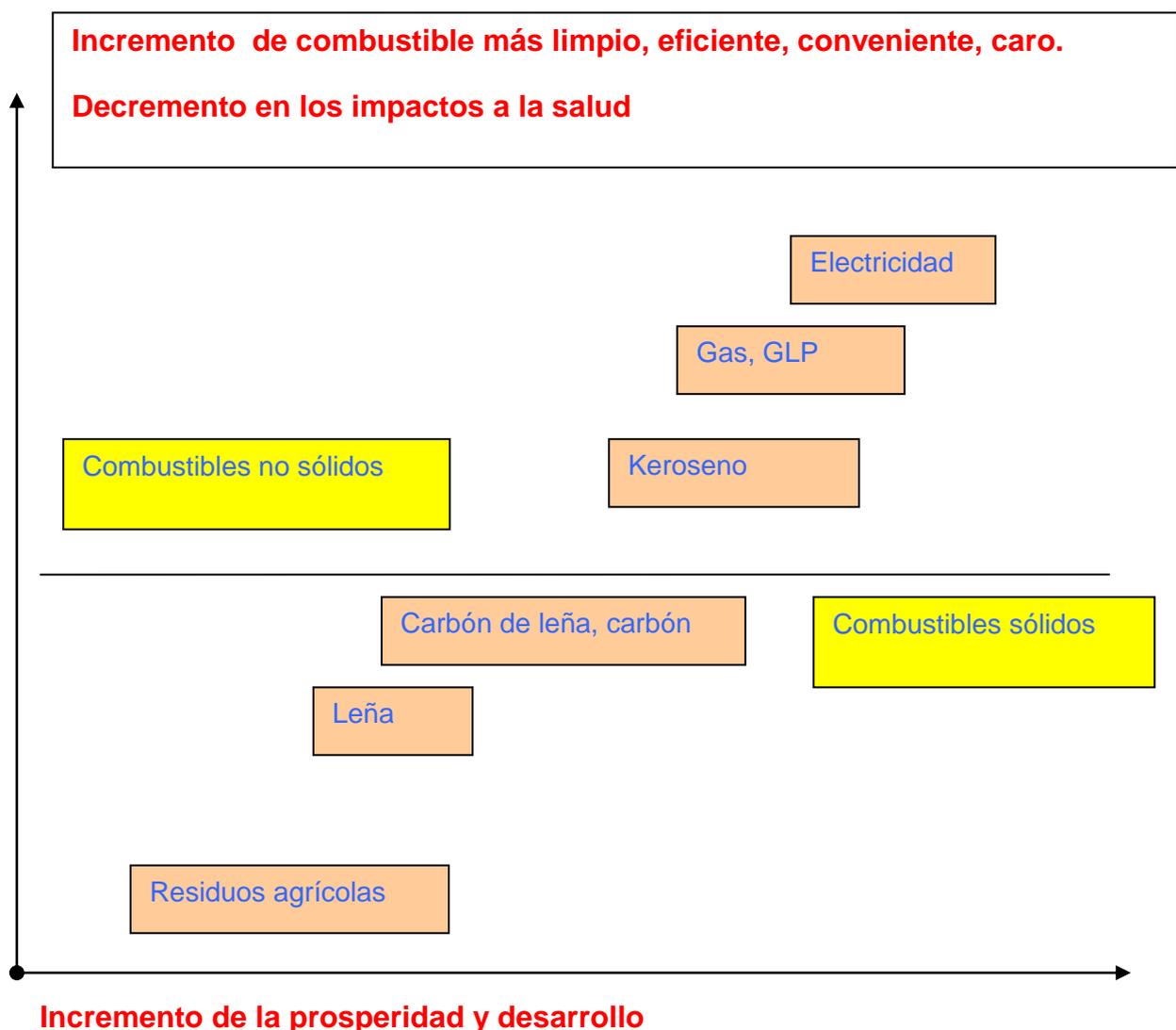


Figura 5. Escala de uso de la energía. Fuente: Who, 2004.

Este fenómeno de los usos mixtos de combustibles puede deberse entre otras causas, a la situación económica de la familia que habita la vivienda, a factores culturales o de la fiabilidad en el suministro de gas (Masera et al., 2000).

### **Historia del biogás**

El gas natural, cuyo componente principal es el metano, fue utilizado por los pueblos chinos y persas hace miles de años como generador de temperatura; ellos lo utilizaban para calentar los baños de agua; sin embargo, tuvieron que pasar muchos años para darse cuenta que el metano no solo se encuentra en el gas natural proveniente de los fósiles, sino que este se producía constantemente (Brakel, 1980).

En el año 1976 el científico italiano Volta descubrió que el gas producido de manera natural en los pantanos era inflamable (Stafford y Hawkes, 1980), en 1887, Hoppe-Seyler pudo comprobar la formación de metano a partir de acetato, Soehngen descubrió en 1906 la formación de metano a partir de hidrogeno y dióxido de carbono, a su vez, descubrieron los primeros dos organismos que participan en la formación de metano (Barrer, 1956).

La primera planta de digestión fue construida en una colonia de leprosos, en Bombay, India 1859 (Meynell, 1976), uno de los países de interés ha demostrado por la fuentes de energías no convencionales, y en especial por la producción de biogás ha sido Alemania. En 1920 Imhoff instaló el primer biodigestor de Alemania, este consistía en un estanque hermético, el cual era alimentado con agua fermentable para la obtención de biogás (Hohlfeld y Sasse, 1986).

En los procesos de descomposición anaeróbica se obtienen compuestos altamente energéticos que pueden ser usados para la obtención de energía eléctrica y calorífica, a diferencia de la descomposición aeróbica, en el que el producto final es dióxido de carbono y agua. Dentro de estos compuestos se encuentran, entre algunos alcoholes, como etanol, metanol y gas metano (Orozco, 1989).

El metano se puede obtener a partir de diferentes compuestos orgánicos, como proteínas, grasas y carbohidratos y se forma en conjunto con dióxido de carbono en una relación 2:1. El metano constituye el componente económicamente más importante del biogás. Ya que le confiere las características combustibles al mismo. Así, el valor energético del biogás queda determinado por la concentración de metano que presenta un valor energético de  $20 \text{ MJ/m}^3$  - $25 \text{ MJ/m}^3$  en comparación del gas natural que a su vez presenta  $33 \text{ MJ/m}^3$  - $38 \text{ MJ/m}^3$  (Hiler, *et al.*, 1985).

En las últimas décadas la digestión anaeróbica ha sido una tecnología empleada para eliminar altas concentraciones de residuos orgánicos. Varios grupos de investigadores han desarrollado procesos de digestión anaeróbica utilizando diferentes sustratos (Lástella *et al.*, 2002), las aplicaciones de esta tecnología reducen el volumen y peso hasta un 60% de los residuos que son tratados y por lo tanto disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, así como los malos olores y problemas sanitarios (Klubler *et al.*, 1999).

### **Definición del biogás**

El portal electrónico [www.textoscientificos.com/energia/biogas](http://www.textoscientificos.com/energia/biogas) define el término biogás como la mezcla constituida por metano ( $\text{CH}_4$ ) en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno.

### **Composición y características del biogás**

Este combustible tiene un alto valor calórico de 4700 a  $5500 \text{ kcal/m}^3$  y puede ser utilizado en la cocción de alimentos, para la iluminación de naves y viviendas, así como para la alimentación de motores de combustión interna que accionan, máquinas herramientas, molinos de granos, generadores eléctricos, bombas de agua y vehículos agrícolas o de cualquier otro tipo. La generación natural de biogás es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono.

El aporte calórico fundamental lo ofrece el metano cuyo peso específico es de alrededor de 1 kg/m<sup>3</sup>. Si deseamos mejorar el valor calórico del biogás debemos limpiarlo de CO<sub>2</sub>. De esta forma se logra obtener metano al 95 %. El valor calórico del metano puede llegar hasta 8 260 kcal/m<sup>3</sup> con una combustión limpia (sin humo) y casi no contamina. El biogás es un poco más liviano que el aire y posee una temperatura de inflamación de alrededor de los 700°C (Diesel 350°C, gasolina y propano cerca de los 500°C). La temperatura de la llama alcanza 870°C. Mientras más largo es el tiempo de retención dentro del biodigestor, más alto es el contenido de metano, y con esto el poder calorífico

Cuadro 1. Composición del biogás

Componente	Porcentaje (%)
CH <sub>4</sub>	54-70
CO <sub>2</sub>	27-45
N <sub>2</sub>	0.3-3
H <sub>2</sub>	01-10
CO	0.1
O <sub>2</sub>	0.1
H <sub>2</sub> S	Trazas

(Fuente: Sociedad de Agricultores de Colombia, 2002).

### **Ventajas del biogás**

- El biogás sirve como combustible.
- El residuo digerido es casi inodoro y estabilizado.
- Se conservan los nutrientes del bioabono.
- Las moscas y roedores no son atraídos por el residuo.
- El residuo digerido seco puede utilizarse como bioabono.

Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN\\_JUAN/676/otras\\_energias/biogas/biog\\_c2.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/otras_energias/biogas/biog_c2.htm)

### Desventajas del biogás

- Equipamiento grande, algo caro y experimental en ciertos diseños.
- Se requieren ciertas precauciones de manejo.
- El proceso es sensible a la temperatura, ph, velocidad de carga y cambios de tipo de carga.
- El proceso de digestión anaeróbica no genera calor.

Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN\\_JUAN/676/otras\\_energias/biogas/biog\\_c2.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/otras_energias/biogas/biog_c2.htm)

### Usos del biogás

El biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural. La Figura 6 resume las posibles aplicaciones.

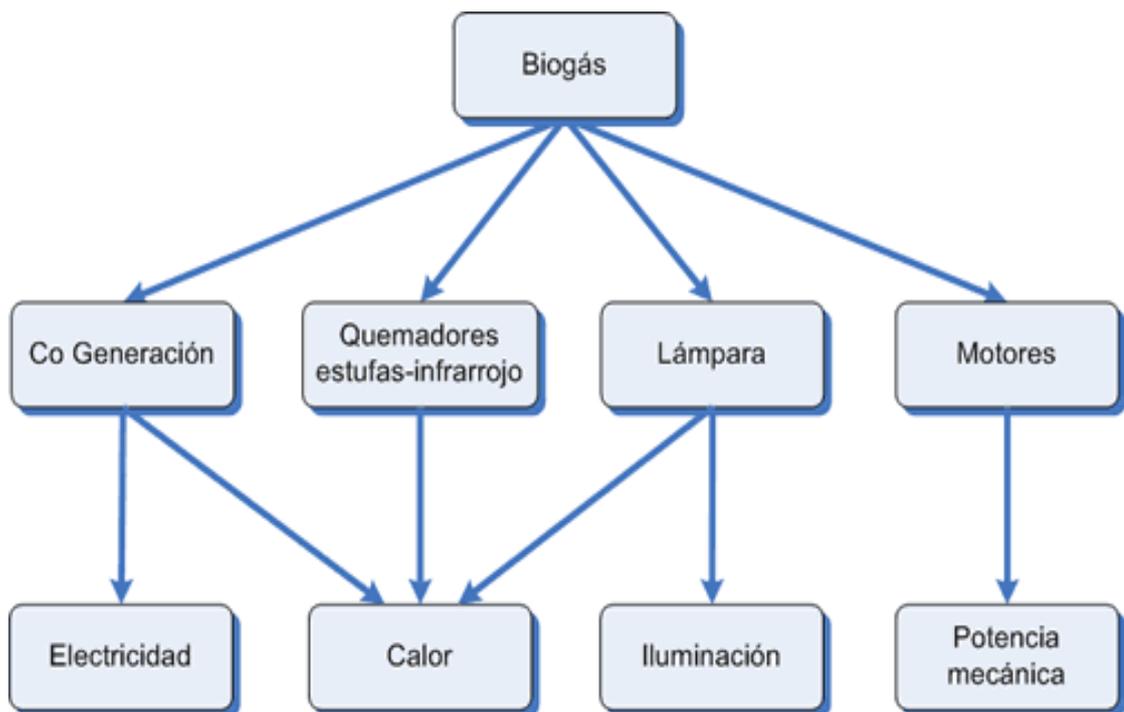


Figura 6. Posibles usos del biogás.

Fuente: [www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos](http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos)

## **Disponibilidad de materia prima**

El término biomasa se define como el conjunto de materia orgánica que conforma un ecosistema presente en los organismos vivos o muertos o segregados por ellos, pero en ningún caso fósil (Garcidueñas, 1987).

La biomasa desempeña un papel fundamental en el metabolismo de las sociedades como proveedora de alimento para sostener a la población y por lo tanto es el flujo de materiales más importante de todos los flujos socioeconómicos (Weisz *et al.* 2006).

Ciertas formas de extracción de biomasa tienen consecuencias importantes en el medio ambiente. En particular, la agricultura moderna, que además de ser la actividad humana que más compete con otras especies por la ocupación de espacio (Haberl *et al.* 2004), degrada los recursos naturales de los que depende, como el suelo, el agua y la diversidad genética, además de que crea una fuerte dependencia de los energéticos fósiles (Gliessman, 1998).

## **Producción del metano**

Dentro del grupo de los gases, uno de los más importantes es el metano. Una gran parte del metano emitido es por la actividad humana; del 22% al 27% de las emisiones mundiales de metano proceden del ganado (FAO, 2001).

La producción mundial supera en la actualidad los 6000 millones de habitantes, la producción de residuos sólidos urbanos de cada uno de los habitantes de la tierra oscila ampliamente según el país, entre los valores de 0.4 y 1.2 kg/hab. Cada día la producción de desechos orgánicos por continente en 2007 fue de: África  $79 \times 10^6$  ton/año, Asia  $390 \times 10^6$ , Europa  $230 \times 10^6$ , América  $390 \times 10^6$  ton/año, en Australia y Oceanía  $14 \times 10^6$  ton/año (Agencia Internacional de Energía, 2007).

La producción de biogás en la actualidad ha tenido un fuerte incremento debido al aprovechamiento de todo tipo de residuos biodegradables, aunado a la parte medioambiental; considerándose que se genera un subproducto del proceso que brinda comodidad y beneficios. El aprovechamiento energético del biogás tiene sus puntos de partidas en cuatro tipos de residuos biodegradables provenientes de la ganadería, de lodos de especializaciones depuradoras de aguas residuales, industriales y de los residuos industriales (Ávila, 2009).

Según cifras de la agencia internacional de energía la producción mundial de biogás en el 2008 fue de 274 mil 170 gw/h. Mientras que en México asciende 432 gw/h por hora; lo que nos indica que se ha triplicado su consumo y su aportación a los diversos balances de energía mundial y que les ha permitido superar la producción, colocándose así entre una de las principales fuentes de energía renovable para 2010, y los parámetros que se usan son la cantidad generada de biogás y de residuos sólidos urbanos y quien lleva esa cuenta es el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e información (INEGI).

### **La situación en México**

En México se ha iniciado el intercambio de bonos por emisiones a la atmósfera a raíz del Protocolo de Kyoto que pretende la reducción de gases invernadero como el metano producido en las instalaciones ganaderas. Se considera que los establos son una fuente rica para producción de energía a través de la generación de metano el cual se puede transformar en bonos verdes que pueden entrar en el comercio de emisiones o bien puede transformarse en energía eléctrica.

A nivel mundial un gran número de establos lecheros de explotación intensiva están usando los digestores anaeróbicos para reducir problemas ambientales y producir biogás con el estiércol del ganado ya que el este puede ser una fuente significativa de metano, un potente gas invernadero con un potencial de calentamiento global 23 veces más alto que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que puede ser usado como combustible para la generación de calor y/o electricidad (Bothi yAldrich, 2005; EPA, 2006;Anders, 2007).

Monterrey, es el primer proyecto de generación de electricidad con biogás de un relleno sanitario en México y Latinoamérica, tiene una capacidad nominal de ocho MW y fue inaugurado el 22 de septiembre de 2003. El proyecto se hizo acreedor a un financiamiento de cinco millones de dólares por parte del fondo mundial para el medio ambiente (GEF, por sus siglas en Inglés) gestionado a través del Banco Mundial. El objetivo de esta subvención es cubrir los costos incrementales que representa la introducción de una nueva tecnología y ayudar a remover algunas de las barreras mencionadas anteriormente.

Se trata de un proyecto de autoabastecimiento eléctrico, donde el organismo operador del relleno sanitario (SIMEPRODE) y la empresa Bioeléctrica de Monterrey (conformada por un consorcio mexicano-inglés-costarricense) constituyen la sociedad de autogeneración junto con las empresas consumidoras de la energía, entre ellas la empresa de agua y drenaje de la ciudad de Monterrey.

Este proyecto es un buen ejemplo de lo que puede lograrse en el país; y se espera que sea un escaparate de los beneficios energéticos, ecológicos, económicos y sociales de la tecnología (Segovia, 2002).

Las experiencias en la generación eléctrica con biogás de rellenos sanitarios en México son apenas incipientes; pero los resultados, alentadores. Es poco probable que las condiciones financieras favorables del primer proyecto se repitan en proyectos subsecuentes. Pero es de esperarse que otras barreras, tales como la falta de información sobre la viabilidad técnica del proceso y sus características operativas, sean removidas con la primera experiencia descrita en la sección anterior. Sin embargo, aún queda mucho por hacer: la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE ha sido un elemento catalizador de los esfuerzos de muchos actores, incluyendo instituciones públicas y privadas, organismos nacionales e internacionales y empresas e inversionistas del sector privado; pues logró incorporar la tecnología a la cartera de oferta energética de este país. Se espera que esta labor continúe.

## **Materiales y métodos**

- Se realizó un trabajo de campo en el rancho la perla, ubicado en el municipio de Fresnillo Zacatecas, que comprendió la aplicación de la técnica de la observación, directa e indirecta, del área objeto de estudio.
  
- Este estudio es una investigación de tipo proyectiva basado en la recopilación de información de algunos parámetros de desarrollo que a través de la historia han sido sometidos a procesos para arrojar resultados en beneficio de la humanidad.
  
- Se analizaron los planes, proyectos y programas existentes en la Secretaría de Energía (SENER), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), en correspondencia con las políticas y estrategias de desarrollo previstas en el Plan Nacional de Desarrollo aprobado por gobierno federal y aplicado en todo el país.

## RESULTADOS

### **Contexto situacional teórico para el desarrollo tecnológico del biogás en las zonas rurales marginadas**

El modelo teórico que se propone sobre el eco-desarrollo, adopción, creación y adaptación de metodologías, recopilación y divulgación de la información que faciliten la aplicación del modelo de producción de biogás en los hogares de las familias rurales marginadas de México, se inscribe en el campo de las Ciencias Sociales por su vinculación con la Teoría de Desarrollo Sustentable, ya que la acción del hombre como elemento constitutivo del sistema socio-ambiental se circunscribe a los estilos o modelos de desarrollo prevalecientes, basados en el uso abusivo de las diversas formas de la energía fósil, que impacta negativamente en la economía y el nivel de vida de las familias del sector rural mexicano. Esto debido a que en México el modelo de educación que se aplica en las distintas universidades agrarias ha tomado como visión y enfoque la formación de técnicos de alta competitividad, olvidándose de la parte integral que recrea las actividades humanísticas de integración con la sociedad, esto trae como consecuencia el escaso desarrollo de metodologías con líneas de inserción en el desarrollo de los sectores más desprotegidos, todo esto como parte del modelo capitalista que predomina a nivel mundial y que busca mantenerse adaptando todo a su conveniencia.

Desde este enfoque, las líneas rectoras del modelo eco-desarrollo, adopción, creación, adaptación y divulgación de metodologías para la aplicación de la producción de biogás en zonas rurales marginadas propuestos son: el eco-desarrollo, las alianzas estratégicas entre el pueblo y las diferentes dependencias de gobierno, las Redes de Acción Socio-Ambientales Comunitarias. Estas se interrelacionan en una visión integradora de la realidad para promover alianzas de conciencia entre los distintos actores comprometidos con la sustentabilidad y el desarrollo que conforman las diferentes estructuras sociales.

## **Líneas de intervención de la información del biogás**

Para el estudio de un sistema complejo como lo es la adopción del biogás en las zonas rurales se consideran como elementos fundamentales la sostenibilidad económica, ambiental y social, por lo que es necesario tener presentes los siguientes conceptos:

- Uso sostenible.
  
- Sostenibilidad medioambiental.
  
- Sostenibilidad social.
  
- Dimensión espacial.
  
- Dimensión temporal.

La escasa divulgación de información por parte de las dependencias de gobierno y la falta de interés de los mismos, así como la apática participación de la educación agraria superior en México, han creado un ambiente unilateral con tendencia individualista, una mala formación académica y el desacomodo de la definición de términos que contribuyan a la integración para constar el desarrollo.

Comenzar con una plasticidad de la información, aunada a una campaña de extensionismo teórico que pise hasta los rincones mas alejados de las sociedades rurales es responsabilidad de quienes buscan construir una nueva dialéctica de la naturaleza adaptada a las distintas facetas culturales que México presenta, esto con fines de abrir enfoques, perspectivas y panoramas al individuo del sector rural, comunicarle que bajo sus propia situación pueden nacer nuevas y mejores condiciones que mejoren su calidad de vida.

Hacerles saber que durante años de marginación y olvido han contado con materia prima suficiente para revertir condiciones de pobreza y miseria que el desarrollo propio viene sujeto al despertar de la conciencia. Sería resultado de la disociación de la nueva información a diferencia de la existente.

La importancia de que la información sobre el problema de la energía y lo que representa el biogás como opción real para los pueblos debe de ser una expansión masiva a través de los medios de comunicación existentes.

Impactar en el desarrollo de tecnologías y metodologías al alcance de las familias rurales, a continuación se describen algunos parámetros de las condiciones y posibles soluciones que serian de gran ayuda a los que pretendan echar andar un proyecto de biogás en las zonas rurales de México, se describen panoramas a grandes rasgos ya que el territorio mexicano es ampliamente extenso de igual forma la pobreza y se necesitarían algunos años para recopilar características que presenta cada región.

### **El biogás como tecnología socialmente apropiada para la generación de energía en zonas rurales de México**

El biogás es apropiado porque reúne las siguientes condiciones: es ecológicamente adecuado, satisface necesidades y contribuye al mejoramiento de las condiciones de vida sin degradar el ambiente; es económicamente viable, su costo de instalación es accesible y se amortiza. Rinde ganancias durante un largo tiempo y son socialmente equitativas. Son aptas para una aplicación descentralizada y sencillas de instalar y mantener, por lo que son útiles en las zonas rurales, alejadas y de difícil acceso.

Representa una posibilidad de transformar la biomasa en energía mediante una biodigestión anaeróbica. Un beneficio que implica esta tecnología, es la sustitución de leña por el biogás.

Con el desarrollo de tecnologías de energía renovable, en particular el aprovechamiento de biogás, se abre la oportunidad para que estos desechos sean utilizados en la producción de energía eléctrica y calórica. Los desechos de granjas porcinas, establos y rastros, presentan una gran potencialidad de generación de biogás, con la cualidad de que la energía generada con este compuesto, puede ser usada en diversos procesos productivos al interior de las explotaciones, de forma amigable con el medio ambiente.

Y no sólo eso, sino que actualmente, bajo los llamados mecanismos de desarrollo limpio, el biogás proveniente de los desechos animales y residuos agrícolas, se ha convertido en una fuente de ingresos al realizar su quema directa y contabilizarlos como bonos de carbono.

### **Condiciones que favorecen el desarrollo del biogás en México**

En el sector agropecuario más tecnificado de nuestro país, existen una gran cantidad de unidades productivas, que generan diversos desechos orgánicos como estiércoles, residuos de cosecha y malezas, los cuales hasta hace relativamente poco tiempo, se habían considerado como un problema de salud pública y contaminación ambiental.

En el caso del sector rural marginado, que abarca del centro hacia el sur de nuestro país, en donde las condiciones prevalecientes (falta de vías de comunicación, bajo desarrollo tecnológico en el sector agrario, falta de conocimientos sobre la producción de biogás, una débil economía, entre otros), presentan un panorama poco prometedor para el desarrollo de tecnologías como la del biogás. Por lo tanto, la problemática no es la falta de materia prima, sino la carencia de una metodología de divulgación, capacitación y apoyo económico del sector oficial para el uso del biogás, aplicable a las condiciones socioeconómicas de estas áreas del país.

Por otra parte, cabe señalar que dentro de lineamientos de política de la SAGARPA, se han instrumentado diversas acciones buscando fomentar el uso y aplicaciones de la energía renovable en el sector agropecuario, con el fin de generar un desarrollo rural sustentable, que coadyuve a disminuir los impactos negativos del medio ambiente.

Pero esto solo se ha visto en el sector tecnificado que se encuentra en el bajío y el noreste de México el cual siempre ha sido mejor beneficiado por las políticas agrarias, por ser la parte que mejor representa el desarrollo del agro en nuestro país y la mejor imagen del modo de producción capitalista, el cual determina un desarrollo inequitativo que trae como consecuencia un incremento de pobreza y marginación.

### **El caso del rancho la perla en Fresnillo Zacatecas**

En una visita al rancho la perla, ubicado en el municipio de Fresnillo en el estado de Zacatecas dedicados en su mayoría a la ganadería y producción de algunos cultivos (chile y maíz, entre otros), se observó la instalación de dos biodigestores destinados a la producción de biogás, con el objetivo de aprovechar el excremento del ganado y los residuos de cosecha acumulados.

Entre pláticas y comentarios se observó que las necesidades de energía, el alto costo del gas LP y la energía eléctrica obligaron a adoptar la tecnología, para poder tener un poco de autonomía energética y aprovechar los estiércoles y residuos de cosecha que antes representaban un grave problema para la salud de la familia debido a los olores y las emisiones de gases tóxicos que despiden.

La aplicación que se le dará, es para calefacción de invernaderos, uso doméstico (cocinar y calentar agua), así como el alumbrado del mismo rancho, y el efluente resultante de biodigestión servirá como abono orgánico, satisfacer estas necesidades son el objetivo primordial, del por qué y el para qué, de la adopción de la producción de biogás y además de ser pioneros y servir como ejemplo de sustentabilidad para los demás ranchos circunvecinos.

Esto marcará la pauta para que más ranchos tomen la iniciativa de producir biogás y secuencialmente a largo plazo se constata la importancia y se adopte esta metodología, así como una apropiación resultante de todos los beneficios que trae consigo la puesta en marcha de un buen proyecto como lo es producir biogás a partir de residuos orgánicos. Como observación cabe destacar que este municipio está dedicado en su mayoría a la ganadería, lo cual genera una cantidad una tonelada de materia prima para la instalación de biodigestores de escala semi industrial. Además de una minoría dedicada a la producción de maíz y chile lo cual genera una buena cantidad de residuos de cosechas, que también es materia prima para la producción de biogás.

El municipio cuenta con buenas vías de comunicación, una ubicación favorable y una situación económica bastante equilibrada y apropiada para el desarrollo de tecnologías como la del biogás.

### **Características de las aéreas rurales marginadas de México y el biogás como una opción real**

Las regiones rurales abarcan más del 80 % del territorio mexicano y en ellas habitan 37 millones de personas, es decir 36 % de la población mexicana. Las sociedades rurales de México padecen de empobrecimiento, desintegración social, emigración en gran escala y devastación ambiental, la mayor parte de los pobres continúan viviendo en zonas rurales y luchando contra todo para sobrevivir.

Para muchos, la pobreza y la marginalidad aún son obstáculos difíciles de superar. El debate moderno alrededor del desarrollo rural, inspirado en parte por la búsqueda de la sustentabilidad, refleja la profunda polarización que permea todas las dimensiones de la vida en México.

Las historias estereotipadas de la modernización en nuestro país describen la marcha del progreso en términos exageradamente benévolos para un sector de la sociedad.

El análisis convencional del desarrollo agrícola, presentado año con año, por las dependencias de gobierno, como ejemplo, SAGARPA, alaba y premia a los pocos productores que tienen los recursos y conocimientos para utilizar paquetes agresivos e innovadores destinados a modernizar las formas y modos de producción, los productores pobres son circunscritos por su herencia étnica y social, y por una carencia de conocimiento y capital, destruyen y desperdician el potencial productivo de su legado natural; siguen cultivando productos tradicionales en lugares inadecuados, carecen de técnicas y metodologías diseñadas de acuerdo a sus condiciones de vida.

Es por eso que el biogás puede describirse como una técnica agradable de desarrollo para las zonas rurales de México, no solo por su relación con el medio ambiente, si como una práctica de integración entre familias, de enseñanza y aprendizaje en la práctica del desarrollo desde el seno de los hogares implicaría participación de cada integrante que conforma una familia rural.

El biogás representa esa innovación e introducción de la biomasa como tecnología, por lo tanto describir las características que distinguen a este modo de producción, es hablar de equilibrio entre hombre y ambiente.

Liberarse del uso abusivo de la leña en mayor porcentaje es la idea descriptiva de la metodología que se cree o adopte, esto para hacer más fácil su introducción y aplicación en la escala rural, disminuir los riesgos de salud por el humo y su toxicidad producida por las emisiones de la biomasa utilizada en la mayoría de los hogares, poner en marcha un modelo de biodigestores caseros, donde se emplee tecnología de fácil acceso, manejo, construcción y movilidad es tarea de quienes ven el biogás un símbolo de desarrollo sustentable y no de pobreza.

La parte de lucha de conciencia, implica cambiar la perspectiva del campesino, abrirle un panorama sobre las consecuencias de usar la leña para cada actividad donde se requiere energía para cocinar. El biogás no implica un cambio del estilo de vida, si no más bien hacerla parte de ella, introducirlo en la cultura dependerá mucho de los resultados paulatinos.

Elaborar manuales adaptados a todas las identidades culturales presentes en nuestro país, implica un uso de la dialéctica extensa y digerible para cada caso en particular, la impartición intensiva de cursos, publicaciones y conferencias que describan el porqué necesitamos conocer mas sobre el biogás, todo esto con el único objetivo de mejorar las condiciones y calidad de vida en el sector rural que hace años busca y pide una solución, eso representa el biogás, solo falta ejecutar, diseñar, adaptar la información, mejorar la técnica de aplicación y enseñar como hacerse de ello.

### **Materia prima existente**

Existe una enorme cantidad de materia prima, ya que generalmente las zonas rurales están rodeadas por una inmensa cobertura de recursos naturales y sus actividades culturales les generan residuos de cosecha, así como sus actividades domesticas.

Por mencionar algunos tipos de materia existente, hojarasca, bagazo de caña, café, rastrojo de maíz, frijol, plátano, excremento de aves de corral, entre otros. Por lo tanto se propone lo siguiente para el diseño e instalación de plantas de biogás en el sector rural.

- Disponibilidad de materiales de construcción al alcance del campesino o lo que este disponible que sea útil.
- Cantidad de materiales necesarios y sus costos.
- Otros materiales de insumo disponibles para incrementar la producción de biogás.
- Tipos de suelo donde se desea construir.

- Conocimiento de experiencias y personas capacitadas en la construcción de estas instalaciones, para generar una buena capacitación de las familias.
- Abundante materia orgánica fermentable.
- Los materiales deben estar en buen estado, para evitar accidentes.
- La alimentación de la planta debe ser continua, automática o manual.
- La persona que maneja la planta debe conocer la tecnología.
- Capacitar al usuario como debe cómo emplear sus grandes beneficios.

### **El problema de la energía en el sector rural marginado.**

La mitad de la población de México, la mayoría ubicada en las zonas rurales marginadas, utiliza biomasa para cocinar los alimentos, así como para calefacción y para calentamiento de agua. Si bien el biocombustible más usado es la leña, en muchos lugares se usa estiércol, residuos de cosecha y carbón vegetal, esto varía de acuerdo a la región geográfica.

En la gran mayoría de los casos, la biomasa se quema en fogones abiertos. En estos dispositivos, la combustión se da de manera incompleta debido a que se encuentran a cielo abierto y la pérdida de calor es mayor, lo que provoca emisiones de partículas y gases contaminantes, que a su vez provocan varios problemas de salud.

Los usuarios mixtos por lo general utilizan la leña como combustible principal, y el gas como combustible complementario; usan leña para las tareas con mayor demanda energética (tortillas, nixtamal, frijoles), y el gas para tareas menores, por lo que la estufa de gas adquiere un papel parecido al que tiene el horno de microondas en las ciudades.

En el caso de la electricidad, las regiones montañosas, las faltas de vías de comunicación, la ubicación de los pueblos marginados, impiden la entrada de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para llevar a cabo un proceso de electrificación que puede impulsar un mejor desarrollo, pero la falta de organización y vinculación con las distintas dependencias de gobierno es escasa y rara vez o a veces se ve la presencia del gobierno en estos sectores de la sociedad.

El problema y característica principal de las zonas rurales es su dependencia al uso excesivo de leña, la aplicación de la tecnología del biogás no está obligada a sustituir el uso de la leña, si no a disminuir dicho consumo.

### **Recursos con los que cuenta el área rural de México.**

Los pobres de las ciudades y de las zonas rurales también son pobres en cuanto a disponibilidad de energía. Sin embargo, el hecho de que los segundos vivan en áreas remotas y dispersos implica que sea un gran desafío suministrarles energía confiable y a precios accesibles.

Podrán existir familias rurales con mayores posibilidades para poner en marcha nuevos proyectos como el biogás, pero de la misma forma existe un gran número que no cuenta con ningún tipo de recursos para la puesta en marcha.

Abundante materia prima y una disponibilidad de fuerza de trabajo en la mayoría de los casos es la realidad que se puede describir, generar vinculación entre el sector rural marginado y las distintas escalas de gobierno, crear proyectos adaptados a las necesidades y condiciones, para la obtención de recursos para poner en marcha biodigestores caseros de tecnología accesible.

Formar y organizar grupos de campesinos para gestionar los suficientes recursos económicos o porcentajes para echar andar el proyecto de la producción casera de biogás.

De esta forma se podría tener un mejor contexto de los recursos existentes en el medio rural, de otra forma solo se cuenta con la materia prima y la mano de obra para echar andar proyectos que beneficien ha dicho sector.

Considerar también los apoyos que llegan del extranjero, como una gran oportunidad para impulsar el desarrollo social y económico.

### **Impacto del biogás en las familias rurales.**

El impacto que se puede describir a grandes rasgos, mejorar el nivel y calidad de vida, un ingreso de mayores recursos para el sustento familiar, ir eliminando los problemas de salud que generaban por el uso agraviado de la leña. Así como un mejor aprovechamiento de la energía para las distintas actividades domesticas y conforme se muestre garantía en los avances ir disminuyendo la dependencia a quemar leña en sus distintas actividades culturales.

Disminuir el grado de contaminación en el interior de los hogares, ya que el humo que se desprende, es altamente nocivo y toxico para el hombre. O de igual forma pueden mostrar desinterés en adoptar esta tecnología, debido a la falta de resultados o el mantenimiento les parezca tedioso para poner en marcha los biodigestores.

Posibles problemas que afectarían los procesos de desarrollo de la tecnología a nivel rural.

### **Técnicos**

- Operación y mantenimiento les paresa muy laborioso o difícil de llevar acabo.
- Insuficiente entrenamiento a los usuarios debido a la falta de manuales técnicos.
- Carencia de biomasa para alimentar a los digestores.
- Carencia de asesoría técnica local.

### **Localización**

- Alejados de la fuente de suministro de biomasa debido a la falta de vías de comunicación o el punto de la geografía donde se encuentren.

### **Diseño y construcción**

- Carecen de experiencia en el empleo de técnicas de construcción y materiales, falta de conocimientos de los materias que podrían utilizar sin necesidad de usar tecnología sofisticada.

### **Institucionales**

- Carencia de guías de alto nivel para mantener la promoción de la tecnología del biogás.
- Insuficiente coordinación institucional para el desarrollo de proyectos de biogás.

- Ausencia de programas nacionales para el desarrollo del empleo del biogás.

- Ausencia de entrenamientos de trabajadores de extensionismo en tecnologías de biogás.

### **Problemas socioeconómicos**

- Alta inversión inicial con respecto al poder adquisitivo de pequeños productores

- Resistencia al cambio en el uso tradicional de las excretas de animales y en especial el uso de la leña.

- Derivados de las formas de producción empleadas, por ejemplo, la cría intensiva.

### **Problemas financieros.**

- Incertidumbre de su beneficio

- Ausencia de políticas de crédito blandos

- Insuficiente presupuesto para investigaciones y proyectos de demostración.

## **Riesgos.**

- Los riesgos de incendio y explosión que acarrea.
- Los efectos contra la salud de algunos de sus componentes.
- Malos olores que despide el metano.

El metano, principal constituyente del biogás, es inflamable y, en determinadas proporciones con el oxígeno del aire, es explosivo. Otros gases presentes en el biogás en menores proporciones, como el hidrógeno, comparten estas propiedades.

Existe riesgo de accidentes incluso para lugares circunvecinos, debido a que en ausencia de las adecuadas medidas preventivas, el biogás es capaz de migrar a través del terreno a cientos de metros.

Esta serie de parámetros los cuales impedirán la adopción del biogás en los sectores rurales, se pueden combatir con el uso indicado de la información para generar conciencia de su importancia.

La planificación de buenas metodologías aplicadas al desarrollo de la sociedad rural, parece ser un reto y más aun con la tendencia de regresar y encontrar el equilibrio entre el espacio del hombre y lo permanente de la naturaleza.

**Existen diversas formas de aprovechamiento del biogás producido a partir de residuos los cuales se presentan a continuación:**

- Cocinar alimentos, calentar agua, alumbrado del hogar.
- Producción energética económica, dando por resultado ahorros del efectivo.

- Mejora del sistema de cultivo reciclando el abono con biodigestores para producir el gas para cocinar y efluente para el biofertilizante.
- Una reducción de la carga de trabajo física especialmente de las mujeres y los niños.
- Una reducción de la presión en los recursos naturales como leña y carbón vegetal.
- La venta de bonos de carbono.

### **Impacto en la escala regional rural**

A nivel regional su impacto se podrá notar en la satisfacción que se observe entre familiares y vecinos, que comenten sobre los beneficios que ha traído la introducción del biogás en sus hogares, una mejor calidad de vida y un mejor ambiente.

Se podrá notar una menor dependencia al uso de la leña y se podrá expandir o ser adoptado por más familias que se limiten a participar, un ahorro de energía y un mejor aprovechamiento de la biomasa que antes utilizaba como energía.

Mantener el interés de la gente puede describirse como el mayor impacto, ya que mediante esto dependerá el desarrollo del biogás y su aplicación en los demás hogares, el interés se puede fomentar mediante pláticas, cursos donde resalten la importancia del biogás como energía y la importancia que tiene a nivel mundial.

También impactaría de forma general en los panoramas que a continuación se describen:

- Mitigar la alta contaminación ambiental local y proteger la salud sobre todo de la mujer y los niños al cocinar alimentos, con los gases tóxicos que emanan de la quema de estiércol seco y leña; y la contaminación por la falta de estrategias de manejo de residuos.
  
- Solucionar el problema del abastecimiento de fuentes energéticas alternativas para la vivienda familiar.
  
- Manejo adecuado de residuos y disminución del vertido de efluentes humanos y animales al medio ambiente, con los respectivos efectos negativos en la salud humana.
  
- Deterioro del medio ambiente, por el uso irracional de los recursos naturales en este caso la leña, tola u otros energéticos de la zona fundamentalmente. Con el peligro de deforestación y por ende la pérdida de biodiversidad en la zona.
  
- Disminución de la extrema pobreza y sus factores colindantes; la presión al medio, por la degradación y contaminación.
  
- Reducir el deterioro de la calidad de vida en la zona, debido fundamentalmente al sistema de recolección de recursos que tiende a ser muy exigente, en cuestión de tiempo y trabajo fundamentalmente de las mujeres y niños principalmente.
  
- En la falta de fuentes energéticas económicas, de fácil obtención para la cocción de alimentos e iluminación.
  
- Una buena solución al alto costo económico y social con el uso de las actuales fuentes energéticas.

## **El proceso de adopción del biogás**

Uno de los grandes problemas que presenta México es la dispersión de la población rural en su territorio; sin embargo, con el objetivo de atender las necesidades de energía eléctrica y/o de alumbrado y de gas para estufas de las comunidades más alejadas, plantean el desarrollo y adopción de sistemas energéticos integrados que impulsen el desarrollo, como es el caso del biogás.

El proceso de adopción de la producción de biogás será de forma secuencial y paulatinamente, esto debido a los estilos de vidas que se caracterizan por tener un arraigo cultural y tradicional, los cuales impiden un cambio radical debido a la transición generacional. Aunado a esto los resultados tienen que impactar, deben de convencer, hacer notar que su calidad de vida empieza a aumentar, debido al encaje de esta nueva forma de aprovechar la materia prima proveniente de sus actividades agrícolas o de recolección natural.

El proceso de adopción es el primer paso del enfoque de aplicación de la tecnología de biogás, a partir de una serie de análisis y estructura de las condiciones que se generan y beneficios, que resaltan en el grado de convencimiento, satisfacción y participación de las diferentes estructuras sociales y en particular de las familias rurales. Esto se puede medir mediante la aplicación de encuestas como practica del modelo proyectivo de recopilación de la información.

La adopción del biogás, significaría la tecnificación de la forma de generar energía, eficientar el sistema tradicional de actividades culturales y de necesidad domestica, sin duda se trataría de una repercusión en los distintos componentes sociales que caracterizan a una determinada región. Esto significaría dejar de usar leña para los procesos de cocción de algunos alimentos, mas no alteraría los patrones tradicionales de fabricación o producción de algunos productos y subproductos de la cocina familiar rural.

Los proyectos de biogás deben de cubrir las expectativas de la población, ya que se han generado otras investigaciones, como la creación de estufas ahorradoras de leña esto con la finalidad de darle un uso eficiente, evitar perdidas de energía y daños contra la salud de las familias, pero la realidad de la situación es que la mayoría de los habitantes solo participan por apoyos económicos que se desprenden ahí y conforme avanza el tiempo botan el proyecto regresando a su antigua forma de producir energía, en definitiva el biogás debe de impactar y constatarse como la mejor opción energética para los medios rurales, que no tienen acceso a otras fuentes de energía.

Consolidar la adopción del biogás, dependerá del seguimiento y el grado de compromiso de quienes buscan dentro de las mismas condiciones, generar nuevas y mejores expectativas de desarrollo.

Parámetros a tomar en cuenta para el proceso de adopción de la tecnología del biogás son:

- Expandir la información en el mejor sentido digerible y constatar el grado de convencimiento.
  
- Ponerla al alcance toda la información sobre la producción de biogás, esto a través de manuales adaptados a los distintos lenguajes.
  
- Adaptar metodologías a las distintas estructuras sociales que conforman a México.
  
- Dar a conocer las principales dependencias de financiamientos para poner en marcha un proyecto a distintas escalas.

- En el caso del sector rural marginado, hacer una adaptación de la tecnología existente para que pueda llegar lo más lejos posible.
- Elaborar una encuesta para recabar información sobre la disponibilidad de las familias para poner en marcha una planta casera.
- Mostrarles el impacto de la producción de biogás que se ha visto en otros países y los beneficios que trae consigo el hacerse de esta tecnología.
- Dar a conocer el porcentaje de factibilidad y viabilidad de los materiales.
- En el caso de las universidades, generar tecnología al alcance del bolsillo del campesino.
- Generar proyectos para la gestión de recursos, con finalidad de llevar la tecnología de biogás a sectores marginados que traerán consigo una serie de beneficios satisfactorios.
- Empaparse teóricamente y prácticamente sobre la aplicación de la tecnología del biogás.
- Conocer las características y el potencial de las distintas zonas rurales.
- Dar a conocer los beneficios que trae el uso del biogás en comparación con otras fuentes de energía.
- Analizar los parámetros que impiden la apropiación de la producción de biogás.

- Evaluar las condiciones sociales, políticas y económicas que propicien el desarrollo de esta nueva técnica sustentable de producir energía (biogás).
- Adaptar tecnologías industriales para las condiciones que presentan las zonas rurales.

Para el desarrollo de programas nacionales destinados a las zonas rurales como el biogás se propone tomar en cuenta lo siguiente:

- Agrupamiento de todas las instituciones de desarrollo de investigaciones y tecnologías y de desarrollo rural que trabajen en tema del biogás.
- Cursos de entrenamiento en diferentes tecnologías, en especial la del biogás.
- Desarrollar facilidades para la adquisición de créditos para poner en marcha el proyecto familiar
- Distribución del trabajo en equipos de acuerdo a propósitos específicos, tales como: Investigación, ejecución y puesta en marcha, coordinación y promoción.
- Coordinación de programas y proyectos nacionales y extranjeros de cooperación para el desarrollo.
- Construcción de biodigestores por personas técnicamente calificadas.

Todo lo anterior se describe como parte de la metodología del proceso adopción del biogás, en las zonas rurales marginadas como parte integral del modelo teórico de desarrollo sustentable que descansa en líneas ecológicas de el buen aprovechamiento de los recursos naturales para impulsar el desarrollo económico, social, cultural y político de este sector de la sociedad que necesita la innovación del pensamiento científico, así como la reflexión y conciencia para generar beneficios.

### **Beneficios y particularidades**

- La experiencia internacional demuestra que el biogás produce diversos tipos de beneficios a los sistemas energéticos y a los países en su conjunto. Estos beneficios son tanto económicos, como sociales y ambientales.
  
- Reducción de los costos y los riesgos económicos de la energía, contribución a la soberanía energética, aumento de la seguridad en el abasto de energía, mayor acceso a servicios energéticos sustentables en áreas rurales y fomento del desarrollo industrial y rural.

### **Ventajas del biogás**

- Producción de energía económica para los hogares rurales.
  
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
  
- Mejora el sistema de cultivo por el recicle de materias orgánicas.
  
- Reducción de la contaminación y el manto friático.
  
- Diseño de biodigestores de estructura flexible.

## **Desventajas**

- Riesgo de explosión por fugas y no cumplir las normas de seguridad.
- Transporte para el traslado de la materia orgánica.
- Insumo de productos y energía eléctrica.

## **Resultados a corto, mediano y largo plazo**

A corto plazo se puede decir que se espera un cambio cultural de conciencia de los beneficios ambientales, económicos y sociales que representa el biogás tanto como para las zonas rurales y los de más sectores que conforman la sociedad.

A mediano plazo la puesta en marcha de algunos prototipos caseros en uno que otro hogar rural, una conciencia mejor definida y una mayor disponibilidad de los habitantes y el comienzo de la adopción de esta tecnología.

En el largo plazo, una aceptación completa por parte de los habitantes de una determinada región rural, así como un gran manejo y construcción de biodigestores caseros.

El cambio del uso de la leña por el biogás, como mejor fuente de energía, la adopción completa de la tecnología, un mejor manejo de la biomasa como fuente energía y un mayor aprovechamiento de los recursos naturales que impulsen el desarrollo.

## CONCLUSIONES

El biogás representa una opción real de seguridad energética para México y en especial para apuntalar el desarrollo en las zonas rurales marginadas. Porque con los requisitos de equilibrio entre el hombre y el ambiente y no es un símbolo de pobreza y marginación, si no mas bien de desarrollo y bienestar, para las familias del sector rural, que carece de tecnologías debido a la creciente acumulación del capital.

A pesar de los aportes tecnológicos por parte de la investigación científica aplicada para constatar el desarrollo sustentable, se requiere también considerar los aspectos sociales o culturales implícitos en el manejo de los recursos naturales, pues los obstáculos a la sustentabilidad parecen ser principalmente sociales, institucionales y políticos

La generación de biogás permite la diversificación energética y puede ser un vehículo de transición hacia el uso de la energía renovable, al tiempo que puede mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales. Sin embargo, la generación de biogás no es la única vía para solucionar la pobreza del campo mexicano, pero si impulsaría el desarrollo, económico, cultural y social de las familias rurales de México.

En el análisis de la información del trabajo queda evidenciado que México en el corto plazo debe procurar una política integral de energía donde de manera prioritaria se de lugar a las energías renovables y en especial al biogás dado el notable decaimiento de sus reservas petroleras.

Una gestión integral basada en el eco-desarrollo y la sustentabilidad amerita una nueva dinámica de integración del Estado, con el sector productivo, afianzada en la articulación, coordinación, cooperación, racionalidad en el uso de los sistemas físico-naturales y humanos, que promueva el equilibrio entre el ser humano, la educación y la sociedad, con criterios de justicia y equidad, donde la universidad sea el agente capaz de dinamizar y promover los cambios y transformaciones que demanda la sociedad para lograr un desarrollo sustentable.

## LITERATURA CITADA

Arias, T. y V. Cervantes. (1994). Las estufas de barro ahorradoras de leña ¿Una tecnología apropiada para la región de la Montaña de Guerrero?, PAIR-UNAM, México.

Ávila Soler Enrique. Biogás: opción real de seguridad energética para México, instituto politécnico nacional 2009.

Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

Borrayo, R. (2002). *Sustentabilidad y desarrollo económico*. México: Mc Graw Hill.

Blas, J; Carneiro, R. 1994. Memoria. Primer Congreso Dendroenergético de Honduras: Impacto ambiental del uso de la leña en Honduras. Tegucigalpa, HN. p. 19-24.

Bruce, N, R Pérez-Padilla y R. Albalak. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. Bulletin of the World Health Organization, 78 (9): 1078-1092.

Brakel, J. 1980. Small-Scale Anaerobic Digesters (biogas plants): A critical Review of the Pre-1970 Literature Sofback, Ex-Library. Delft University Press.

Barrer H. A (1956). Bacterial Fermentations. Jonh Wiley & Sons, New York.

Bothi. K.L. and B.S. Aldrich. 2005. Feasibility study of a central anaerobic digester for ten dairy farms in Salem N.Y. Manure management program Cornell University. WWW.manuremanagement.cornell.edu.

Balance Nacional de Energía, www.anes.org, ANES 2005, México.

CETESB. 2002. Primer Inventario Brasileño de Emisiones Antrópicas de Gases de Efecto Invernadero. Informes de Referencia Emisiones de Metano en el Tratamiento y en la Disposición de Residuos. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental. Ministerio de Ciencia y tecnología.

Colom, A. (1998). *Ambientalismo y desarrollo sostenible*. Educación participación y ambiente. Caracas.

Cayetano H. (1997). Curso taller de promoción y construcción de estufas rurales en la comunidad de Santa Cecilia Lalana, Oax., ASETECO, Oaxaca, Oax.

Del Castillo Martínez, Adolfo (enero 1997). “La seguridad nacional de México y las relaciones con los Estados Unidos”. Quórum N° 49 pp. 61-65, México: Instituto de Investigaciones Legislativas de la H. Cámara de Diputados.

Diagnóstico: Situación de PEMEX. SENER, febrero de 2008.  
[www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

Drigo, R; Masera, O; Trossero, M. 2002. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping- WISDOM: a geographical representation of woodfuel priority areas. *Unasylva* 53(211):36-40.

Díaz R. (2000). “Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>” UNAM. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. pp. 113.

Díaz, R. y O. Masera. (2003). Uso de la leña en México: situación actual, retos y oportunidades. **Balance Nacional de Energía**. Secretaría de Energía, México D.F. pp. 99-109.

Díaz, R., R. Gabriel, O. Molina, S. Marcos y O. Masera. (2003). La estufa PATSARI. Manual del constructor. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada A. C.-Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Pátzcuaro Mich.

Elguea, J. 1989. Las teorías del desarrollo social en América Latina, una reconstrucción racional. El Colegio de México. México.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2001. La agricultura, víctima y villano del cambio climático, es la clave del debate sobre cómo entenderlo. (en línea). Consultado el 30 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/noticias/2001/011109-S.htm>

Gabaldón, J. (1998). *El desarrollo sustentable de Venezuela*. SIC, (606), 244-247. Caracas: Centro Cumilla.

Gonçalves, Carlos W. Porto 2001, *Geo-grafías. Movimientos Sociales, Nuevas Territorialidades y sustentabilidad*, (México, Siglo XXI).

Garcidueñas, A. R., 1987. *Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de Pinus montezumae Lamb*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Gliessman, S. R, 1998. *Agroecology, ecological processes in sustainable agriculture*. Chelsea: Ann Arbor Press.

Hohlfeld J, Sasse L. (1986). Production and utilization of biogas in rural areas of industrialized and developing countries. GTZ. Eschborn, Alemania.

Hiler Edward A., Stout Bill A. Biomass Energy. A Monograph. 1985. Texas A&M University Press. College Station.

Haberl, H., Schulz, N. B., Plutzer, C., Erb, K., Krausmann, F., Loibl, W., Moser, D., Sauberer, N., Weisz, H., Zechmeister, H. G. y P. Zulka, 2004. 'Human Appropriation of Net Primary Production and Species Diversity in Agricultural Landscapes'. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 102, No. 2: 213-218.

Jalée, Pierre 1968, *Le Pillage du Tiers Monde* (París: François Maspero).

Leff, Enrique 2000, "Pensar la Complejidad Ambiental", en Leff, Enrique (coordinador) *La Complejidad Ambiental* (México: Siglo XXI/UNAM/ PNUMA).

Leff, Enrique 2001a, *Epistemología Ambiental*, (Sao Paulo, Cortez Editora) (tercera edición, 2003).

Leff, Enrique (coordinador) 2001b, "Los Derechos del Ser Colectivo y la Reapropiación Social de la Naturaleza: A Guisa de Prólogo", en Leff, Enrique (Coordinador), *Justicia Ambiental. Construcción y Defensa de los Nuevos Derechos Ambientales, Culturales y Colectivos en América Latina*, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, Serie Foros y Debates Ambientales No. 1 (México: PNUMA/CEIICH-UNAM).

Leff, Enrique 2001c, "Espacio, Lugar y Tiempo. La reapropiación social de la naturaleza y la construcción local de la racionalidad ambiental", *Nueva Sociedad*, No. 175, sept.-oct. 2001, Caracas, pp. 28-42.

Leff, Enrique 1994, *Ecología y Capital* (México, Siglo XXI).

Masera, O; Guerrero,C; Ghilardi, A; Velásquez, A; Mas, J; Ordóñez, M; Drigo, R. 2003. Multiscale analysis of fuelwood "hot spots" using the wisdom approach: a case study for Mexico. (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.102 p.

Mercer, E. y Soussan, J. 1992. Managing the World's Forests: fuelwood problems and solutions. Sharma, N (ed). US, Kendall. p. 177-213.

Mayorga, M. y Urbina, N. 1993. Extracción, comercialización y consumo de leña en la subcuenca D- Cuenca Sur del lago de Managua. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. 56 p.

Meyers, S y Leach, G. 1989. Biomass Fuels in the developing countries: an overview. *Economia delle fonti di energia*. 37-38: 35-90.

Masera, O; Navia, J; Cedeño, JC; Ochoa, S; Ruíz, G. 1997. Consumo y flujos de leña en la micro-región Lago de Pátzcuaro, Michoacán. (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. MX. 21 p.

Masera, O y Ordóñez, M. 1997. Determinación de municipios críticos por consumo de leña: resumen nacional y detalle para los estados de Michoacán, Oaxaca y Guerrero. FAO/MEX/TCP/4553(A). 14 p.

Masera, O; Masera D; Navia, J. 1998. Dinámica de los recursos forestales de la Región Purépecha: el papel de las pequeñas empresas artesanales. GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada). Michoacán, MX. 116 p.

Masera, O; Masera, D y Navia, J. 1999. Conservación y restauración forestales: retos y oportunidades a partir de un estudio sistémico de la demanda de productos forestales. *Sustentabilidad y desarrollo* 3: 289-303.

Masera, O; Saatkamp, B; Kammen, D. 2000. From Linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model. *World Development*. 28(12):2083-2103.

Masera, O; Guerrero, C; Ghilardi, A; Velásquez, A; Mas, J; Ordóñez, M; Drigo, R. 2003. Multiscale analysis of fuelwood "hot spots" using the wisdom approach: a case study for Mexico. (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 102 p.

Navia, J. (1992). *Estufas mejoradas, programa de difusión en Cheran Atzicurin*. Primera Reunión Internacional sobre energía y medio ambiente en el sector residencial mexicano. Comp. J.Quintanilla.

O'Connor, Martin 1993, "On the Misadventures of Capitalist Nature", *Capitalism, Nature, Socialism* 4(3):7-40.

ONU (Organización de las Naciones Unidas)/FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)/Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 1994. Memoria. Seminario regional sobre los sistemas

dendroenergéticos optimizados para el desarrollo rural y la protección ambiental. Santiago, CL. p. 45-50.

Olgúin, E. (1994). "Evaluación y optimización del uso de la leña a nivel familiar y de pequeñas industrias rurales". Instituto de Ecología, A. C. Jalapa, Veracruz.

Orozco, A.(1989). Manual sobre Digestión Anaeróbica. Presentado en "Seminario Internacional sobre Digestión Anaeróbica-Elementos de Diseño". Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2007-2016. SENER, 1ª. Edición, 2007.

Programa sectorial de Energía 2007-2016. SENER, 2007.

Rubén José Dorantes Rodríguez, 25 de septiembre de 2008. Las Energías Renovables Y La Seguridad Energética Nacional.

Rosío Vargas y José Luis Valdés Ugalde. "Dos modelos de Integración Energética". CISAN-UNAM, 2006.

Remedio, E. 2002. Wood energy and livelihoods patterns: a case study from the Philippines. *Unasyuva* 53(211):13-18.

RETA (Red de Tecnologías Apropriadas). (2004). Memorias del Taller de Intercambio de experiencias sobre estufas ahorradoras de leña. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 11pp.

Sergio Aguayo Quezada (1990). "Usos, abusos y retos de la seguridad nacional mexicana 1946-1990". En Aguayo Quezada, Sergio y Bagley, Bruce Michael.

Sandoval, I. E. y G. García Colorado 1999, *El Derecho a la Identidad Cultural* (México: Instituto de Investigaciones Legislativas, H. Cámara de Diputados).

Soussan, J. 1991. Building Sustainability in Fuelwood Planning. *Bioresource Technology* 35:49- 56.

Soussan, J. 1991. Building Sustainability in Fuelwood Planning. *Bioresource Technology* 35:49-56.

Segovia García, Carlos G. 2002. "Proyecto GEF-Banco Mundial en Monterrey" en: Memorias Primer Coloquio Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en rellenos sanitarios en México, ITESM, Aguascalientes, octubre

Stafford A. D. Hawkes L. D. (1980). *Methane Production From Waste Organic Matter*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.

Tripp, M y Arriaga, G. 2001. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales de 13 países tropicales de América Latina. Proyecto: madera para energía, México. 36 p.

Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H. y K. Hubacek, 2006. 'The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption'. *Ecological Economics*, 58: 676-698.

[www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2020.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2020.ppt).

[www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx).

[www.textoscientificos.com/energia/biogas](http://www.textoscientificos.com/energia/biogas)

[www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN\\_JUAN/676/otras\\_energias/biogas/biog\\_c2.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/otras_energias/biogas/biog_c2.htm)

[www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN\\_JUAN/676/otras\\_energias/biogas/biog\\_c2.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/otras_energias/biogas/biog_c2.htm)  
[www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos](http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos)

[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx), SENER 2005, México.

[www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx), CRE, México.

[www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx), CONAE, México.