

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**POR**

**GERARDO ISAAC VELÁZQUEZ VALDEZ**

**MONOGRAFÍA**

**ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS  
ORGÁNICOS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN COAHUILA MÉXICO**

**NOVIEMBRE 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TEMA

**ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS  
ORGÁNICOS**

MONOGRAFÍA DEL C. GERARDO ISAAC VELÁZQUEZ VALDEZ  
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**APROBADA POR:**

ASESOR PRINCIPAL: Héctor Mad-R  
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR: [Signature]  
ING. JOEL LIMONES AVTIA

ASESOR: [Signature]  
M. C. ALFREDO OGAZ

ASESOR SUPLENTE: [Signature]  
M. C. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ

[Signature]  
M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



**Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas  
NOVIEMBRE 2009**

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TEMA

**ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS  
ORGÁNICOS**

MONOGRAFÍA DEL C. GERARDO ISAAC VELÁZQUEZ VALDEZ  
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**APROBADA POR:**

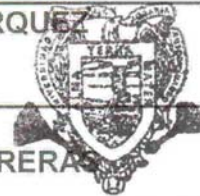
PRESIDENTE: Héctor Madinaveitia  
**DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS**

VOCAL: Joel Limones Avitia  
**ING. JOEL LIMONES AVITIA**

VOCAL: Alfredo Ogaz  
**M. C. ALFREDO OGAZ**

VOCAL SUPLENTE: Hugo Aguilar Márquez  
**M. C. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ**

Victor Martínez Cueto  
**M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS**



**Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas**

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

NOVIEMBRE 2009

# AGRADECIMIENTOS

## A Jehová Dios

Por darme la vida y permitirme llegar hasta este día. Por darme todas las cosas valiosas que tengo y que le debo una misión

## A mis Padres;

**Fidel Velázquez Morales y Rosalva Valdez Avelar**, por su gran esfuerzo para inculcarme buenos principios y a la vez aceptando mis decisiones en la vida. Los QM.

## A mis Hermanos

Por todo el apoyo moral, económico e incondicional de cada uno de ustedes

## A mi esposa Angie

Por su gran amor, paciencia y apoyo en todos los aspectos. TQM.

## A mi Alma Terra Mater

Por darme la oportunidad de salir adelante mediante sus maestros y la capacidad para obtener el conocimiento necesario para seguir adelante y por que se que jamás estaré arrepentido de haber elegido a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

## A mis Maestros

Por compartir conmigo su sabiduría, amistad y paciencia que me tuvieron. En especial al Dr. Héctor Madinaveitia, M. C. Alfredo Ogaz, Ingr. Joel Limones y M. C. Hugo Aguilar  
¡MUCHAS GRACIAS!

## A mis Amig@s

Por su amistad y por los buenos ratos de coto. ¡Que Dios los bendiga a cada uno de ustedes

# DEDICATORIAS

## A mis Padres

Por su comprensión y todo el amor que me han brindado, por enseñarme a ser una buena persona y a resolver los problemas que se presentan en la vida y a vencer obstáculos y barreras no solo en el transcurso de mi carrera sino que en cualquier situación que yo me encuentre. Porque ustedes siempre fueron fuente de inspiración para no quedarme atrás.

Eternamente les agradezco por esto y por muchas cosas mas, por hacer de todos nosotros sus hijos una gran familia que vive en armonía.

## A mis Hermanos

Les agradezco y también les dedico este logro por que ustedes también colaboraron apoyándome en lo que se pudiera; **Rode, Dari, Luis, Dora, Santiago, Aida, Magda, Dani, Omelia, y a todos mis sobrinos.**

## A mi esposa Angie

Por el amor, el apoyo y el cariño que me has brindado.

## A mi hija Beiry Tonantzi

Que inspiras y das un motivo más para salir adelante. TQM.

¡LOS QUIERO MUCHO!

# ÍNDICE GENERAL

|  | PÁGINA |
|--|--------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....   | i      |
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | ii     |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b> .....  | iii    |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b> .....   | v      |
| <b>RESUMEN</b> .....   | vi     |
| <b>I INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1      |
| <b>II JUSTIFICACIÓN</b> .....  | 3      |
| <b>III OBJETIVO</b> .....  | 4      |
| <b>IV REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....   | 5      |
| 4.1 Los residuos.....  | 5      |
| 4.1.1 Los residuos peligrosos.....   | 7      |
| 4.1.2 Los residuos sólidos inorgánicos (RSI).....  | 7      |
| 4.1.3 Los residuos sólidos orgánicos (RSO).....  | 7      |
| 4.2 Origen de los residuos sólidos orgánicos.....  | 8      |
| 4.2.1 Origen natural.....  | 8      |
| 4.2.2 Origen antropogénico.....  | 9      |
| 4.2.2.1 Residuos sólidos urbanos per cápita (RSU).....   | 10     |
| 4.3 Fuentes de producción de los residuos orgánicos.....   | 10     |
| 4.3.1 Residuos agrícolas.....  | 11     |
| 4.3.2 Residuos ganaderos o de granjas.....   | 12     |
| 4.3.3 Residuos industriales.....   | 13     |
| 4.3.4 Residuos domiciliarios.....  | 14     |
| 4.4 Efectos al medio ambiente debido a la excesiva<br>acumulación de residuos orgánicos (contaminación)..... | 15     |
| 4.4.1 Salud.....   | 16     |
| 4.4.2 Cambio climático.....  | 17     |
| 4.4.3 Ecosistemas terrestres.....  | 20     |
| 4.4.3.1 Agrícolas.....   | 20     |
| 4.4.3.2 Urbanos.....   | 20     |
| 4.4.3.3 Rurales.....   | 21     |
| 4.4.4. Ecosistemas acuáticos.....  | 22     |
| 4.4.4.1 Ecosistemas salinos.....   | 22     |
| 4.4.4.2 Ecosistemas de agua dulce.....   | 23     |
| 4.5 Gestión para la problemática de la basura.....   | 24     |
| 4.5.1 Rellenos sanitarios.....   | 25     |
| 4.5.2 Vertedero controlado.....  | 26     |
| 4.5.3 Vertedero no controlado.....   | 26     |
| 4.5.4 Incineración.....  | 26     |
| 4.6 Alternativas para mitigar el impacto que generan los<br>residuos sólidos al medio ambiente.....          | 28     |
| 4.6.1 Como fuente de biofertilizantes.....   | 30     |
| 4.6.2 Vermicomposta.....   | 31     |
| 4.6.3 Composta.....  | 31     |
| 4.6.4 Producción de biogás mediante biodigestores.....   | 33     |
| 4.6.4.1 Biodigestor tipo Hindú.....  | 38     |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.6.4.2 Biodigestor tipo Chino.....                        | 39        |
| 4.6.4.3 Biodigestor tipo saco o gusano.....                | 40        |
| 4.6.4.4 Plantas Industriales.....                          | 41        |
| 4.7 Perspectivas para el tratamiento de residuos orgánicos | 43        |
| 4.7.1 Uso de biodigestores en granjas.....                 | 43        |
| 4.7.2 Reducción y reciclaje de desechos sólidos.....       | 44        |
| <b>V PROPUESTAS DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA..</b>        | <b>46</b> |
| <b>VI CONCLUSIONES.....</b>                                | <b>48</b> |
| <b>VII RECOMENDACIONES.....</b>                            | <b>49</b> |
| <b>VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA .....</b>                      | <b>50</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| TABLA  |  | PAGINA |
|--------|--|--------|
| 1      | CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS<br>DESDE EL PUNTO DE VISTA<br>AMBIENTAL..... | 6      |
| 2      | PRINCIPALES COMPONENTES DE<br>BIOGÁS.....                                      | 34     |
|        |  |        |
| FIGURA |  |        |
| 1      | APORTACIÓN GLOBAL Y DE MÉXICO DE<br>EFECTO INVERNADERO.....                    | 18     |
| 2      | PROCESO DE ELABORACIÓN DE<br>COMPOSTA.....                                     | 32     |
| 3      | BIODIGESTOR TIPO HINDÚ.....  | 38     |
| 4      | BIODIGESTOR TIPO CHINO.....  | 39     |
| 5      | BIODIGESTOR TIPO SACO O GUSANO.....  | 40     |
| 6      | PLANTAS INDUSTRIALES PARA PRODUCIR<br>BIOGÁS.....                              | 42     |



## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación documental fue buscar una alternativa y viabilidad de aprovechar los residuos orgánicos que se generan en México, aprovechando sus propiedades ya sea como obtención de biogás o producción de compost, obteniendo grandes beneficios ambientales, como la eliminación de olores desagradables y disminución de posibilidades de transmisión de infecciones al ser humano causado por la mala gestión de los residuos orgánicos que generan microorganismos patógenos cuando entran en descomposición así como también contribuyendo a disminuir las emisiones de metano que favorecen al cambio climático. Debido a nuestra mala cultura no es fácil tener una buena gestión sobre los residuos, pero además del beneficio ambiental que podríamos adquirir también existe un beneficio económico llevando a cabo la tecnología que existe para producir biogás que puede ser empleado para uso doméstico o compost que puede sustituir a los abonos que contienen químicos que deterioran el suelo. En esta búsqueda de información se pudo ver que existen alternativas muy concretas para darles un buen uso a los residuos orgánicos. En los países más desarrollados se han establecido plantas tratadoras de residuos orgánicos, e incluso se ha logrado implantar programas para el manejo adecuado de los residuos orgánicos.

**Palabras clave:** *residuos sólidos, residuos orgánicos, compost, biogás, biodigestores.*

## I INTRODUCCIÓN

La basura es un de los principales problemas para el medio ambiente y para la salud humana, mas de la mitad de la que se genera en todo el mundo es basura orgánica es decir que se degrada rápidamente y al hacerlo causa malos olores, producen lixiviados que contaminan los mantos acuíferos y la vida marina, generan microorganismos que se convierten en vectores de enfermedades infecciosas y una mezcla de gases que son enviados a la atmósfera contribuyendo a el calentamiento global (Leiva, 2007).

En el mundo se generan miles de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) cada día, la mayor parte son depositados a cielo abierto sin ningún tratamiento, lo residuos que pertenecen a la fracción orgánica, son mezclados con residuos plásticos causando un problema muy grave para el medio ambiente, propiciando la proliferación de insectos y roedores que son vectores de microorganismos patógenos en humanos y animales. (Selva, 2005).

Debido a la carencia de una buena gestión, se produce una degradación de la materia orgánica que libera grandes cantidades de gases que son de efecto invernadero, principalmente el gas metano ya que este puede durar en la atmosfera de 10 a 15 años y es 21 veces mas toxico que el CO<sub>2</sub>. Aunque existen estrategias muy concretas para poder combatir los problemas medioambientales

que causan los residuos orgánicos, esta tecnología se ha ido aislando debido a la mala gestión de la basura, que dificultan la separación de residuos orgánicos de los inorgánicos, por lo tanto es necesario la búsqueda de alternativas para mitigar los efectos de la descomposición de los residuos orgánicos en el medio ambiente y la salud (González, 2007).

## **II JUSTIFICACIÓN**

La generación de residuos se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas y es previsible que continúe creciendo debido al aumento de la población y de actividades industriales que generan grandes cantidades de basura con un alto porcentaje de materia orgánica. Por lo tanto cada vez es más importante enfocarse a los cambios que se presentan en el medio ambiente y poder generar alternativas para mejorar la calidad de vida, y la generación de la basura orgánica es uno de los principales problemas para el medio ambiente en todo el mundo.

### **III OBJETIVO**

Efectuar una revisión documental y hacer propuestas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para solucionar la problemática y contaminación que genera al medio ambiente.

## IV REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Los residuos sólidos

Se entiende por residuo, cualquier material que resulta de los procesos de fabricación, transformación, uso, consumo o limpieza, cuando sus usuarios los destinan al abandono, frecuentemente convirtiéndose en basura al no reusarse o reciclarse, por lo que se mezclan y contaminan entre sí impidiendo que vuelvan a ser utilizados, siendo un problema porque, además de contaminar el suelo, agua y atmósfera, no hay suficientes expectativas para darle un manejo a modo de que se le saque el máximo provecho, como sucede en muchos lugares (IPN, 2006).

Cuando arrojamos un objeto a la calle, río o cualquier lugar que no sea correcto entonces estamos convirtiendo el residuo en basura, por que es un objeto que ya no tiene ningún uso, por lo cual su aspecto puede ser; suciedad, mal olor, falta de higiene, contaminación, desagrado a la vista. Considerando la normatividad sobre la regulación del manejo y disposición final de la basura, el termino "residuo" es mas apropiado que basura porque cuando se habla de residuos se habla de subproductos que podrían adquirir valor en si mismos a través de estrategias como el de reciclaje (Soaens, 1999).

Según sus características físicas de los residuos pueden ser gases, líquidos y sólidos, (ECODECO, 2006). Y pueden clasificarse según su origen,

pero generalizando todos los tipos de residuos independientemente cual sea su origen y viéndolo desde el punto de vista ambiental para realizar un manejo y tratamiento adecuado, se clasifican en residuos orgánicos, inorgánicos y peligrosos, como se muestran algunos ejemplos en la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos desde el punto de vista ambiental. (Pablos *et al.*, 2007)

| <b>Residuos inorgánicos</b>   | <b>Residuos orgánicos</b>                                  | <b>Residuos peligrosos</b>  |
|---|--|---|
| Son los residuos que no entran en descomposición y pueden ser reciclados. | Son los residuos que entran rápidamente en descomposición. | Son los residuos que conviene depositarlos en bolsa aparte, por su posible generación de perjuicios a la salud. |

**Ejemplos:**

|   |   |  |
|---|---|--|
| Papeles y cartones, vidrios, metales, latas, plásticos, cueros, maderas, telas, lanas, etc. | Restos de comidas, carnes, lácteos, cáscaras de verduras, frutas y huevos, huesos y grasas, papel mojado o sucio, heces fecales, restos de poda, etc. | Restos de pinturas, esmaltes e insecticidas, remedios vencidos, jeringas descartables, envases de aerosoles, pilas, patológicos como vendas, algodones, etc. |
|---|---|--|

---

En este trabajo se tratará lo relacionado a la basura orgánica

#### **4.1.1 Los residuos peligrosos**

Los residuos peligrosos son los que pueden tener cualquiera de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico infeccioso, por lo general estos son los que se apegan más a la normatividad por los daños que pueden causar a la salud (Bonfanti, 2004).

#### **4.1.2 Residuos sólidos inorgánicos (RSI)**

Los residuos inorgánicos están constituidos por materiales no biodegradables, y las cantidades generadas en una ciudad, depende esencialmente de los siguientes elementos (Soaenz, 1999):

- El nivel de vida: el crecimiento del nivel de vida produce aumento de la basura, en relación a los empaques, botes, plásticos, papeles, cartones, por el contrario este factor disminuye los residuos de alimentos, verduras, restos de carnes, grasas y cenizas.
- Estación del año: como es lógico, en verano se produce más residuos de verdura y fruta y en invierno quizá más botellas, latas y envolturas.

#### **4.1.3 Los residuos sólidos orgánicos (RSO)**

Los residuos orgánicos provienen de los seres vivos, ya sea animal o vegetal por lo que son biodegradables, es decir, tienen la capacidad de fermentar



y ocasionan procesos de descomposición. Aunque la naturaleza los puede aprovechar, como parte del ciclo natural de la vida, cuando se acumulan posibilitan la multiplicación de microbios y plagas, convirtiéndose además en potenciales fuentes de contaminación de aire, agua y suelo. Los que provienen de los vegetales tienen su origen en la transformación química por parte de las plantas de sustancias inorgánicas en orgánicas, usando la luz solar y el dióxido de carbono del aire como fuente de energía (Sariego, 2008).

## **4.2 Origen de los residuos sólidos orgánicos**

Los residuos sólidos orgánicos que provocan un impacto en el medio ambiente son producidos casi en su totalidad por el ser humano y una mínima parte por la naturaleza. Las cantidades de residuos orgánicos que se genera tienen directa relación con el número de habitantes, sus costumbres, los productos que consumen y el nivel de desarrollo social y tecnológico (Klees *et al.*, 2004).

### **4.2.1 Origen natural**

La contaminación por residuos orgánicos por naturaleza es casi nula, se podría decir que en zonas urbanas las hojarascas que desprenden los árboles son residuos, pero los árboles del campo y hasta los animales que se mueren son transformados totalmente, es decir, en la naturaleza nada se pierde, todo es

aprovechado. Por naturaleza solo pueden haber algunos casos de contaminación, como las que generan las erupciones volcánicas y en algunos lugares pueden haber altas concentraciones de arsénico en el agua, o la presencia de selenio en los suelos, estos pueden provocar graves daños a la salud, y sin embargo siguen representando un porcentaje muy bajo de los problemas de la salud pública por contaminación (Klees *et al.*, 2004).

#### **4.2.2 Origen antropogénico**

Uno de los principales problemas de contaminación en todo el mundo, son los residuos sólidos que casi en su totalidad, es procedente de la actividad humana. Su tratamiento y eliminación son un problema cada vez mayor, debido a su continuo crecimiento de la población, de nivel industrial y desarrollo tecnológico (Castrillon *et al.*, 2004).

Los residuos más abundantes en lo que se refiere a los orgánicos y también los más dispersos y difíciles de controlar, constituyendo uno de los principales focos de contaminación de las aguas subterráneas, superficiales y suelos son aquellos materiales resultantes de la actividad agrícola y ganadera que son destinados al abandono, constituidos fundamentalmente por grandes concentraciones de materia orgánica. Con el aumento de las explotaciones agrícolas y ganaderas intensivas, los problemas de la contaminación aumentarán si no son sometidos a un sistema de tratamiento, (Del Val, 2002).

#### **4.2.2. 1 Residuos sólidos urbanos (RSU) per cápita**

Derivado de un diagnóstico que se realizó sobre la generación y composición de los residuos en México, se obtuvieron datos de que cada habitante de México genera un promedio de 0.9 kg al día (desde 400 g en las zonas rurales, hasta 1.5 kg en las zonas metropolitanas), considerando una población total de 105 millones de habitantes, ocasionan que se produzcan casi 95,000 toneladas al día y alrededor de 35 millones de toneladas al año. De este total de residuos, 53 % son residuos orgánicos biodegradables, 28 % tienen un alto potencial de reciclaje y el 19 % restante corresponde a otros materiales; sin embargo se estima que sólo se recupera un porcentaje menor del 50 % de los materiales potencialmente reciclables (FEMISCA, 2007). Ante la grave problemática de alta contaminación a la que están expuestos la mayor parte de los municipios del país y el rápido crecimiento de la generación de residuos sólidos y materiales peligrosos debido al proceso de desarrollo que se ha dado en las últimas décadas se ha desencadenado un posible empeoramiento de la problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU) (SEMARNAT, 2007).

#### **4.3 Fuentes de producción de residuos orgánicos**

Todos los residuos generados por las distintas actividades que realiza el ser humano podrían clasificarse por varias fuentes de producción, en algunos lugares después de los residuos agrícolas, los residuos domiciliarios, son los que

abundan más y en muchas partes existe un manejo inadecuado y por lo tanto son una fuente generadora de la contaminación del suelo debido a la mala disposición de los residuos sólidos que al encontrarse expuesto a agentes externos en un medio, ya sea agua, aire o suelo pasan por una etapa de transformación, liberando toxinas, gases y sustancias tóxicas líquidas que además de cambiar las condiciones naturales del medio generan la proliferación de roedores y vectores que son agentes transmisores de enfermedades, también ocasiona emisiones de olores desagradables y de dar mal aspecto en los puntos críticos (Diorio *et al.*, 2003).

#### **4.3.1 Residuos agrícolas**

Los **residuos agrícolas** comprenden todas las partes de los cultivos alimentarios o industriales que no son consumibles o comercializables. Constituyen una serie muy heterogénea de productos, con el denominador común de una gran dificultad de eliminación, por tener como ya se ha mencionado, en muchos casos un elevado potencial contaminante. Los residuos agrícolas pueden clasificarse en tres tipos y es importante considerar sus propiedades para colaborar a restar el efecto que causan al medio ambiente y/o aprovechar sus posibilidades de reciclaje (Monreal, 2008):

- a) Raíces, hojas o frutos no aprovechables. Estos residuos se incorporan al suelo y contribuyen a mejorar considerablemente las propiedades físicas y

biológicas del suelo y en menor grado a aumentar el contenido en nutrientes del suelo.

- b) Tallos, y en general, la parte aérea de la planta que es preciso separar para facilitar la recolección o las labores agrícolas. Una parte considerable de estos residuos herbáceos son consumidos por el sector ganadero, como es el caso de las pajas de leguminosas y algunas de cereal o residuos verdes de cultivos, como remolacha azucarera o ciertos residuos de huerta.
- c) Residuos con potencial interés energético. Generalmente se trata de residuos lignocelulósicos que se suelen quemar en las propias tierras de labor. A esta categoría de residuos corresponden las pajas de los cereales grano y la caña de maíz, algunos cultivos industriales como los textiles y oleaginosas (girasol, algodón) y la poda anual de frutales y viñedos que en otras épocas eran utilizados como combustible doméstico pero que hoy constituyen un problema de eliminación.

#### **4.3.2. Residuos ganaderos o de granjas**

Los principales residuos ganaderos son los derivados del tratamiento de las deyecciones de animales (ganado vacuno, porcino, aves, etc.), llamados estiércoles y purines. Forman parte de los residuos orgánicos y, como tales, contienen en su composición una fracción orgánica, fuente de energía, y una fracción mineral, fuente de elementos inorgánicos, entre los que se encuentran representados todos los macro y micronutrientes necesarios para la vida de las

plantas. Aunque también puede contener sustancias orgánicas tóxicas, elementos minerales potencialmente tóxicos y microorganismos patógenos (Monreal, 2008).

#### **4.3.3 Residuos industriales**

Los productos contaminantes generados por la industria se producen en tres estados: sólido, líquido y gaseoso, lo cual puede contaminar los tres medios: atmósfera, agua y suelo. La definición de los residuos industriales sería aquellos productos de desecho generados en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, ningún valor económico, lo que puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados. Un producto considerado como residuo en un momento podría no serlo, si se le diera otro uso. El tratamiento de los mismos, lo que hace en ocasiones, es trasladar la contaminación de un medio a otro.

La clase de residuos producidos depende del tipo de industria de origen; una vez estudiada su naturaleza, se debe elegir un tratamiento adecuado. En nuestro país, como en todo el mundo, las industrias producen demasiados desechos que muchas veces no son adecuadamente tratados. Las industrias que procesan alimentos que provienen de origen animal o vegetal, pueden tener un potencial importante de aprovechamiento que no es explotado al máximo como los siguientes ejemplos (Castells, 2009):

- Producción de alcohol etílico mediante fermentación discontinua de melaza y destilación: producen vinazas como residuos líquidos.
- Extracción de aceite vegetal por prensado con centrifugación: liberan aceites, grasas, ácidos y sodas.
- Producción de azúcar: Por cada tonelada de azúcar producida, se generan 1.8 toneladas en residuos de biomasa.

#### **4.3.4 Residuos domiciliarios**

Los materiales sólidos o semisólidos que comprenden los desechos de la actividad familiar, como resultado de la preparación de alimentos, desgaste de útiles, muebles, indumentaria, los generados por locales comerciales tales como materiales provenientes de embalajes, envases (cartones, metales, maderas, vidrios, sogas, plásticos, entre otros) y los desperdicios de establecimientos expendedores de alimentos, los provenientes del servicio de barrido y limpieza de calles, mantenimiento de espacios verdes y jardines, la misma varía de acuerdo con el estrato social, las características fundamentales de la zona en estudio, si es principalmente residencial, comercial e industrial. También sufre una variación de acuerdo con la estación del año y asimismo ante situaciones. En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto, a los residuos plásticos. En cambio si el país está menos desarrollado la cantidad de materia

orgánica es mayor, hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo, y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales (IPN, 2006).

#### **4.4 Efectos al medio ambiente debido a la acumulación de residuos orgánicos (contaminación)**

La contaminación se puede considerar como la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona. Los residuos pertenecientes a la materia orgánica son los principales causantes de contaminación aun habiendo estrategias para poder controlarla, por lo tanto las cantidades de basura no deberían ser un problema ambiental, sino su mala gestión, la falta de estrategias más eficaces para mitigar los efectos adversos que provoca en el medio ambiente (Klees *et al.*, 2004).

La magnitud de la problemática de los residuos actualmente es grande y tiende a aumentar, por lo que se deduce que el volumen de producción de desechos es inversamente proporcional al nivel de desarrollo de vida (Peralta *et al.*, 2003). La mala gestión de residuos sólidos se debe en parte a la falta de educación, responsabilidad ambiental, y falta de alternativas y técnicas para una



buena gestión. Hablando de los residuos orgánicos, estos llevan asociado un riesgo biológico, diversos tipos de microorganismos susceptibles de causar algún tipo de infección. En muchos lugares de México es cada vez mas difícil de controlar las granes cantidades de basura generada. Más del 50% de los residuos sólidos que se generan pertenecen a materia orgánica y los gases que libera al descomponerse generan un impacto al medio ambiente (Sánchez *et al.*, 2006).

#### **4.4. I salud**

En la mayoría de los tiraderos o rellenos sanitarios no existe un tratamiento o aprovechamiento de los desechos orgánicos y se produce una degradación de la materia generando olores desagradables que propician la proliferación de insectos y roedores que son vectores de microorganismos patógenos que afectan a la salud humana. Según la revista Panamericana de la Salud, la acumulación de los residuos urbanos, puede causar más de 40 enfermedades que producen desde una simple colitis pasajera hasta infecciones de todo tipo que podrían ocasionar la muerte. En este sentido, los más vulnerables a sufrir cualquier tipo de enfermedades infecciosas, parasitarias o respiratorias son los niños menores de 5 años, los bebes recién nacidos y las personas de mayor edad, siendo mayor el riesgo para la población de muy bajos recursos sobre todo los más pobres que residen en los asentamientos marginales y los considerados indigentes. Este tipo de población, por lo general carece de una obra social que pueda cubrirle los costos de las enfermedades, por lo cual es

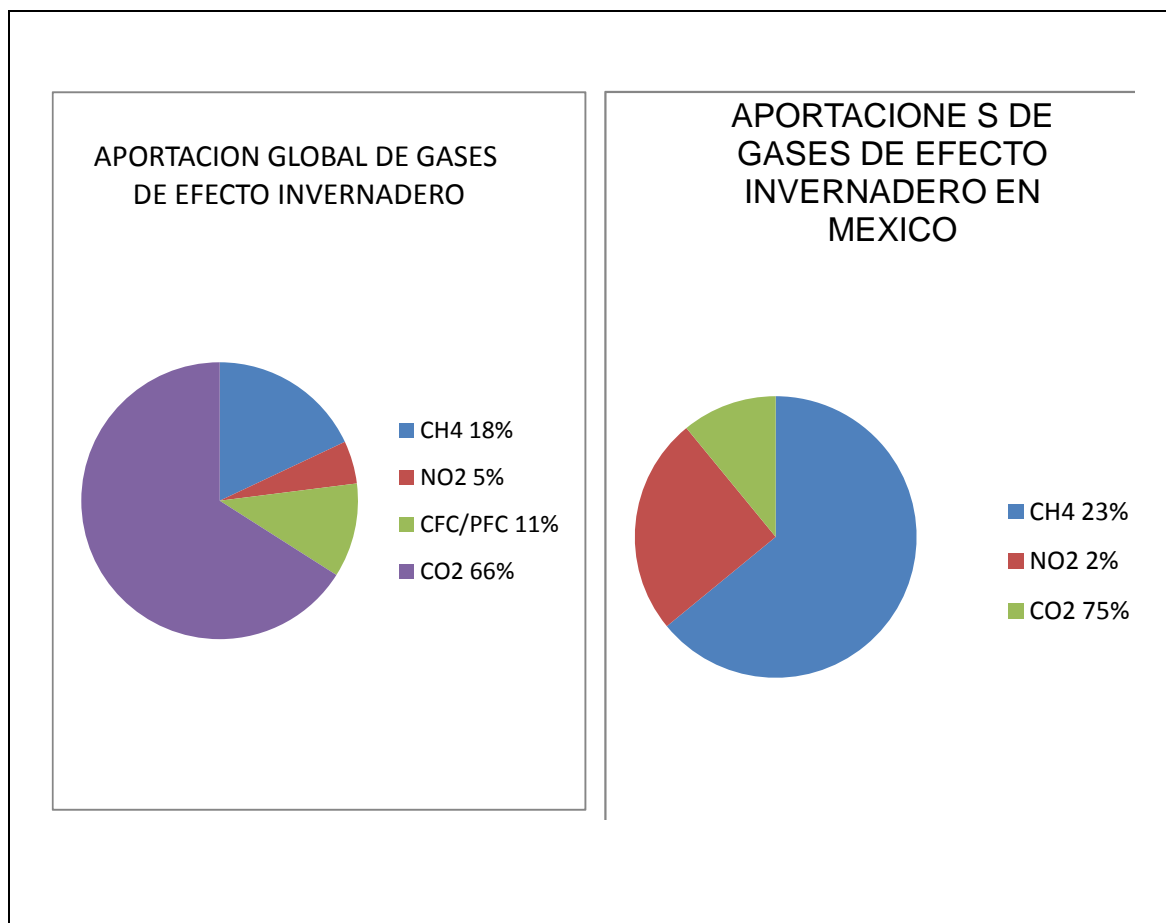
fundamentalmente en esos sitios donde es alta la mortalidad infantil. Algunas de las enfermedades que se registran en las unidades sanitarias y que están directamente relacionadas con la basura son: ascariasis, hepatitis virósica, toxoplasmosis, fiebre, tifoidea y poliomelitis, entre otras; Podrían también nombrarse otras patologías como las broncopulmonares, los broncoespasmos, el asma (adquiridas por vía respiratoria) y las enfermedades de la piel y los problemas intestinales como la diarrea aguda, que constituyen los trastornos más frecuentes provocados por el contacto directo con los desechos que tienen las personas que viven en el basural municipal y en áreas muy próximas (Bonfanti, 2004).

#### **4.4.2 Cambio climático**

La generación de gases al medio ambiente contribuye al cambio climático. El metano ( $\text{CH}_4$ ) es el principal componente de los gases de efecto invernadero. El  $\text{CH}_4$  permanece en la atmósfera entre 9 y 15 años y es 21 veces más dañina que el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) pues, al atrapar el calor en la atmósfera, disminuye el espesor de la capa de ozono, provocando así el calentamiento global del planeta. El  $\text{CH}_4$  es producido a través de procesos anaeróbicos y al igual que el  $\text{CO}_2$ , sus concentraciones aumentan por acción humana directa e indirecta (Smith 2006). Uno de los principales gases que se emiten al medio ambiente es el  $\text{CO}_2$ , (figura 1) algo que siempre se ha sabido, pero hasta hace poco se registro de forma sistemática que es un hecho que el  $\text{CH}_4$  es mucho mas potente que este, el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en su tercer informe,

después de que existían solo opiniones a cerca del cambio climático, estableció que las principales causas del cambio climático son las actividades humanas y que desde que se iniciaron registros instrumentales (1861) se perfila que la década con temperaturas mas altas es la de los 90 y el año mas caliente es 1998, también afirmando la capacidad del CH<sub>4</sub> para atrapar mas calor que el CO<sub>2</sub>.

Figura 1. Aportación global y de México de gases de efecto invernadero (Solórsano, 2002)



Treut (2008) afirma que según investigaciones que se han hecho, en un laboratorio de meteorología en España, las emisiones de metano provocan todo su impacto favorecedor del calentamiento climático en un plazo mucho mas corto que el CO<sub>2</sub>. Al cabo de un siglo, cada molécula de metano tiene un efecto generador de calentamiento climático 21 veces superior al de una molécula de CO<sub>2</sub>, pero mientras para este último el efecto se escalona a lo largo de todo un siglo, para el primero se concentra en las primeras décadas. Eso significa que si se quiere actuar sobre la dimensión del calentamiento climático en el horizonte de 2050 y no para 2100, una intervención sobre las emisiones de CH<sub>4</sub> pueden producir resultados de mayor dimensión. En ese sentido, recuerdan que el CH<sub>4</sub> lo produce esencialmente la actividad ganadera (sobre todo los rumiantes), los residuos urbanos, así como las fugas en la explotación de combustibles fósiles. En la actualidad la emisión a la atmosfera de gases de efecto invernadero como consecuencia de las actividades agrícolas, industriales, el incremento de la población y la dependencia de los derivados del petróleo para la obtención de energía son una buena razón para no dejar atrás la tecnología existente para aprovechar de manera eficiente los residuos orgánicos, como los biocombustibles que estos pueden llegar a sustituir las tradicionales fuentes energéticas no renovables o bioabonos para recuperar suelos contaminados o que estén pobres en nutrientes (Quesada *et al*, 2007).

### **4.4.3 Ecosistemas terrestres**

#### **4.4.3. 1 Agrícolas**

La contaminación del suelo ocasiona también impactos negativos en la calidad del medio ambiente, en la salud de la población, la obtención de productos agrícolas insalubres, el aumento de la inestabilidad y reducción del valor del suelo, cambio en el tipo de aprovechamiento del suelo y la pérdida de condiciones naturales para su máximo aprovechamiento. En muchos lugares de México se utiliza el estiércol del ganado vacuno, caprino, porcino y de aves, estas excretas que contienen altas concentraciones de nitrógeno y son una fuente de contaminación por la lixiviación mas o menos en un 50% de nitrógeno-inorgánico, pone en riesgo a los acuíferos y consecuentemente se puede afectar la calidad del agua potable por nitratos, con posibilidades de ocasionar problemas de salud pública si se excede (Miramontes *et al.*, 2008).

#### **4.4.3.2 Urbanos**

Paralelamente a las infecciones que promueve la exposición de la basura al medio ambiente urbano, la quema de residuos, en ocasiones puede derivar lesiones muy graves para el sistema respiratorio, puesto que produce la suspensión de partículas que pueden ser altamente contaminantes; si a esto le agregamos los malos olores que producen, estamos en presencia de las principales causas de contaminación del aire que respiran los habitantes de la

ciudad. El aumento progresivo de la población en el mundo y su nivel de desarrollo, han originado en la mayoría de los países un incremento en el volumen de generación de los residuos sólidos urbanos. Estos residuos son generados en cantidades importantes y posteriormente deben ser almacenados, recolectados, transportados y finalmente sometidos a procesos de disposición final (Cardona *et al.*, 2004).

#### **4.4.3.3 Rurales**

La generación de materia orgánica en los sistemas rurales puede ser mayor que en sistemas urbanos.

- La contaminación por materia orgánica proveniente de las cocheras de cerdos, establos de bovinos, procesamiento de cosechas o sacrificio de ganado y pollos.
- Contaminación por agroquímicos usados en cultivos como arroz, algodón, tabaco, papa, cereales, frutales y hortalizas, que afectan las aguas superficiales y subterráneas.
- Contaminación por materia orgánica contenida en el estiércol que se deposita en los potreros y que va a las fuentes de agua por escorrentía.
- Contaminación por aguas domésticas generadas en la cocina y los servicios sanitarios. Las aguas servidas que resultan de las actividades domésticas y agropecuarias han sido consideradas como "contaminantes" debido a que no son aprovechadas para la generación de productos útiles (Pedraza *et al.*, 1998).

#### **4.4.4 Ecosistemas acuáticos**

La contaminación del agua es la adición de materia orgánica y de sustancias no orgánicas en exceso, como resultado de las actividades humanas y puede llegar a generar la eutrofización (CICEANA, 2006). Muchas de las actividades urbanas, agroindustriales y agropecuarias producen material orgánico como excrementos humanos o animales, desechos alimenticios y residuos de cosecha y del procesamiento de productos agrícolas, como es el caso de la producción de azúcar o la molienda del café. Algunas otras sustancias como los pesticidas y los residuos de industrias y minas, contaminan el agua. El destino final de estos materiales son los ríos, lagunas mares, que se deterioran con las sustancias adicionadas (Biblioteca EPM, 2007).

##### **4.4.4.1 Ecosistemas salinos**

El exceso de materia orgánica en el mar, al igual que en el caso de los cursos de agua continentales, desencadena la proliferación de ciertas comunidades de bacterias que desestabilizan el funcionamiento normal del medio. La asimilación de elementos extraños en la biomasa de los niveles tróficos inferiores ocasiona la mortalidad de peces, y diversas enfermedades en quienes consumen animales marinos contaminados. El mayor tipo de contaminación de esta fuente son los hidrocarburos; es decir, los derrames petroleros accidentales,

que se producen en la navegación así como el uso de gasolinas, aceites y pinturas, que dañan a los ecosistemas acuáticos (CPPS y PNUMA, 2006).

#### **4.4.4.2 Ecosistemas de agua dulce**

Los cuerpos de agua dulce son susceptibles de ser contaminados, ya sea por materia orgánica muerta, organismos vivos o energía, o por causas naturales (emanaciones volcánicas). Sin embargo, ha sido la contaminación antropogénica la que ha deteriorado en mayor medida este recurso, sobre todo a partir de la Revolución Industrial. La contaminación natural es mínima y se refiere a aquellos componentes que localizados en la corteza terrestre y que resultan dañinos para la vida. Normalmente, las fuentes de contaminación natural no provocan concentraciones altas de contaminantes. En cambio, la contaminación antropogénica es mucho más peligrosa que la natural, algunas fuentes de esta son las siguientes:

- Industriales. Son diferentes tipos de compuestos y sustancias químicas residuales generados durante los procesos industriales.
- Vertidos urbanos. Los residuos urbanos que se descargan al agua en su mayoría son jabones, materia orgánica y productos de limpieza (provenientes de las viviendas); así como gasolinas y productos químicos (provenientes de las vías públicas).



- Agricultura y ganadería. Una gran cantidad de fertilizantes, pesticidas y otros productos agroquímicos utilizados en la agricultura, que contaminan las aguas cercanas a las áreas de producción.

Los principales inconvenientes que puede causar los residuos orgánicos en aguas destinadas al consumo humano son los de color, olor y sabor, la posibilidad de existencia de microorganismos patógenos, por lo general son solubles en agua, son esenciales para el desarrollo de las plantas; sin embargo, su acumulación excesiva produce el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos, provocando la eutrofización del agua. Cuando estos organismos y plantas mueren, los microorganismos los degradan, y consumen el oxígeno existente en el agua, lo que provoca que estas aguas se vuelvan anóxicas (pobres en oxígeno) y sea imposible la vida en ellas (Perdomo *et al.*, 2001).

#### **4.5 Gestión para la problemática de la basura**

Aunque existen estrategias muy concretas para poder combatir los problemas medioambientales que causan los residuos orgánicos, se han ido aislando debido a la mala gestión de la basura y la mala cultura, que dificultan la separación de residuos orgánicos de los inorgánicos. También se le puede agregar la ignorancia por que aunque mucha gente esta consiente que los residuos deterioran el medio ambiente, no saben del impacto o cambios irreversibles que estos pueden generar en un futuro (Lietti, 2007).

#### **4.5. I rellenos sanitarios**

Sitios de disposición final más adecuado desde el punto de vista ambiental y para disponer los RSU. Los mismos se construyen en función del tipo y cantidad de residuo que se disponga, controlados desde su diseño de ingeniería abarcando en el mismo la minimización de los residuos a disponer (cuando se realiza separación en origen) y máximo aprovechamiento de su terreno, mantenimiento diario, impermeabilizaciones, planes de operación, monitoreo y controles de emisión de líquidos (generación de lixiviados) y emisiones gaseosas como el metano (Soria *et al.*, 1999).

Este es un procedimiento mundialmente aceptado para la disposición final de los desechos sólidos municipales, se usa prácticamente en todo el mundo, y en el caso de rellenos sanitarios construidos exclusivamente para la correcta eliminación de la basura, el poder calorífico de la misma, no tiene importancia. El relleno sanitario consiste en una excavación reticular en cuyos taludes y fondo se instala una geomembrana impermeable para contener tanto la basura como los compuestos que se generan cuando esta se encuentra en ausencia de oxígeno. En algunos casos, para evitar las excavaciones, se aprovechan tiros de minas abandonadas o barrancas, siempre y cuando no se dañe la flora y la fauna del lugar (SEISA, 2005).

#### **4.5.2 vertederos controlados**

Sitios de disposición final de los RSU en forma ordenada y con control de ciertos contaminantes que, por lo tanto, ofrecen un riesgo parcial al ambiente. Ya que cuando éste no es controlado de forma adecuada, se puede presentar recurrentes incendios, desprendimiento de olores desagradables alto potencial de explosividad y contribuye importantemente al aumento del efecto de invernadero (Ávila, 2007).

#### **4.5.3 vertederos no controlados**

Sitio donde se disponen los RSU, sin ningún control. En un vertedero no controlado hay una biodegradación de los residuos que pueden producirse de forma aeróbica o anaeróbica, generando emisiones a la atmosfera y lixiviados, causando una grave contaminación a la atmósfera, el suelo y peligros para la salud de la población y los trabajadores que manejan los residuos ( Abenza *et al.*, 2001).

#### **4.5.4 Incineración**

La incineración consiste en la combustión controlada de los residuos hasta en un 80% pudiendo obtener secundariamente energía calorífica aprovechable directamente o en principio, este sería el mejor tratamiento de los residuos, sin

embargo presentan inconvenientes , como los altos costos de instalación y explotación, consumo energético (combustibles) para su funcionamiento, impacto ambiental por contaminación gaseosa (algunos de los principales contaminantes emitidos serian las dioxinas originadas en la combustión de plásticos organoclorados y originan escorias y cenizas que deberían ser eliminadas en vertederos. La contaminación del aire es actualmente uno de los más graves problemas que enfrentan las ciudades de los países en desarrollo, teniendo impactos negativos sobre la salud pública cuando las concentraciones de los contaminantes alcanzan niveles significativos, así como en la infraestructura. En el pasado la quema o incineración fue considerada el método más efectivo para deshacerse de materiales de desecho; hoy en día debido a la producción masiva de químicos y plásticos, la quema o incineración de desechos, lo convierte en un método de eliminación complejo, costoso y altamente contaminante el cual ya no debería existir (Peralta *et al.*, 2003).

Una de las soluciones presentada por las compañías que hoy en día manejan los desechos sólidos es la quema de desechos sólidos mediante tecnologías de transformación de desechos en energía (tecnologías “desechos-a-energía”), incineración o tratamiento térmico. Aunque este enfoque tiene sus beneficios, muchas de las tecnologías que se presentan no se han comprobado y podrían presentar serios riesgos para la salud o financieros si no se controlan. Los tomadores de decisiones deberían contar con regulaciones, guías, estándares de diseño y criterios establecidos para tratar con estas nuevas tecnologías térmicas

que aún no se han verificado para prevenir una posible contaminación del aire, aguas y suelos (Gaynor, 2006).

#### **4.6 Alternativas para mitigar el impacto que generan los residuos sólidos al medio ambiente**

En la actualidad los riesgos a los que se encuentran sometidos la sociedad y el medio ambiente se han incrementado grandemente a causa del aumento de la actividad económica, la cual obliga al manejo en cantidades masivas de residuos de origen doméstico, de la agricultura y de industrias, que al igual se encuentra en continuo crecimiento, estas situaciones son razones suficientes para tomar decisiones y generar nuevas alternativas (como el tratamiento de los residuos orgánicos para producir biocombustibles) para combatir situaciones que amenazan el equilibrio ecológico y el bienestar de la salud humana y a la vez sacando provecho económico, con el tratamiento de la basura orgánica que en vez de verlo como una problemática es una forma de obtener biogás para satisfacer las necesidades domésticas (Abenza *et al.*, 2001)

Aunque los residuos puedan provenir de cualquier actividad, los más importantes son los que provienen de la biomasa, es decir, lo que actualmente se denominan, residuos orgánicos, por cuanto que son renovables, es decir, que son generados año tras año. Esta "biomasa" no es más que materia orgánica no fósil, en la que la radiación solar ha reducido el hidrógeno y el carbono mediante el

proceso básico de la fotosíntesis, permitiendo así que pueda tener un aprovechamiento de tipo químico-industrial y, sobre todo, energético. La materia orgánica la cual, bajo condiciones anaeróbicas se convierte a biogás, que contiene metano y dióxido de carbono, amoníaco, ácido sulfúrico son gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, mediante el proceso de captura y procesamiento de estos puede llegar a evitarse la generación de miles de toneladas de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> a la atmósfera y a la vez aprovechar estos gases para sustituir a los combustibles fósiles (SEDESOL, 2006).

Por lo tanto es importante recalcar que donde no existe un tratamiento adecuado de los residuos orgánicos, no sólo no se aprovechan, sino que además afectan negativamente al medio ambiente (Castillos, 2006).

Una forma correcta de darle importancia al tratamiento de residuos orgánicos es, que en lugar de verlos como un problema, deben considerarse como una fuente de recursos aprovechables. Además de que con el aumento de la población pueden disminuir o hasta puede llegar agotarse las fuentes de obtención de los combustibles fósiles, por eso es necesaria la búsqueda de nuevas alternativas a modo que nos permitan no depender totalmente de ellas. Aprovechar la descomposición de los residuos orgánicos es una forma de disminuir muchos problemas de contaminación, como malos olores, proliferación de insectos y roedores que son vectores de microorganismos que generan

enfermedades, y la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Patiño, *et al.* 2004).

#### **4.6.1 Como fuente de biofertilizantes**

El uso de los biofertilizantes surge como una alternativa para desarrollar una agricultura más sostenida en el largo plazo, en razón al acelerado deterioro de los suelos intervenidos, a la contaminación ambiental con subproductos agropecuarios, y la complementariedad con los sistemas principales de producción, estimulando la generación de agroindustrias auxiliares de bioconversión de heces de animales, desechos agroindustriales, desperdicios orgánicos (Escobar *et al.*, 1997). La introducción de una enmienda orgánica en el suelo promueve el desarrollo de reacciones químicas, físicoquímicas y procesos microbiológicos. Estas reacciones conducen a modificaciones en las características físicas del suelo, que se traducen en aumentos de la capacidad de retención de agua, infiltración, porosidad y estabilidad estructural. La intensidad y persistencia de estas modificaciones y, en definitiva, la respuesta del suelo a la adición del enmendante, depende de factores intrínsecos tales como: la composición y la cantidad de enmienda añadida y el tipo de suelo; y de factores ambientales extrínsecos, principalmente el tipo de clima. Las zonas áridas presentan la dificultad añadida de la escasez de recursos hídricos, por lo que cualquier acción tendente a mejorar la estructura del suelo revierte en una mayor

disponibilidad de agua para el desarrollo de los procesos biológicos (Tortosa *et al.*, 2003).

#### **4.6.2 Vermicomposta**

Es la adición de lombrices en un sustrato que contenga materia orgánica. Las lombrices se alimentan de la materia orgánica y lo convierten en un biofertilizante mas rico en nutrientes. La vermicomposta es un fertilizante orgánico - mineral que contiene sales solubles con elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S); también puede tener microorganismos como hongos micorríticos, bacterias fijadoras de nitrógeno y agentes bioquímicos fisiológicamente activos como enzimas, hormonios, ácidos húmicos y aminoácidos entre otros, que pueden acelerar la toma de los nutrientes por las plantas y/o absorberlos para ser metabolizados (Escobar *et al.*, 1997).

#### **4.6.1.2 Composta**

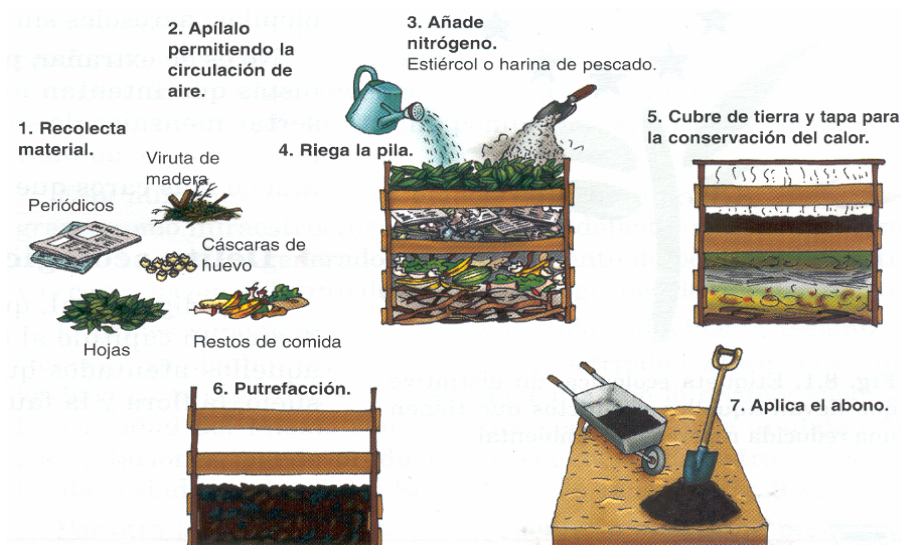
El compost es el proceso de la descomposición de los desperdicios orgánicos en el cual la materia vegetal y animal se transforman en abono (figura 2). Para la agricultura se ha vuelto necesaria la adicción de fertilizantes y plaguicidas para obtener una mayor producción en la siembra. La adicción de fertilizantes y agroquímicos además de implicar un gasto adicional para los productores, ha ocasionado problemas de contaminación al suelo, a los cuerpos



de agua y a la salud, esto ocurre cuando llueve y estas sustancias son arrastradas por las corrientes hacia los cuerpos de agua o se infiltran en el subsuelo. La composta provee los tres elementos más esenciales para la vida de las plantas: nitrógeno, fósforo y potasio. También proporciona algunos minerales que son indispensables del cual se obtienen los siguientes beneficios:

- a) Retienen la humedad del suelo
- b) Permite el paso de aire
- c) Controla la erosión
- d) Mejora la estructura del suelo
- e) Añaden más materia orgánica al suelo
- f) Tenemos menos necesidades de usar fertilizantes
- g) Las plantas crecerán más saludables
- h) Ayudamos a conservar el medio ambiente

Figura 2. Proceso de elaboración de composta (Rubinoff, 2001).



#### 4.6.4 Producción de biogás mediante biodigestores

La grave crisis ambiental y el posible agotamiento de los recursos energéticos derivados del petróleo, son factores que obligan a acometer una nueva política energética. Hoy es una prioridad incrementar la eficiencia energética, pero ésta tiene límites económicos y termodinámicos, por lo que a más largo plazo sólo el desarrollo de las energías renovables permitirá resolver los grandes retos del futuro, como son el efecto invernadero, (Santamarta, 2007).

**Biogás.** El biogás se define como una mezcla de gases generados de la basura orgánica en descomposición que se lleva a cabo en condiciones anaeróbicas (un fenómeno llamado también; digestión anaeróbica) con un contenido de metano que oscila entre un 50 y 70 % con un alto potencial energético ideal para utilizarlo en la cocina o combustible para arrancar algunos motores y generar energía eléctrica para alumbrados (PRONATTA, 2000).

Los residuos que pertenecen a materia orgánica poseen un potencial energético. Antes se aprovechaban quemándolos, pero en la actualidad una experiencia muy positiva en algunas regiones ha sido la obtención de gas metano mediante la digestión anaeróbica. Los restos orgánicos de las explotaciones se acumulan en un reactor denominado; biodigestor, en el que se fermentan. En este proceso se produce gas metano que en muchos países se utiliza para sustituir el gas comercial (Leiva, 2004).

La mezcla de gases que componen el biogás (TABLA 2) depende del tipo de residuo utilizado y condiciones en que se procesa. Y el tiempo en producir el biogás esta condicionado por varios factores a saber: el pH, la temperatura, y la composición de la sustancia orgánica.

TABLA. 2. Principales componentes del biogás (Smith, 2006):

| COMPONENTES         | FORMULA QUIMICA  | PORCENTAJE % |
|---------------------|------------------|--------------|
| METANO              | CH <sub>4</sub>  | 60-70        |
| BIÓXIDO DE CARBONO  | CO <sub>2</sub>  | 30-40        |
| HIDRÓGENO           | H <sub>2</sub>   | 1.0          |
| NITRÓGENO           | N <sub>2</sub>   | 0.5          |
| MONÓXIDO DE CARBONO | CO               | 0.1          |
| OXÍGENO             | O <sub>2</sub>   | 0.1          |
| ACIDO SULFHÍDRICO   | H <sub>2</sub> S | 0.1          |

Ofreciéndonos las siguientes ventajas:

- a) Proporciona combustible (biogás) para suplir a algunas necesidades energéticas.
- b) Reducir la contaminación ambiental, al convertir la basura orgánica en residuos útiles.

- c) Obtención de un subproducto que puede sustituir a los fertilizantes y aplicarse a suelos pobres en nutrientes.
- d) Se minimiza en gran cantidad la producción de microorganismos y huevos de parásitos, que se genera la basura en descomposición cuando esta en condiciones aeróbicas

**Biodigestor.** Se denomina biodigestor al dispositivo en el que se llevan a cabo los procesos de transformación de la materia orgánica para la obtención de biogás, constituyéndose en el componente principal y más importante del sistema. En su forma más simple, es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. Y ahí es donde empieza a llevarse a cabo la descomposición de residuos orgánicos, es decir la digestión anaerobia y los gases que se generen puedan atraparse para utilizarlos como combustible para cocinar (Torres, 2004).

El proceso biológico en ausencia de oxígeno va a transformar la sustancia orgánica en biogás. Por medio de este proceso y partiendo de materia orgánica se consigue energía renovable en forma de gas combustible con un elevado poder

calorífico. Este es una alternativa excelente para disminuir la masa de estos residuos (Lietti, 2007).

**Digestión anaerobia.** Es una fermentación microbiana de la biomasa en ausencia de oxígeno. Debido a la acción de diferentes tipos de bacterias se empieza a generar el biogás. En la producción de biogás, las bacterias revisten un rol de suma importancia, ya que ellas viven de la materia orgánica y a su vez producen gas inflamable como producto de desecho. Por lo tanto el Biogás nace de la fermentación anaeróbica (sin emisión de oxígeno es decir aire) de sustancias orgánicas en ambiente acuoso. En forma natural este proceso se da donde se recoge la materia orgánica, pero en este caso el oxígeno a disposición es insuficiente (Montanaro, 2006).

**Producción de biogás.** La eficacia del uso del biogás para utilizarlo como combustible energético depende tanto de la materia prima como del proceso en sí. La cantidad de gas producido es muy variable y aunque su potencia calorífica en ocasiones no es muy grande, puede sustituir al gas natural. Durante la digestión anaerobia se liberan productos finales estables, aproximadamente el 97% de la biomasa es convertida a biogás, es decir los componentes del biogás son extraídos de la materia orgánica y el subproducto que no sea biogás va a contener nutrientes muy eficaces para fertilizar o mejorar suelos para ser más productivos convirtiendo así a la basura orgánica en una energía renovable (Álvarez, 2007).

Los biodigestores se les nombra según su forma de operarse y pueden ser de lote o batch, régimen semicontinuo, o regimen continuo como se definen en la siguiente manera (Loera *et al.*, 2004).

- 1. De lote o bach:** Se carga una vez en forma total, o por intervalos, durante varios días, y la descarga se efectúa cuando han dejado de producir gas combustible. Es aplicable cuando se presentan problemas de manejo o, cuando la materia orgánica está disponible de forma discontinua.
- 2. De régimen semicontinuo:** este tipo de digestor es más usado en la zona rural, cuando se trata de sistemas de uso doméstico. Se descargan por gravedad, una vez al día, con volúmenes de mezcla que dependen del tiempo de fermentación.
- 3. De régimen continuo:** este tipo de digestor se desarrolló principalmente para el tratamiento de aguas negras y, en la actualidad su uso se ha extendido al manejo de otros sustratos. Son plantas de gran tamaño en las que se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionarles agitación y control. Por estas razones son grandes consumidores de energía.

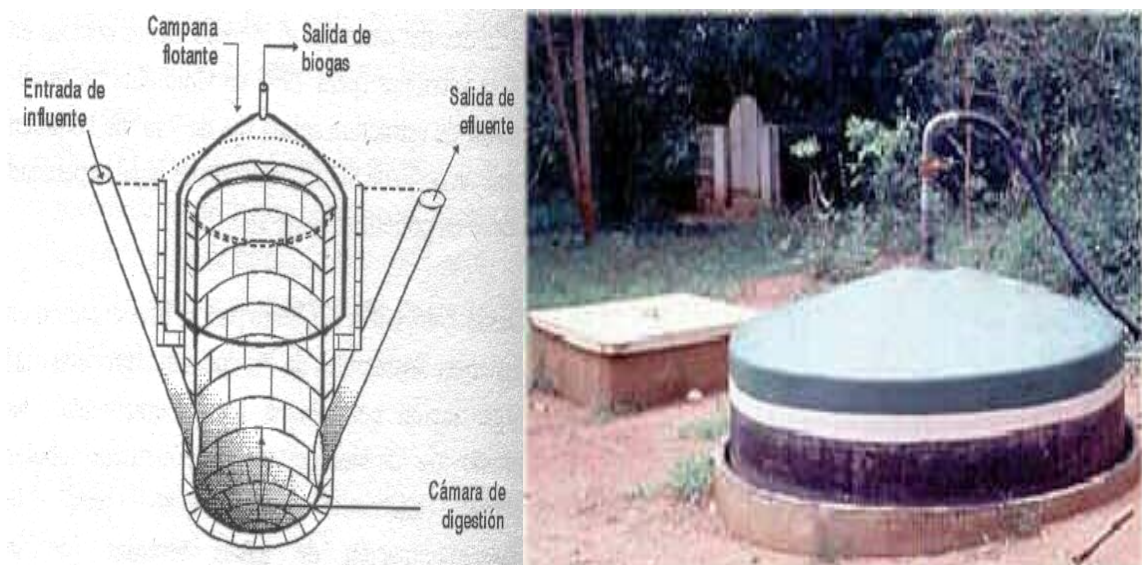
Básicamente los biodigestores tienen dos orígenes distintos, aunque actualmente existen muchas formas mas sofisticadas para producir biogás, se

podría decir que todos han surgido de la mezcla del tipo chino y el hindú, que a continuación se definen (Fragela *et al*, 2008).

#### 4.6.4.1 Biodigestor Hindú

El biodigestor Hindú (Figura 3) fue desarrollado en la India y fue ahí donde se le dio el nombre de biogás, se distingue por el uso de una campana móvil, que asciende al aumentar la presión del gas dentro de ella; esta puede ser de metal, o plástico. Además, el digestor está compuesto por un tanque de almacenamiento en forma cilíndrica, que puede ser construido de piedra o ladrillo.

Figura 3. Biodigestor tipo Hindú (Lugones, 2007).



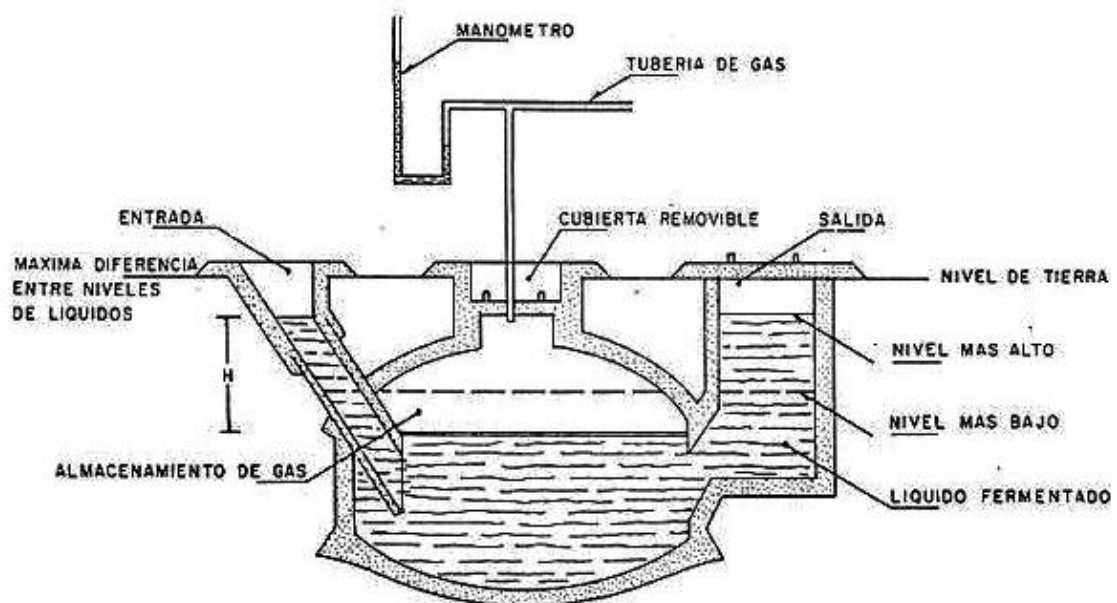
Para permitir la entrada de la materia orgánica y la salida del biofertilizante se emplean dos tubos (de plástico, cemento, o cerámica) que conectan el tanque de almacenamiento con el de carga y descarga; también cuenta con tuberías,

válvulas de corte y seguridad que garantizan el buen funcionamiento del biodigestor.

#### 4.6.4.2 Biodigestor tipo Chino

El diseño del tipo Chino (Figura 4) surge del sistema Hindú cuando China enfrentaba un problema sanitario y alimenticio, por lo cual se diseñó para eliminación de malos olores y recuperación del bioabono. Utiliza para el almacenamiento del biogás una cúpula fija unida al tanque de almacenamiento, que puede ser de ladrillo. Estas instalaciones tienen como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar como promedio a 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.

Figura 4. Diseño del biodigestor tipo chino (Lugones, 2007).



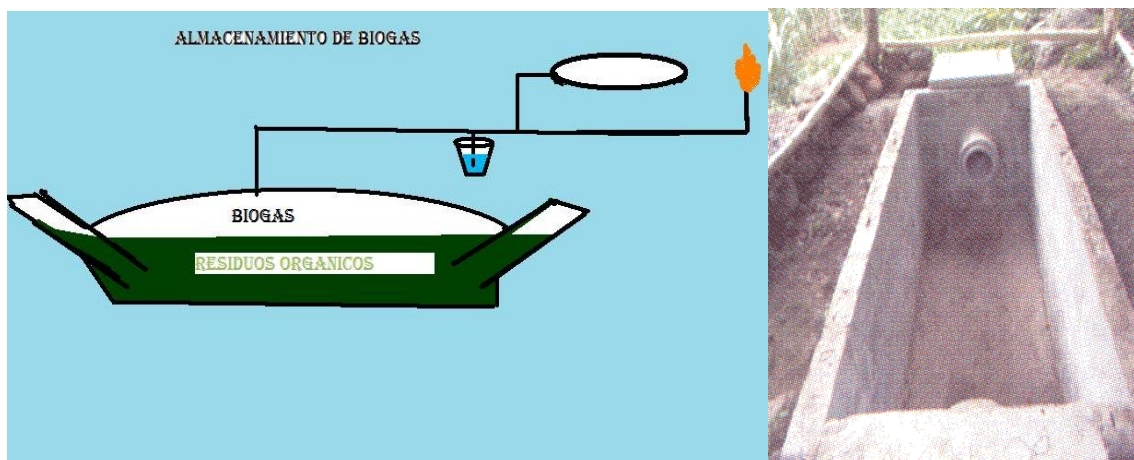
PLANTA DE BIOGAS FAMILIAR TIPO "CIRCULAR, PEQUEÑO Y ACHATADO" USADO EN LA REPUBLICA POPULAR CHINA (12)



#### 4.6.4.3 Biodigestor tipo saco o gusano

Biodigestor tipo saco o gusano. (Figura 5.) El digestor de tercera generación es la mezcla de varios digestores en una unidad. El laberinto es típico del sistema de Tapón o Bolsa, con longitudes efectivas de 20 a 30 metros, o según las cantidades de materia orgánica que se produzca. Es el sistema más sencillo, práctico y económico de todos los digestores de tipo convencional, brindan las todas las ventajas de los demás digestores. Por todo lo largo de este digestor se almacena el biogás, que equivale al digestor tipo Hindú, con su campana flotante, el lugar de establecimiento debe tener un desnivel de aproximadamente 5 centímetros y se carga por la parte superior y se recoge el efluente por la parte inferior. Este tipo de digestor en especial, ofrece una doble ventaja económica, ya que por un lado se construye una sola unidad del tamaño adecuado a las necesidades en lugar de varias independientes más pequeñas; y por otro lado se elimina el costo de mano de obra necesaria para estar cargando y descargando periódicamente las unidades.

Figura 5. Biodigestor tipo saco (Torres y Follari, 2004).



Para un mayor funcionamiento, los biodigestores en general, deberán reunir las siguientes características:

- a) Deberá ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con el proceso y, fugas del biogás producido.
- b) Deberá estar térmicamente aislado, para evitar cambios bruscos de temperatura, lo que, usualmente, se consigue construyéndolo enterrado.
- c) Aún, no siendo un recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad y tapa pesada.
- d) Deberá contar con medios para efectuar la carga y la descarga del sistema.
- e) Los digestores deberán tener acceso para realizar tareas de mantenimiento.
- f) Se deberá contar con un medio para romper las costras que se forman.

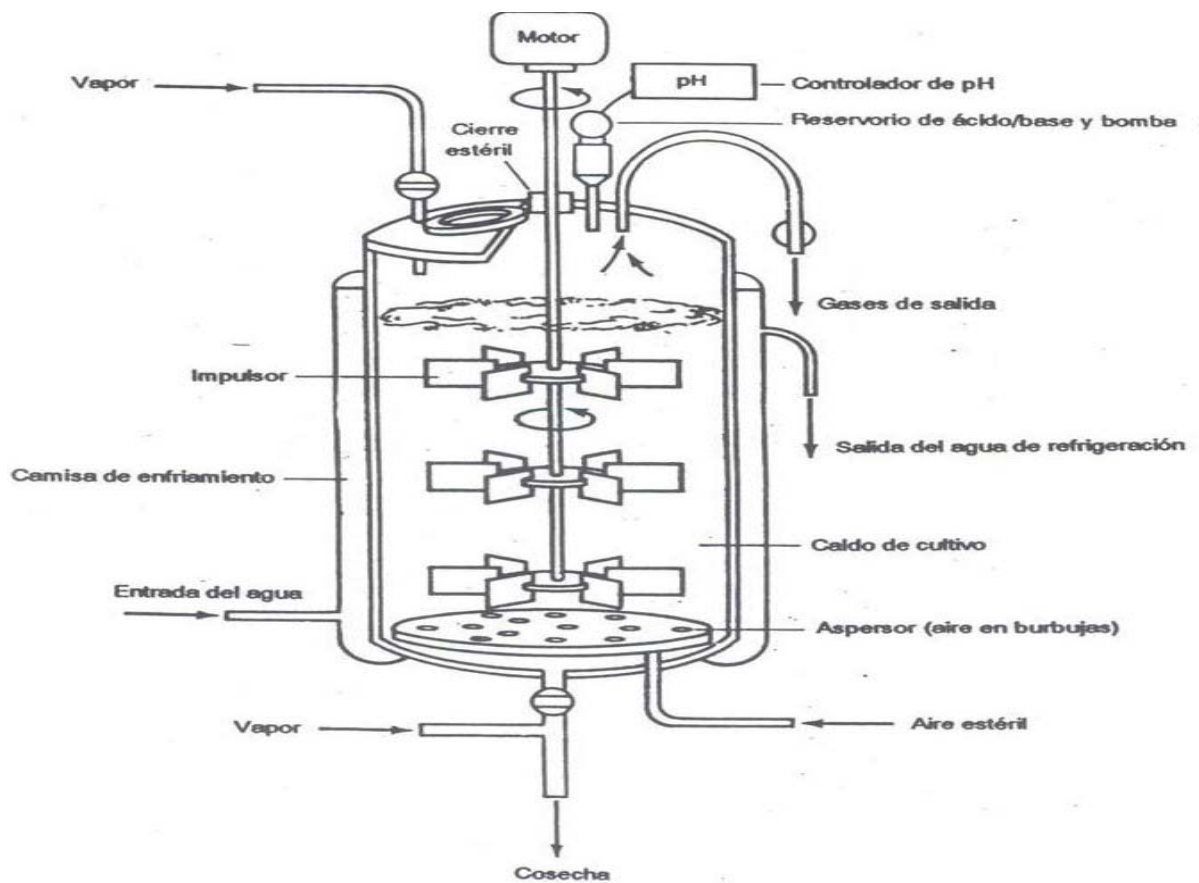
#### **4.6.4.4 Plantas Industriales**

Las instalaciones industriales de producción de biogás (Figura 6) emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado.

Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento contruidos de ladrillo u hormigón. Con el objetivo de lograr su mejor funcionamiento se usan sistemas de bombeo para mover el material

orgánico de los estanques de recolección hacia los biodigestores, y el biofertilizante de los digestores hacia los tanques de almacenamiento. También se utilizan sistemas de compresión en los tanques de almacenamiento de biogás con vistas a lograr que éste llegue hasta el último consumidor. Para evitar los malos olores se usan filtros que separan el gas sulfhídrico del biogás, además de utilizarse válvulas de corte y seguridad y tuberías para unir todo el sistema y hacerlo funcionar según las normas para este tipo de instalación.

Figura 6. Planta industrial para producir biogás (Lugones, 2007)..



## **4.7 Perspectivas para tratamiento de residuos orgánicos**

En algunos países más desarrollados se han implementado tratamientos adecuados para aprovechar los residuos orgánicos. De esta forma los residuos son tratados con las siguientes ventajas: ingresos por venta de electricidad, ahorro en combustibles para la calefacción, ahorro en consumo de fertilizantes inorgánicos, eliminación de malos olores, producción de una enmienda orgánica de gran valor nutritivo (compost) y ecológico y una disminución de emisiones de efecto invernadero (Bridge, 2008).

Teniendo en mente lo que queremos hacer para manejar los residuos y aprovecharlos es posible hacer algunos cambios en la cultura de las personas de manera de que faciliten la recolección de residuos orgánicos, o producir nuestro propio biogás de forma independiente como se muestran los siguientes dos ejemplos:

### **4.7.1. Uso de biodigestor en granjas**

Sin duda es viable la instalación de biodigestores en ranchos ganaderos, granjas, o hasta empresas donde se originen cantidades suficientes de materia orgánica. En una de las productoras de leche mas importantes del estado de Guanajuato, se han instalado biodigestores que se alimentan con estiércol de las vacas, el cual ha permitido obtener grandes ahorros de energía eléctrica (Tapia, 2008).

#### **4.7.2 Reducción y reciclaje de desechos sólidos**

El programa denominado “Programa municipal de reducción y reciclaje de desechos sólidos” se implementó en el municipio Jalisco en 1996, y hasta el día de hoy sigue dando resultados magníficos, esta idea se adoptó de la iniciativa de una familia que comenzó a separar los desechos orgánicos de los inorgánicos debido a una mala gestión que existía y la gente exigía un sistema recolector eficiente. Habían tiraderos clandestinos en canales de riego, parcelas agrícolas o arroyos y no había más alternativas y tuvo que entrar en vigor este proyecto, se impartieron folletos y se llevaron a cabo conferencias, y la gente aprendió a que con los residuos orgánicos podían elaborar abonos excelentes para los cultivos y los inorgánicos podían aprovecharse en la industria (Loera, 2001)

#### **Resultados a largo plazo**

1. - A pesar que no todos los habitantes se involucraron desde un principio, de 20 toneladas de basura que llegaban a los tiraderos por día, hoy se generan nada más 10 toneladas, y la demás que se logra recolectar mediante el programa se utilizan para producir abonos que comprenden a los residuos orgánicos, y lo que son inorgánicos son transportados a empresas de Guadalajara que se dedican al reciclaje.

2. - Sin duda se han reducido la generación de contaminantes terrestres y acuáticos, lo que permite evitar riesgos a la salud.
  
3. - Y lo que es muy notable, ha cambiado la mentalidad de las personas en cuanto a ecología.

## **V PROPUESTAS DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA**

### **Residuos de origen urbano**

- Hacer un estudio en el hogar separando los residuos orgánicos de los inorgánicos debido a que serán cantidades muy mínimas de residuo orgánico podemos elaborar composta o vermicomposta y utilizarlo para jardinería.
- Para los generadores de cantidades un poco más grandes que las que generamos en el hogar, como los negocios de alimentos, puestos de mercados o industrias, para estos se puede construir un biodigestor, y aprovechar el biogás para sustituir al gas comercial.
- Los restos de poda pueden utilizarse para producir composta.

### **Residuos de origen rural**

- En un medio rural la generación de residuos orgánicos es mucho mayor a los residuos inorgánicos, pueden generarse hasta en un 70% por lo cual es mucho mas viable el aprovechamiento de los residuos orgánicos que en un sistema urbano, tanto para producir composta o biogás.
- En muchas zonas rurales no hay drenaje y se utilizan fosas sépticas, las heces también pueden tratarse, mediante un biodigestor para producción de biogás que alcanza para abastecer todos los días a una familia.

### **Residuo de origen agrícola**

- La combustión de residuos agrícolas, o forestales contribuye a la producción de bioenergía, igualmente los residuos de los cultivos agrícolas que quedan después de las cosechas en las tierras cultivadas son recursos importantes de combustibles las comunidades con fácil acceso a fuentes de biomasa se pueden beneficiar enormemente de las tecnologías para producir biofertilizantes y biogás.

### **Residuos que se originan de la actividad ganadera.**

- Una de las principales fuentes de contaminación al medio ambiente es la actividad ganadera por lo tanto hay grandes cantidades de metano que se generan. El aprovechamiento de estos residuos puede dar beneficios ambientales y económicos mediante la instalación de biodigestores, dependiendo de la cantidad de animales pueden establecerse hasta plantas productoras de grandes cantidades de biogás.



## **VI CONCLUSIONES**

El aprovechamiento al máximo de los residuos orgánicos es sin duda una ventaja para el medio ambiente, por que contribuye a la disminución de las emisiones a la atmosfera, los olores desagradables y los posibles daños a la salud que estos pueden generar y la viabilidad para darle este aprovechamiento depende del medio de donde se origina pero tenemos la ventaja de que existen alternativas para mitigar los impactos al medio ambiente, y además podemos obtener beneficios económicos por lo cual los residuos orgánicos no son un problema sino que hay una mala gestión por que existe la tecnología para darle un manejo adecuado.

## VII RECOMENDACIONES

Para obtener un máximo aprovechamiento de los residuos orgánicos es importante la intervención de la legislación, si es necesario reformar las normas y y extender la investigación a cerca de los subproductos que se obtienen a partir de los residuos orgánicos, como a continuación se dan algunos ejemplos:

- Presencia de H<sub>2</sub>S en el biogás. Este componente no es inflamable, y hace que el biogás no sea tan eficiente como el gas que usamos en la cocina. Y otros compuestos que se comportan como impurezas como: agua, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles como hidrocarburos halogenados, siloxanos, etc.
- Utilización de biogás para la generación de energía eléctrica
- Utilización de biogás para la automoción
- Estrategias para fomentar mediante la legislación los programas con fines medioambientales como el de “Basura Cero” o el de Reduce Reusa y Recicla.

## VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abenza Guillamón F., Draheim H. y Rodríguez Ruiz J. A. 2001. Sellado de vertederos mediante la tecnología de permeabilización. SELESUR, sistemas de permeabilización. San Luis potosí, México. Pp 8.
- Aguilar F. y Botero R. 2007. Biogás; Beneficios económicos utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. Universidad de Heart. San José, Costa Rica. Pp 12.
- Alegrías Díaz J. 2007. Reconstrucción de un Biodigestor. Feria Congreso Internacional. University of Phoenix. Portugal. Pp 5
- Alvarez J. 2007. Biomasa y Biogás. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de ingeniería. Chaco, Argentina. Pp. 15.
- América Selva C. 2005. Gestión de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Comisión Interdisciplinaria de Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina.
- Ávila L. 2007. Aprovechamiento del biogás producido en rellenos sanitarios para generar energía eléctrica para autoabastecimiento municipal". ETEISA. Monterrey, Nuevo León. México. Pp 38.
- Bahamondez C. 2007. Visión estratégica del cambio climático. Instituto forestal (infor). Valdivia chile. P 15-27.
- Bartomeu O. 2009. Digestión anaeróbica en granjas. Ingeniería Ambiental. [www.biovec.net](http://www.biovec.net). Pamplona. Pp 19.

- Biblioteca EPM (EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLINS). 2007. Conservación del agua. Medellín Colombia. P 7.
- Bonfanti. 2004. Los Residuos Sólidos Urbanos. Instituto de Geografía. Facultad de Humanidades-UNNE. Chaco, Argentina. P 5-7, 63.
- Bridge R. 2008.residuos orgánicos. Revista CleanUptheWorld. Australia. Correo electrónico [info@cleanuptheworld.org](mailto:info@cleanuptheworld.org) Sitio Web [www.cleanuptheworld.org](http://www.cleanuptheworld.org)
- Cardona Alzate C. A., Sánchez Toro O.J. y Ramírez Arango J. A. 2004. Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. Revista de biotecnología, vol. IV. Colombia. Pp 12.
- Campero O. 2006. "Biogás en Bolivia". Tecnologías en desarrollo. Cochamba, Bolivia. P 2-4.
- Castells X. E. 2009. Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Díaz de santos. Segunda edición. E-mail: [ediciones@diazdesantos.es](mailto:ediciones@diazdesantos.es)  
<http://ediciones.diazdesantos.es>.
- Castillos Ríos J.C. 2006. Elaboración de compost en Manzanas a partir de residuos orgánicos urbanos. Asociación regional de recicladores.  
[lunazul.ucaldas.edu.com](http://lunazul.ucaldas.edu.com)
- Castillos L. 2005. "Experiencia Piloto de Producción de biogás en un establecimiento lechero". Asociación de Fomento rural de Lascano. Costa Rica. Pp 5.
- Castrillón Quintana O. y Puerta Echeverri S. 2004. Impacto del Manejo Integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista. Revista Lasallista de Investigación. Vol. 1. Pag. 3.

- CICEANA (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A. C. 2006. Ciudad de México. [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx).
- CONCYTEG, 2006. Biogás y Metanación. Grupo de trabajo Planeación Energética. P 3.
- CPPS (COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR) y PNUMA (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE). 2006. Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste. TALLER REGIONAL SOBRE MANEJO SOSTENIBLE DE LA BASURA MARINA EN EL PACIFICO SUDESTE. Ciudad de Panamá, Panamá. P 7.
- Del Val A. 2002. LA BASURA PUEDE SER UN TESORO: ha llegado la hora del reciclaje y de la producción limpia. Gea 21. 3ª. Edición, Madrid España. Pp 14.
- Diorio L. A., Forchiassin F., Papinutti V. L., Sueldo V. 2003. actividad enzimática y degradación de diferentes tipos de residuos orgánicos por *saccobolus saccoboloides* (fungi, Ascomycotina). Laboratorio de micología experimental del departamento de biodiversidad y biología experimental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires Argentina. P 11-15.
- Echarri L. libro electrónico-Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastian, Universidad de Navarra. Navarra España.

<http://www.esi.unav.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGr.al.html>.

- Ecodeco. 2006. Valorización energética de la fracción resto de los residuos sólidos urbanos. Pp 6. [www.ecodeco.it.com](http://www.ecodeco.it.com)
- EPA. 2003. Información General Relativa a Residuos Domiciliarios. Servicio de salud Metropolitano del Ambiente (SESMA). Santiago de Chile. Pp 6.
- Escobar C., Zuluaga., Franco L., Colorado G. 1997. Alternativa para desarrollar una agricultura sostenible. Programa nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Producción editorial Gráficas Florencia. Florencia, Colombia. P 2.
- FEMISCA (Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencia Ambiental) 2007. ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO. D.F, MEXICO. [www.femisca.org/noticias/20070518-Desayuno-ingSandraHerrera.html](http://www.femisca.org/noticias/20070518-Desayuno-ingSandraHerrera.html)
- Fregoso M., Cerrato R., González A. Santos T. 2003. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Instituto tecnológico agropecuario No. 2. Yucatán México. p 354.
- Gaynor K. 2006. Marco de referencia para una política de manejo de los desechos sólidos en Centroamérica. Agencia de los Estados Unidos para la Protección Ambiental (US-EPA). Denver, Colorado. P 2, 91.
- González Fernández R. 2007. BIOCOMBUSTIBLES Y CALENTAMINETO GLOBAL. Conferencia de las NN.UU. sobre medio ambiente y desarrollo. Rio de Janeiro, Brasil. Pp 22.

- Gunther M. 2003. "LA INTEGRACIÓN DE LA AGRICULTURA URBANA EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS MUNICIPALIDADES". Asesoría para la agricultura urbana. Lima Perú. pp 11.
- Granel Castro E. y Gales Hita L. 2002. Deterioro de la calidad de agua subterránea por el desarrollo poblacional. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Cancún, Q. Roo, México. Pp 41-53.
- Greenpeace. 2005. Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos Orgánicos .Campaña Contra la Contaminación Greenpeace. Buenos Aires Argentina.
- IPN (Instituto Politécnico Nacional). 2006. Residuos Sólidos. Programa ambiental. [www.ipn.mx](http://www.ipn.mx)
- Klees D. y Fortuny J. 2004. Recolección y Selección de Residuos Sólidos Urbanos. Universidad Nacional del Nordeste. República Argentina. Pp 4.
- Lagarda E., Acosta G.1993. EFECTOS DE LA AGLOMERACIÓN DE BASURA EN CIUDAD OBREGÓN SONORA, MÉXICO (APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES Y DINÁMICA DE SISTEMAS). Instituto Tecnológico de Sonora, México. p 6.
- Leiva B.2004. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR. Unidad de Investigación y Proyección Social. Universidad Francisco Gavidia. El Salvador, C.A.
- Lietti A. 2007. Tecnología del biogás, energía de residuos orgánicos y cultivos energéticos. Cuadernos La Tierra, de la Unión europea. Pp 47.

- Loera D., Sandoval G. y Funes C. 2004. El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba. Universidad Nacional Rio Cuarto- Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de Economía Agraria. Santa Fe, Argentina. Pp 22.
- Loera E. 2001. Programa municipal de reciclaje de desechos sólidos. Instituto de Manantlán de ecología y Conservación de la Biodiversidad. Jalisco, México. PP. 8.
- Lugones B. 2007. Análisis de Biodigestores. Ciencia Energética. Cuba. Pp 5.
- Macri M. 2007. Factores involucrados en el manejo de la basura doméstica por parte del ciudadano. Global Alliance for Incinerator Alternativas (GAIA) Buenos Aires, Argentina. P 2.
- Monreal C. 2008. La Utilización de los Residuos Agrícolas y Otros Desechos Para la Producción de Bioenergía, Biocombustibles y Bioproductos. Environmental Health/Energy Nano- and Bio-technologies Laboratory Eastern Cereal and Oilseed Research Center Agriculture and Agri-Food. Ottawa, Canada.
- Montanaro R. 2006. Producción de biogás. Revista artículos prácticos. Córdoba Argentina. Pp 13.
- Pablos Pineda N. y Loera Burnes E. 2007. El manejo municipal en ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales Sonora. Estudios sociales, julio-diciembre, vol. XV. Universidad de Sonora, México. Pp 167-193.



- Palomo Rodríguez M., Martínez Rodríguez G. y Figueroa Viramontes U. 2008. Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales al Disminuir Riesgos de Contaminación en Actividades Agropecuarias. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Matamoros Coahuila, México. P 12.
- Patiño Rivera F. y González Valadés G. 2004. El reciclaje de los residuos sólidos plásticos como alternativa para mejorar la calidad ambiental. Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Mich., México.
- Pedraza Ordoñez G. y Rosales M. 1998 DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS SERVIDAS EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA. Ecolciencias. Volumen 1. P
- Pedraza Ordoñez G., Chara J., Conde N., y Giraldo S. 2002. Evaluación de biodigestores en geomembrana y plástico de invernadero en clima para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino. Fundación Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. p 126.
- Peralta Suárez M. A. y Zamora Romero P. 2003. Contaminación Atmosférica producida por quema de basura en las Pampas de Reque. Greenpeace. Chiclayo. P 146.
- Perdomo C., Casanova O. y Ciganda V. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos. Agrociencia vol. 1. Sudoeste del Uruguay. P 22.

- Preston T. 2005. Los biodigestores en los sistemas agrícolas ecológicos. LEISA, Revista de Agorecología. Vol.21. Colombia. <mailto:%20regpreston@utafoundation.org>
- PRONATTA. 2000. Capacitación para el manejo integral y autosostenible de cerdos con pequeños productores de tres veredas. Universidad Nacional, San Antonio. Colombia. Pp. 30.
- Quesada R., Salas N., Arguedas M. y Botero R. generación de energía eléctrica a partir de biogás. Universidad HEARTH. Costa rica. P 140-144.
- RIOVALLE U. 2008. La basura: fuente de riqueza, mas que un problema. PODER LEGISLATIVO DEL ESTADO DE MEXICO. Dirección General de Comunicación Social. P 2.
- Romero L. y Simanca J. 2006. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN CANECAS EN SERIE PARA OBTENER GAS METANO Y FERTILIZANTES A PARTIR DE EXCREMENTOS DE CERDOS. Grupo de investigaciones Ambientales, Aire, Agua y Suelo. Universidad de Pamplona. Volumen I. P 16-21.
- Ruvinoff P. 2001. Que es la composta y cuales son sus beneficios. Programa de manejo Integrado de recursos costeros. División de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Quintana Roo. México. Pp 2.
- Sanchez Monedero M. A., Roing A. y Steinfeld. 2006. Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. CEBAS-CSIC, Campus universitario de Espinardo, 30100. Murcia, España. P 36.

- SAGARPA. 2008. USO DEL BIOGAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE MEXICO. SISTEMAS2.FIRCO@SAGARPA.GOB.MX
- Santamarta, J.2007. Las energías renovables en España, una opción de futuro. Greenpeace. Salvat. Madrid, España. P 10.
- SEDESOL, 2006. Modelo y Uso para el aprovechamiento del Biogás. Nuevo León, México. P 3.
- SEISA. 2005. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA. Tijuana, Baja California, México. Pp 27.
- SEMARNAT. 2007. estrategia nacional para la prevención y gestión integral de residuos. D.F, MEXICO.
- Soaens Calvo A. 1999. Residuos Sólidos Municipales. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp 2.
- Solórsano Ochoa G. 2002. Aportación de gases de Invernadero en el manejo de residuos sólidos en México. Caso del metano. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Instituto Nacional de Ecología. Cancún México. Pp 8. [solorzanog@terra.com.mx](mailto:solorzanog@terra.com.mx)
- Soria M., Zeballos D. y Lisa M. 2004. ASPECTOS DE UNA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Santa Fe, Argentina. pp 30.
- Schuth W. 2006. Estrategia de la UE para la biomasa y biocarburantes. Comisión de Agricultura y Desarrollo Rural. Europa.

- Smith B. 2006. Captura de gases de efecto invernadero de rellenos sanitarios para su aprovechamiento económico. Sector eléctrico. Panamá. Pp 84. [www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org).
- Steiner R. 2006. Utilización de residuos orgánicos en costa rica. Agencia de Cooperación técnica alemana GTZ. San José, Costa Rica. P 17-21.
- Tapia J. 2008. El uso de biodigestores en la Granja Estrella. CONCYTEC. [jjuliant@guanajuato.gob.mx](mailto:jjuliant@guanajuato.gob.mx)
- Tortosa G., Albuquerque J. y Clemente R. 2003. Los residuos orgánicos, un problema o una solución. Agencia Europea de Medio Ambiente. Unión Europea. P 2.
- Torres Deluigui y Follari J. 2004. Uso de biodigestores en sistemas caprinos. Universidad Nacional del Río cuarto. Basada en la información extraída de [www.es.geocities.com/tonyadry/biodigestor](http://www.es.geocities.com/tonyadry/biodigestor)
- Torres Espino G. 2004. Problemática de la gestión de residuos sólidos en la zona urbana de Acapulco Guerrero. Unidad de ciencias de desarrollo regional, Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero México. Pp 10.
- Treut H. 2008. Reducción de emisiones de metano para atenuar el calentamiento climático. Laboratorio de Meteorología Dinámica. Valencia, España. P 3-8.
- Vargas M. 2006. Introducción a las energías alternativas con experimentos sencillos. La Paz, Bolivia. P 8.