

INDICE

• INTRODUCCIÓN

Este estado del arte presentado como trabajo para la materia de TERMODINÁMICA fue basado en la energía de BIOMASA. Esta es una energía catalogada como alternativa y ENERGÍA RENOVABLE de la cual no conocemos mucho, conocemos conceptos pero no sabemos nada sobre el proceso de cómo transformarla en energía.

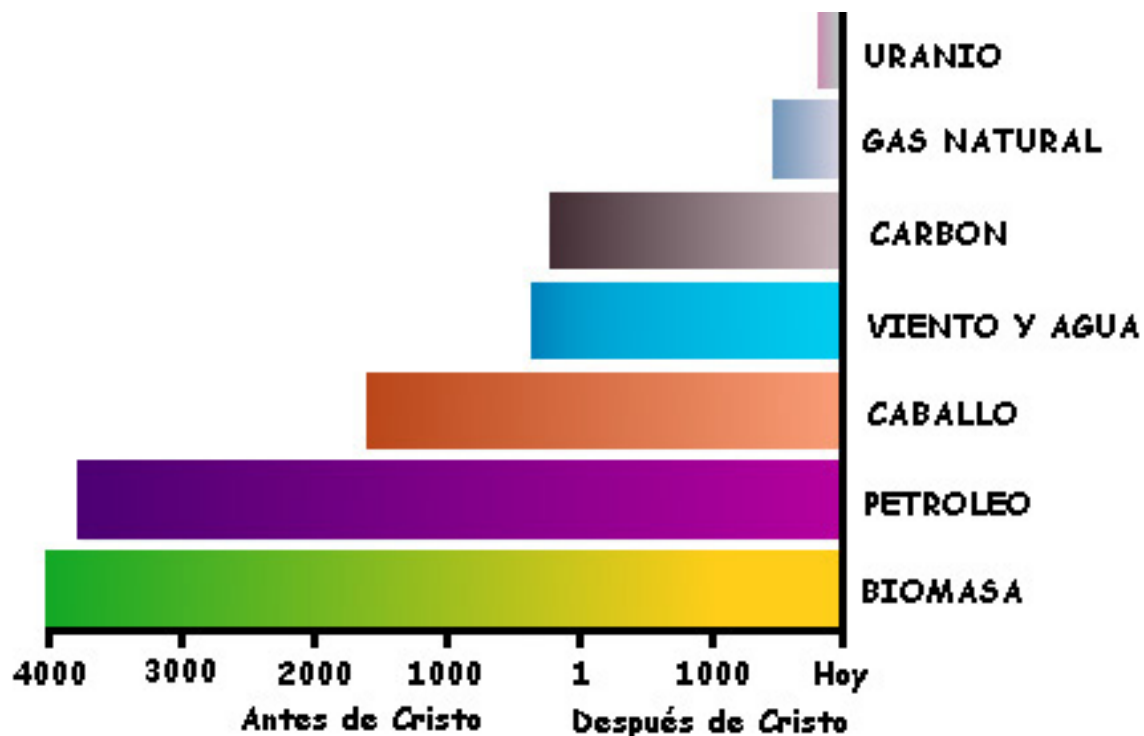
Por lo tanto este tema fue escogido por mi propia curiosidad sobre el tema, ya que me parece muy interesante conocer como los desechos orgánicos (basuras) que siempre han sido un problema puedan tener un tan excelente uso en la producción de energía.

En las ciudades la producción de basura siempre tiende a aumentar y esto siempre ha sido un problema, es interesante la forma de sacar provecho de ese problema.

• LA ENERGÍA ATRAVERZ DEL TIEMPO

Durante la mayor parte de su historia, la Humanidad obtuvo energía de la biomasa, el viento y la fuerza muscular de animales y otros seres humanos. El petróleo también se utiliza desde hace mucho tiempo, pero sólo a partir del siglo XVIII comenzó su explotación masiva como fuente energética, cuando se descubrieron pozos en Estados Unidos. La electricidad, obtenida en gran parte del mundo como producto secundario de otras energías, es en la actualidad uno de los principales recursos que se usan para mantener andando el mundo.

Este gráfico nos muestra cuándo se **usaron por primera vez** las diferentes fuentes energéticas.



En la actualidad, los hidrocarburos son una de las grandes **bases energéticas** de nuestra sociedad. Pero son energías no renovables; es decir, una vez que se terminen, no podrán ser repuestas. Por lo tanto, científicos de todo el mundo se han dedicado a investigar la utilización de otros recursos energéticos para seguir "moviendo al mundo". Ya te hablamos de la energía solar y la nuclear, que son dos grandes áreas de investigación. Pero también hay otras energías, menos conocidas y, por lo tanto, menos utilizadas. Son conocidas como **inagotables**, porque existirán siempre que exista nuestro planeta con sus actuales características. Ellas son, además de la energía solar, la geotérmica, la eólica y la oceánica.

• ACERCA DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS

En los 80 casi la totalidad de la energía consumida en el mundo provenía de la quema de combustibles fósiles, considerando el mismo consumo per capita de esos años y que la población mundial llegara a 8200 millones de personas, en el 2025 se quemaran 14.000 millones de toneladas de carbón. Es decir, habrá un incremento del 40%. Ello producirá una aceleración del calentamiento global del planeta y una elevación del nivel de los océanos.

Los combustibles fósiles se agotan y amenazan con provocar una catástrofe ecológica.

La tecnología nuclear es muy costosa y peligrosa.

¿Qué alternativas nos quedan?

La crisis energética que impactó al mundo en 1973 y que dejó casi sin combustible a los principales países del mundo, obligó a los especialistas a formular un serio replanteo

sobre los mecanismos de generación.

La crisis tuvo su continuidad en la Argentina, lo que llevó a profundizar los estudios

sobre las llamadas Energías Alternativas.

¿Qué son las energías alternativas?

Son fuentes de obtención de energías sin destrucción del medio ambiente, renovables, que han sido investigadas y desarrolladas con algunas intensidades en las últimas décadas.

Algunas de ellas son :

Eólica: producida por el movimiento del viento.

Solar : utiliza la radiación solar.

Geotérmica : Uso del agua que surge bajo presión desde el subsuelo.

Biomasa: Utiliza la descomposición de residuos orgánicos

El actual modelo de desarrollo esta soportado por uso de energía convencional (hidráulica y combustibles fósiles no renovables).

• LUGAR DE LA BIOMASA ENTRE LAS FUENTES DE ENERGÍA

Al contrario de las energías extraídas de la tanatomasa (carbón; petróleo), la energía derivada de la biomasa es renovable indefinidamente. Al contrario de las energías eólica y solar, la de la biomasa es fácil de almacenar. En cambio, opera con enormes volúmenes combustibles que hacen su transporte oneroso y constituyen un argumento en favor de una utilización local y sobre todo rural. Su rendimiento, expresado en relación a la energía solar incidente sobre las mismas superficies, es muy débil (0,5 % a 4 %, contra 10 % a 30 % para las pilas solares fotovoltaicas), pero las superficies terrestres y acuáticas, de que pueden disponer no tienen comparación con las que pueden cubrir, por ejemplo, los captadores solares

• DEFINICIÓN DE BIOMASA.

La biomasa se define como toda la materia orgánica de origen vegetal o animal que puede convertirse a energía. Algunas aplicaciones bien conocidas de la biomasa incluyen la conversión de leña y residuos agrícolas y forestales por combustión directa para producir calor, vapor y/o electricidad, la conversión de caña de azúcar y granos por fermentación para producir alcohol combustible, la conversión de desechos orgánicos por biometanación para producir metano y bióxido de carbono (biogás), la conversión de residuos agrícolas y madereros a combustibles líquidos, sólidos y gaseosos por medio de procesos termoquímicos, y la producción de aceites vegetales que pueden emplearse como sustitutos del diesel.

Como una medida del potencial de la biomasa como fuente energética, se puede indicar que por medio de la fotosíntesis se fijan en las plantas 80,000 millones de toneladas de carbono por año, con un contenido de energía que corresponde a unas diez veces el uso mundial de energía. Se puede señalar también que el contenido energético de la biomasa almacenada en la superficie terrestre es equivalente al de las reservas probadas de combustibles fósiles, incluyendo carbón, y que la energía total de las reservas estimadas de éstos últimos, sólo representa unos 130 años de fotosíntesis neta.

El uso excesivo de biomasa, especialmente leña, en algunas regiones, ha resultado en deforestación, erosión, inundaciones y asolve de corrientes de agua. Algunos métodos empleados para incrementar la producción de biomasa son por ejemplo las plantaciones de árboles de rápido crecimiento, tanto para usarse como leña, como para convertirlos a otros combustibles por procesos termoquímicos.

• BIOMASA DESCRIPCIÓN.

La forma de aprovechar la biomasa como energético puede ser a través de la combustión directa, como tradicionalmente se ha aprovechado en México la leña y el bagazo de caña, o bien mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos a través de diferentes tipos de procesos.

La combustión directa que todos conocemos es el proceso por el que se aprovecha el poder calorífico de la biomasa en México. Naturalmente en México se siguen los métodos tradicionales para producir carbón, no son volúmenes muy altos, son específicos y el dato que se conoce es de alrededor de 70,000 toneladas anuales. La pirolisis además del carbón puede dar lugar a líquidos como el alquitrán que es un combustible con cierto poder calorífico alto de unas 9,000 o 10,000 Kcal. por litro y también da lugar a la producción de monóxido de carbono que es un gas que puede emplearse como combustible.

Por el otro lado se tienen procesos biológicos, los tradicionales, la producción de alcohol a partir de productos celulósicos que por ejemplo nosotros conocemos tradicionalmente la producción de alcohol a través de una fermentación de caña. Cuando el azúcar está disponible para otros fines, alimenticios entre ellos, podemos pensar en residuos, en celulosa, darles un tratamiento con ácido clorhídrico, con alta temperatura, gasificarlos, llegar a la glucosa, fermentarlos y producir el alcohol.

El proceso de la fermentación anaeróbica puede ser empleado en muchos casos, el Instituto de Investigaciones Eléctricas empezó trabajando con residuos de animales, por un lado el proceso produce fertilizantes o un abono orgánico, más que un fertilizante es un acondicionador de suelos y en muchos casos se han hecho experimentos para emplearlo como un complemento alimenticio y por el otro tenemos un combustible que es el conocido como biogás. Hay una gran variedad de residuos que pueden aprovecharse, agrícolas, animales, algas que se generan en grandes cantidades en las costas, el lirio acuático por ejemplo que es una plaga en las presas de México y la basura que se está generando todos los días.

En México se generan alrededor de 170 metros cúbicos por segundo de agua residual y según las cifras de SEDESOL, existe la infraestructura para tratar del 20 al 30 por ciento aproximadamente, o sea que en ese campo existe una gran oportunidad de combinar procesos aerobios y anaerobios para abatir consumo de energía y generación y de lodos y lógicamente para tratar esa agua y bueno no hablemos de las aguas industriales que en algunos casos específicos se pueden utilizar con ventaja estos procesos.

Por el lado de la basura urbana, se conocen los rellenos sanitarios, en 1990 el IIE realizó un estudio en los que hay en el D.F. Había 6 clausurados y 3 en operación y muchos de ellos ya tenían 40 años, entre ellos el de Santa Fe y el de Santa Cruz Meyehualco, donde ya la recuperación de gas que se genera no es factible. Sin embargo en los que estaban en operación en este tiempo están produciendo gran cantidad de gas y una muestra es el que está en Prados de la Montaña, el cual se encuentra en condiciones operativas.

• **BIOMASA. RECURSO.**

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de la vegetación, cultivos acuáticos, residuos forestales y agrícolas, urbanos, desechos animales, etc. Genéricamente las fuentes de biomasa se pueden clasificar como primarias (recursos forestales) y secundarias (básicamente los residuos como aserrín, residuos de las hojas de árboles, los agrícolas, pajas rastrojos y los urbanos).

En México se comienza a tener una mayor conciencia del potencial que ofrece el aprovechamiento de residuos, principalmente urbanos, dados los volúmenes que se manejan en las grandes ciudades del país. Estos residuos y los desechos de animales, desde hace tiempo se han venido utilizando en instalaciones a nivel de prototipo en el Instituto de Investigaciones Eléctricas y en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

La cuantificación del recurso de la biomasa es una tarea complicada y no existen en México datos precisos, salvo las estadísticas que presenta anualmente el balance nacional de energía en el que se consignan las cantidades consumidas de leña y bagazo de caña. Se estima que el consumo anual de los particulares es de 87,820 Tera Joules (TJ) de bagazo de caña y 247,400 TJ de leña, lo cual da un total de 335,220 TJ

• **UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA.**

Bosques:

La única biomasa explotada actualmente para fines energéticos es la de los bosques. No obstante, el recurso sistemático de la biomasa de los bosques para cubrir la demanda energética sólo puede constituir una opción razonable en países donde la densidad territorial de dicha demanda es muy baja, así como también la de la población (Tercer mundo). En España (por lo demás país deficitario de madera) sólo es razonable contemplar

el aprovechamiento energético de la corta y saca y de la limpia de las explotaciones forestales (leña, ramaje, follaje, etc.), así como de los residuos de la industria de la madera. En este sentido, la oferta energética subyacente a las leñas ha sido evaluada en 2.500.000 tep, partiendo de la base de que la producción de leña (siempre en España) en t/ha es aproximadamente igual a la cuarta parte de la cifra correspondiente al crecimiento anual de madera, en m³/ha.

VAERSA (aprovechamiento de residuos forestales en Valencia)

Residuos agrícolas y deyecciones y camas de ganado:

Estos constituyen otra fuente importante de bioenergía, aunque no siempre sea razonable darles este tipo de utilidad. En España sólo parece recomendable el uso a tal fin de la paja de los cereales en los casos en que el retirarla del campo no afecte apreciablemente a la fertilidad del suelo, y de las deyecciones y camas del ganado cuando el no utilizarlas sistemáticamente como estiércol no perjudique las productividades agrícolas. Siguiendo este criterio, en España se ha evaluado una hipotética oferta energética de 3.700.000 tep procedentes de paja de cereales.

Cultivo energético:

Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en sí mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios (madera, etc.). Las dudas aumentan en el caso de las regiones templadas, donde la asimilación fotosintética es inferior a la que se produce en zonas tropicales. Así y todo, en España se ha estudiado de modo especial la posibilidad de ciertos cultivos energéticos, especialmente sorgo dulce y caña de azúcar, en ciertas regiones de Andalucía, donde ya hay tradición en el cultivo de estas plantas de elevada asimilación fotosintética. No obstante, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético sería el jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año). Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas (micrófitos), que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo. Así, el alga unicelular *Botryococcus braunii*, en relación a su peso, produce directamente importantes cantidades de hidrocarburos.

• METODOS PARA LA CONVERSIÓN DE BIOMASA EN ENERGÍA.

Aparte del caso excepcional de *Botryococcus braunii*, que produciría directamente petróleo, la utilización práctica de las diferentes formas de biomasa requiere unas técnicas de conversión.

• Métodos termoquímicos:

Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están bien adaptados al caso de la biomasa seca, y, en particular, a los de la paja y de la madera.

La combustión: Es la oxidación completa de la biomasa por el oxígeno del aire, libera simplemente agua y gas carbónico, y puede servir para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

La pirólisis: Es la combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno, a unos 500 °C, se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Aparte de éste, la pirólisis lleva a la liberación de un gas pobre, mezcla de monóxido y dióxido de carbono, de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros. Este gas de débil poder calorífico, puede servir para accionar motores diesel, o para producir electricidad, o para mover

vehículos. Una variante de la pirólisis, llamada pirólisis flash, lleva a 1000°C en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis. Las instalaciones en las que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de gasógenos. El gas pobre producido puede utilizarse directamente como se indica antes, o bien servir de base para la síntesis de un alcohol muy importante, el metanol, que podría sustituir las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (carburol).

- Métodos biológicos:

La fermentación alcohólica es una técnica empleada desde muy antiguo con los azúcares, que puede utilizarse también con la celulosa y el almidón, a condición de realizar una hidrólisis previa (en medio ácido) de estas dos sustancias. Pero la destilación, que permite obtener alcohol etílico prácticamente anhidrido, es una operación muy costosa en energía. En estas condiciones, la transformación de la biomasa en etanol y después la utilización de este alcohol en motores de explosión, tienen un balance energético global dudoso. A pesar de esta reserva, ciertos países (Brasil, EE.UU.) tienen importantes proyectos de producción de etanol a partir de la biomasa con un objetivo energético (propulsión de vehículos; cuando el alcohol es puro o mezclado con gasolina, el carburante recibe el nombre de gasohol).

La fermentación metánica es la digestión anaerobia de la biomasa por bacterias. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75 % de humedad relativa). En los fermentadores, o digestores, la celulosa es esencialmente la sustancia que se degrada en un gas, que contiene alrededor de 60 % de metano y 40 % de gas carbónico. El problema principal consiste en la necesidad de calentar el equipo, para mantenerlo a la temperatura óptima de 30–35°C. No obstante, el empleo de digestores es un camino prometedor hacia la autonomía energética de las explotaciones agrícolas, por recuperación de las deyecciones y camas del ganado. Además, es una técnica de gran interés para los países en vías de desarrollo. Así, millones de digestores ya son utilizados por familias campesinas chinas.

- **CENTRAL DE BIOMASA.**



- **FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS**

Los datos estadísticos indican que cada habitante de la tierra produce aproximadamente un Kilo de

desperdicio por día. Paralelamente, el consumo de energía no renovable acorta sus plazos de agotamiento en proporción a la mayor tecnificación de la sociedad, Para poner un ejemplo, podríamos decir que si extendiéramos sobre la superficie de la provincia de Tucumán, los residuos generados durante siete años, por todos los argentinos, la cubriríamos con una capa de 10 cm de espesor, como vemos la necesidad de energías limpias renovables aunado a la necesidad de deshacernos de los desechos, hace posible el aprovechamiento de la energía de biomasa.

Diversas tecnologías pueden emplearse para transformar la biomasa en combustible sólidos, líquidos y gaseosos, Se distinguen:

- *El biogás*: mezcla de gas producido por la fermentación de materia orgánica.

La bioenergía: se obtiene por la transformación de productos orgánicos.

La dentro energía: obtenida de la biomasa forestal.

• El biogás

Mundialmente se lo conoce como biogas o producto de la fermentación anaerobia (sin aire) de residuos de origen orgánico.

Su composición depende de la materia prima utilizada y otros parámetros o factores. El es contiene un elevado nivel de metano (50 al 70) dióxido de carbono (30 al 45%), hidrógeno, oxígeno, y otros

Dentro de las energías convencionales, los sistemas de biogas son de inmediata y segura aplicación a un costo despreciable, además presenta una serie de ventajas como :

Reducen la peligrosidad y la contaminación de los residuos, eliminan el olor desagradable de los desechos.

No producen desequilibrio en la naturaleza

- Como subproducto se obtiene un afluyente con aptas propiedades de fermentación.

Amortizan entre cuatro y siete años.

Las instalaciones necesarias para la producción de biogas son muy costosas y pueden ser utilizadas con mano de obra rural, la cual hace muy interesante al sistema para el agro argentino, donde la energía convencional no lleva por razones económicas.

• El proceso anaeróbico

La formación metano génica ocurre con la ausencia del oxígeno, esta condición se logra en recipientes que impiden la entrada de aire exterior llamado BIODIGESTORES.

Las bacterias responsables de la degradación y producción de gas metano se encuentran presentes en el estiércol, y en los lodos cloacales. El biodigestor, es un recipiente cerrado, que actúa por sistemas de vasos

comunicantes, por un conducto ingresa el material a descomponer y por el otro sale en proporción a lo que ingresa, el líquido residual que es utilizado como abono.

• Etapa de digestión

El proceso de degradación, es el desarrollo de un complejo de bacterias que atacan la materia orgánica original. Se dividen en dos etapas, principales ácidas y metanogénicas. Estas dos etapas se producen en formas simultáneas en los digestores, según las características:

– Fase ácida:

- Bacterias facultativas: pueden vivir en presencia de bajo contenidos de oxígeno
- Su producción final = ácidos orgánicos

– Fase metanogénicas: no viven en presencia de oxígeno.

bacterias anaeróbicas).

• Digestores

Elementos que la componen :

- **Cámara de carga** : en ella se introducen el material a fermentar, se mezcla con agua y se lo homogeniza, luego penetran al digestor.

Conducto de largo : conecta la cámara de carga, con la cámara de digestión.

- **Gasómetro**: su función es de actuar de pulmón de almacenamiento en los momentos en que no existe el consumo de gas, pues la producción es interrumpida a lo largo de todo el día.

Cámara de descarga : en ella se acumula todo el material una vez digerido. En cuanto a las posibilidades, Argentina, la tiene por ser un país extenso la utilidad de esta energía debería ser apreciada como una forma económica, de brindar confort al medio rural, sobre todo en regiones donde pasan años antes que llegue allí el gasoducto o la electricidad. Por lo tanto deberían intensificar las investigaciones, se han hecho estudios y se calculó que el estiércol tiene un poder calorífico de 5.000 a 5.500 kilocalorías por metro cúbico, según las mediciones del INTA.

• CULTIVOS ACUÁTICOS.

Los océanos cubren aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra; desde el punto de vista de la captación de la energía solar poseen entre 5 y 10 veces más superficie potencialmente productiva que la tierra. Hasta el momento no se ha abordado con suficiente extensión y profundidad la creación de cultivos en explotaciones marinas, sin embargo, el incremento de la población y la demanda creciente de alimentos y productos energéticos, han vuelto en gran medida la atención científica hacia esta posible forma de producción de biomasa.

El cultivo de plantas marinas por excelencia, es el de las **algas**. *Macrocystis pyrifera* es especialmente interesante por su gran productividad ligada a una alta eficacia fotosintética. Puede alcanzar esta alga marina hasta 46 m de longitud, pudiéndose obtener en una explotación en *granjas marinas* un rendimiento

aproximado de 76 Tm/ha.año de materia seca, que posee un potencial energético de unos 10,8 MJ/kg.

También entre las algas hay que destacar el cultivo de las **algas unicelulares**, principalmente de los géneros *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Spirulina*. La productividad de estos vegetales oscila alrededor de las 100 Tm/ha.año de materia seca, pudiendo alcanzar el género *Chlorella* valores de hasta 125 Tm.

La planta acuática que quizás haya recibido más atención en los últimos tiempos es el **jacinto de agua** (*Eichornia crassipes*), especie de agua dulce de origen tropical, cuyo crecimiento es óptimo entre 26 y 28 °C y nulo si la temperatura del agua baja de 10 °C. En condiciones térmicas y nutritivas adecuadas, su crecimiento y consiguiente reproducción vegetativa son extraordinariamente rápidos: una mata aumenta diariamente su peso fresco en un 10%, duplicándose el número de individuos cada 12 ó 15 días. Su productividad media se estima superior a las 30 Tm/ha.año en peso seco (del 6 al 8% del peso fresco), habiéndose obtenido en algunos casos rendimientos de hasta 150 Tm/ha.año de materia seca.

Además de las especies citadas, existen otras muchas plantas acuáticas, tanto de agua salada como de agua dulce, que podrían ser utilizadas, bien para la obtención de energía o, de forma alternativa, para la alimentación (producción de proteínas). El estudio de cada especie en su hábitat natural puede ofrecer grandes posibilidades en un futuro de cara al aprovechamiento de muchas plantas acuáticas para la obtención de biomasa.

• ENERGIA PROCEDENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

Los científicos se encuentran en disposición de producir electricidad así como reducir el nivel de contaminación de las aguas residuales usando la materia orgánica que contienen como fuente de energía.

Para ello, utilizarán una bacteria reductora de metales, la *Shewanella putrefaciens* IR-1. En procesos industriales, estas bacterias purifican el agua eliminando los peligrosos iones metálicos.

Pero también pueden actuar como célula de combustible microbiana, transfiriendo corriente eléctrica hacia su exterior a través de mecanismos electroquímicos.

En este proceso, cada microorganismo actúa como una pequeña dinamo.

• EL LAPSO EN EL QUE SE PROYECTA QUE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y CONVERSIÓN DE BIOMASA PUEDAN TENER UN IMPACTO SIGNIFICATIVO.

– Inmediato:

Combustión directa (tanto en pequeñas estufas eficientes como en calderas para generación de vapor para usos industriales y de generación eléctrica); Gasificación (gas de bajo poder calorífico); Biometanación de desechos animales y residuos urbanos y agroindustriales (biogas); Fermentación para producción de etanol (no se considera adecuada para el país dada la situación de déficit en la producción de alimentos como azúcar y cereales); Aceites vegetales empleados como combustibles en motores diesel; Densificación mecánica.

– Corto (5 años):

Plantaciones de árboles de rápido crecimiento; Sacarificación de la celulosa para producción de etanol; Gasificación (gas de poder calorífico intermedio y alto).

– Mediano (10 años):

Biomasa acuática para biometanación; Plantas de zonas áridas para producción de hidrocarburos; Gasificación y Licuefacción indirecta (metanol y otros combustibles sintéticos).

– **Largo (más de 20 años):**

Licuefacción; Biofotólisis.

La contribución de la biomasa a la oferta interna bruta de energía primaria del país (**México**) en 1992 fue del 6.6%, lo que la coloca como la segunda fuente energética en importancia después de los hidrocarburos.

En cuanto a los usos actuales de biomasa en el país, que significaron el 10.2% del consumo final energético en 1992, además de la leña empleada en el medio rural se puede señalar la combustión de bagazo de caña en los ingenios azucareros para la producción de vapor y/o energía eléctrica, y la quema de residuos en algunas fábricas de papel. A un nivel mucho menor, se tiene la producción de carbón vegetal, por lo general con procesos muy ineficientes.

Hace un par de años se llevó a cabo un proyecto piloto para demostrar la viabilidad de generar electricidad con el biogas producido en uno de los rellenos de basura del Distrito Federal.

Por lo que respecta al potencial nacional, se estima que el incremento anual de los bosques es de unas 2.5 veces la producción maderable, incluyendo una estimación del consumo rural no registrado, pero que ambas se llegarán a igualar para el año 2000. Además, los residuos generados por la producción industrial de madera en los bosques son del orden de una tercera a una cuarta parte de la demanda total actual. Sin embargo, dado que las superficies forestales sólo representan un 22.5% del territorio nacional, se tienen 150 millones de hectáreas cubiertas de selvas bajas, chaparrales, mezquiales o matorrales. Es en estas zonas donde se presentan situaciones de déficit de leña.

Se ve entonces que están disponibles en áreas definidas grandes cantidades de biomasa, incluyendo residuos agrícolas y forestales, para su conversión a calor, vapor y/o electricidad, así como las tecnologías para aprovecharlos. Sin embargo, para que a largo plazo la biomasa pueda contribuir a cubrir la demanda energética, es de primordial importancia incrementar el cultivo de los bosques, crear plantaciones de apoyo, promover el aprovechamiento integral de las plantas, y hacer un aprovechamiento racional de los residuos y desechos orgánicos

• **DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE DESARROLLO DE LA BIOMASA ENERGÉTICA**

Aspectos	Puntos fuertes, ventajas y fortalezas	Puntos débiles, desventajas y riesgos
AMBIENTALES	Puede integrarse con procesos de recuperación ambiental, principalmente cuando corresponden a la utilización de subproductos de procesos productivos. Sustituye o disminuye las emisiones de CO₂. Posibilita el uso productivo de tierras marginales, en pendientes o semiáridas.	Puede promover la monocultura extensiva y reducir la biodiversidad. Puede incrementar la erosión y la degradación de los suelos.
SOCIOECONOMICOS	Favorece la generación de empleo en las áreas rurales. Contribuye a internalizar las inversiones y a reducir las	Existen muchos actores, poco o nada articulados. Puede emitir partículas en la combustión. La relación oferta-consumo frecuentemente es definida por el mismo

	desigualdades. Presenta normalmente un menor componente en divisas en comparación con otros sistemas de suministro energético. En muchas situaciones presenta competitividad frente a combustibles fósiles, particularmente en el contexto agroindustrial. En algunos países existen nuevas modalidades de financiamiento para el suministro energético en localidades aisladas.	agente, sin una valorización explícita del recurso. Los sistemas bioenergéticos presentan en general costos de capital comparativamente más elevados que los sistemas convencionales basados en energía fósil. El costo de transporte tiene una fuerte incidencia y típicamente las distancias factibles en términos económicos entre los sitios de producción y utilización son inferiores a pocas centenas de kilómetros.
TECNOLOGICOS	Disponibilidad de varios sistemas de tecnología probada para su uso racional y diversificado en sus diversas formas. Gran parte de los equipos necesarios pueden ser fabricados localmente. Amplia gama de capacidades, tecnologías y condiciones para su uso.	Los sistemas requieren comparativamente más mantenimiento y atención en la operación. La eventual heterogeneidad en tamaño, alta humedad o baja densidad del biocombustible puede imponer sistemas
INSTITUCIONALES	Los cambios institucionales en el sector energético en muchos países estimulan la producción privada de energía e indirectamente, el uso de la biomasa energética.	de preparación previa. Normalmente no existe un marco institucional eficiente para estimular la producción y utilización racional de la biomasa energética. Existen pocos sistemas en el rango de decenas de Kw., suficientemente confiables y de operación sencilla. Los sistemas de información disponibles muchas veces no permiten fundamentar acciones e definir estrategias bioenergéticas.
CAPACITACION Y DIFUSION	Existe en la actualidad un numero razonable de personas capacitadas e instituciones con conocimientos, pero aún poco articuladas para actuar en temas bioenergéticos. Los nuevos sistemas de comunicación permiten incrementar el intercambio de información entre las instituciones y otros actores del escenario bioenergético.	Los sistemas de información disponibles muchas veces no permiten fundamentar acciones e definir estrategias bioenergéticas. Algunas veces existen prejuicios para la utilización de la biomasa por falta de conocimiento de las oportunidades de sostenibilidad de esta fuente energética. La temática bioenergética es poco considerada en los programas de formación profesional y en los niveles de

	El conocimiento y la tecnología bioenergética puede considerarse de libre disponibilidad, sobre todo cuando se comparan con otras cadenas energéticas.	postgrado son pocas las oportunidades de formación, que aborden los distintos aspectos de las bioenergías.
--	--	--

- LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA Y EL FUTURO
- Siete preguntas básicas sobre Biomasa

Los combustibles fósiles **,el petróleo, el carbón y el gas** contribuyen de manera muy importante al calentamiento del planeta, que constituye un riesgo múltiple para la agricultura y otras actividades humanas. Además, los expertos afirman que las reservas de combustibles fósiles sólo durarán otros 40 o 50 años. Estos dos hechos por sí solos hacen la investigación en materia de fuentes sustitutivas de energía más apremiante que nunca. El Coordinador de Energía de la FAO, **Sr. Gustavo Best**, habló de los combustibles de biomasa y de otras fuentes de energía.

- **Qué relación hay entre los asuntos de la energía y el cambio climático?**

El cambio climático está muy íntimamente ligado a las pautas de utilización de la energía. La primera forma de reducir el cambio climático es modificar las fuentes de energía que utilizamos y es aquí donde vienen al caso los energéticos renovables y la energía de biomasa en particular. Esta es la única fuente de energía por completo neutra en CO₂, lo que quiere decir que no hace aumentar el bióxido de carbono en la atmósfera.

- **¿Qué son los combustibles de biomasa?**

Hay muchas clases distintas de combustibles de biomasa, desde la leña tradicional utilizada muy ineficientemente para cocinar, hasta los combustibles biológicos modernos muy complejos producidos a partir de biomasa cultivada con este fin. Los desechos agrícolas –como los residuos de origen animal– también pueden ser combustibles de biomasa. En algunos países europeos, como Alemania, Francia y Holanda, los residuos animales se están convirtiendo en un problema para el medio ambiente. Pero pueden utilizarse para producir energía a través de un proceso de fermentación. En China han estado utilizando esta tecnología desde hace más de 20 años. Actualmente tienen 10 millones de digestores de biogas que aprovechan los residuos animales.

- **¿Qué clase de vegetales se utilizan como combustibles de biomasa?**

Pueden ser variedades de árboles de crecimiento rápido, cereales, aceites vegetales, residuos agrícolas o, como en el caso de Brasil, la caña de azúcar.

- **¿Puede ofrecer algunos ejemplos de utilización actual de los combustibles de biomasa?**

Con la caña de azúcar, ya sea el azúcar o el bagazo se pueden aprovechar como fuente de energía. El bagazo es lo que queda una vez exprimida la caña, y resulta muy útil como combustible, forraje y material para construcción. Los ingenios azucareros utilizan el bagazo como fuente de energía, para obtener calor durante el proceso de elaboración del azúcar. La tecnología moderna permitiría aprovechar el bagazo con mucha más eficiencia, de modo que sobra mucho que se puede utilizar para generar electricidad mediante una central normal de combustión y generación de energía.

Imaginemos un ingenio azucarero que utilice calor para producir azúcar, pero que también proporcione fuerza a la red de energía eléctrica de la ciudad. Así, una industria productora de alimentos se convierte también en industria productora de energía. En muchos países ya se está haciendo. Brasil es famoso por aprovechar parte de los productos del azúcar para producir alcohol que se utiliza en los automóviles. Tienen seis millones de coches que funcionan a partir de una mezcla de 25 por ciento de alcohol en la gasolina. Esto tiene la ventaja

de que reduce la contaminación y además no se requiere utilizar plomo, de modo que se obtiene una gasolina sin plomo.

Así pues, hay diferentes formas de elaborar los combustibles de biomasa: por combustión, destilación, gasificación, fermentación y pirólisis. Y existe una enorme variedad de combustibles de biomasa. Es evidente que nuestro principal interés respecto al cambio climático es tratar de fomentar el uso general de energía de biomasa porque es una de las principales formas de reducir las emisiones de bióxido de carbono.

- **¿Qué ventajas tienen en comparación con otras formas de energía? (combustibles de origen fósil, la energía solar, eólica...)**

Respecto a los combustibles fósiles, la mayor ventaja es que son neutros en CO₂ y que son renovables. Los combustibles fósiles sólo van a durar otros 40 o 50 años. El problema del cambio climático es que vamos a llegar al máximo de las emisiones en los siguientes 10 o 20 años, pero su efecto va a durar más tiempo. Pero la siguiente generación verá el fin de los combustibles de origen fósil.

La energía solar y la energía eólica tienen ciertas limitaciones respecto al tipo de fuerza que producen, es decir: electricidad, fuerza mecánica o calor. Con los combustibles de biomasa es posible obtener una gran variedad. Se pueden utilizar los combustibles de biomasa para producir un gas que se puede quemar, o para producir un líquido que se puede almacenar en tanques y surtir con bombas, o se puede utilizar la biomasa para producir algo semejante al carbón que se coloca en costales y se exporta. Es un combustible versátil tanto en su comercialización como en su aprovechamiento final. Además, los combustibles de biomasa probablemente sean el único combustible primario que pueda sustituir a la gasolina para el transporte.

Es evidente entonces que, desde el punto de vista del cambio climático, es fundamental cultivar biomasa que absorbe el bióxido de carbono de la atmósfera y lo vuelve a liberar una vez quemado. Para la FAO, una de las cosas importantes de la energía de biomasa es que genera empleos. Es una forma de crear infraestructura rural, abre nuevas oportunidades. También tiene un gran potencial para rehabilitar tierras degradadas. Para cualquier tierra degradada, se puede encontrar algún tipo de cultivo que regenere la zona, y ese vegetal, si se utiliza para obtener energía, tiene un valor agregado. Hace económicamente posible la bonificación de tierras.

Algo importante que debe salir de esta reunión sobre cambio climático que se está llevando a cabo en Kyoto, es que el petróleo debería hacerse relativamente más costoso, tanto desde el punto de vista económico como del político.

- **¿Existen limitaciones para la utilización de los combustibles de biomasa?**

Las limitaciones son técnicas, la disponibilidad de tierras y que no haya competencia con los alimentos, así como los precios. Hace falta evaluar la producción de energía de biomasa con mucha atención de modo que no compita con la producción de alimentos, que evidentemente es prioritaria. Pero se ha demostrado en muchos casos que la producción combinada de energía y alimentos es una ventaja, porque al mejorar la situación económica y la infraestructura, se beneficia la producción de alimentos.

Desde el punto de vista tecnológico creo que ya estamos listos. La principal limitación para el uso de los combustibles de biomasa es el precio. El programa de precios de la energía en el mundo necesita revisarse porque no hay forma de que el Convenio sobre el Cambio Climático pueda aplicarse con los precios actuales del petróleo. En las condiciones de hoy, los combustibles de petróleo son muy baratos y muchos de estos recursos renovables no pueden competir con ellos. El petróleo hoy es más barato que hace diez años a precios constantes. Tiene que haber una especie de acuerdo de que el precio es falso. No toma en cuenta el costo del ciclo entero. Si se toman en cuenta los costos de exploración, extracción, refinación, y los daños al medio ambiente, y se comparan con el costo de los combustibles de biomasa, estos resultan mucho más interesantes. El costo de limpiar la atmósfera va a ser mucho más alto que ayudar a que los combustibles de biomasa

entraran ahora al mercado. Estamos hablando de una plataforma de precios inocua para el medio ambiente.

• **¿De modo que se percibe un futuro en el que los combustibles de biomasa serían una importante fuente de energía?**

Serán una de las principales fuentes de energía. Creo que en el futuro habrá una variedad de combustibles, de fuentes de energía: la de biomasa, la energía solar, la eólica, la geotérmica, el océano. La energía oceánica se utiliza de tres formas: las mareas, las olas y la tercera es aprovechar la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo del agua, que puede ser de 10°C. Con eso se puede mover una turbina.

Muchos de estos sistemas se utilizarán para generar hidrógeno, uno de los combustibles más importantes para obtener energía en el futuro, pero que no existe puro en la naturaleza. Hace falta calor o electricidad para producirlo. La electricidad puede ser de origen solar, de biomasa o eólica. Se puede utilizar para el transporte, entre otras cosas. Ya existe un prototipo de automóvil que utiliza hidrógeno. Es cuestión de que avancen la investigación y la tecnología, de que la sociedad quiera estos productos y de que se creen las condiciones para que ingresen en el mercado. Para crear dichas condiciones la herramienta principal es el precio. Luego será por pura necesidad, porque se agotarán los combustibles fósiles. Cada vez se hablará más de energía solar porque en sentido estricto, la energía de biomasa, la eólica o la oceánica son de origen solar. También se hablará de bionergía, biowatts, energía verde y biocombustibles cada vez más.

La entrevista referida fue publicada originalmente en Noticias de la FAO

• **Energías para el Futuro**

<u>Ingenieros de la University of Florida han diseñado un método para fabricar células solares excepcionalmente delgadas y baratas</u>	<u>Un pequeño organismo unicelular podría convertir los desechos procedentes de la agricultura en etanol, un combustible de combustión limpia que podría ser empleado a gran escala para impulsar nuestros automóviles</u>
<u>Químicos de la University of Kansas creen haber desarrollado el combustible para motores diesel más efectivo de la historia</u>	<u>El hidrógeno reúne las condiciones óptimas para ser una buena fuente de energía en el futuro. Es un combustible con un alto contenido energético, más del doble que la gasolina o el gas natural, con reservas de materia prima de 1.500 millones de kilómetros cúbicos</u>
<u>El amplificador de energía o el rubbiatrón está basado en la combinación de una serie de tecnologías ya investigadas con anterioridad.</u>	
<u>Su nombre viene del Nóbel de Física Carlo Rubbia.</u>	<u>Expertos del laboratorio Los Alamos del Departamento de Energía estadounidense están intentando captar la luz solar tal y como lo hacen las plantas</u>
<u>Se basa en utilizar un acelerador de partículas para bombardear con protones un elemento llamado <i>torio</i>. Este se transforma en <i>uranio 233</i>, que produce energía al fisionarse sus átomos como en cualquier central nuclear convencional</u>	

Desde hace ya muchos años, se viene hablando de un fabuloso proyecto, la fusión nuclear, promete ser la solución a los problemas energéticos de la humanidad. Pero por el momento habrá que esperar

Aunque parezca mentira, la búsqueda de combustibles y materiales avanzados para las naves interplanetarias del mañana tiene en cuenta aquello que el astronauta jamás hubiera creído útil

Los investigadores han encontrado innumerables depósitos de gas metano congelado en el fondo marino que circunda todos los continentes

• BIOMASS ENERGY

Biomass, defined as all land and water based vegetation as well as all organic wastes, fulfilled almost all of humankind's energy needs prior to the industrial revolution. All biomass is produced by green plants converting sunlight into plant material through photosynthesis. As recently as 1850, 91% of the total US energy consumption was biomass in the form of wood. Since the industrial revolution, the majority of the developed world's energy requirements have been met by the combustion of fossil fuels such as coal, oil and natural gas. Biomass, however, is still the predominant form of energy used by people in the less developed countries, accounting for 14% of world energy use.

Worldwide concern about global warming and acid rain have prompted many observers in industrialized countries to call for a decreased reliance on fossil fuels. Renewable sources of energy such as wind, solar and hydro power, as well as biomass, are being looked at as alternatives. Conversion of biomass into useful energy carriers is fairly well documented and economical in many cases; but less well understood are the environmental implications of increased use of biomass fuels. All types of biomass, with the exception of wood and municipal solid waste which are covered in other fact sheets, will be discussed.

• The Biomass Resource

There are basically three distinct sources of biomass energy: municipal and industrial wastes, agricultural crop residues, and energy plantations (Figure 1). Industrial biomass wastes are primarily produced by the forest products industry, and like municipal solid waste are discussed in a separate fact sheet.

Many different types of biomass can be grown for the express purpose of energy production. Crops that have been used for energy include: sugar cane, corn, sugar beets, grains, elephant grass, kelp (seaweed) and many others. There are two main factors which determine whether a crop is suitable for energy use. Good energy crops have a very high yield of dry material per unit of land (dry tonnes/hectare). A high yield reduces land requirements and lowers the cost of producing energy from biomass. Similarly, the amount of energy which can be produced from a biomass crop must be less than the amount of energy required to grow the crop. In

some circumstances like the heavily mechanized corn farms in the U.S. midwest, the amount of ethanol which can be recovered from the corn is barely larger than the fuel required for tractors, fertilizers, and processing.

Virtually all crops, whether grown for food, animal feed, fibre or any other purpose, result in some form of organic residues after their primary use has been fulfilled. These organic residues, as well as animal wastes (excrement) can be used for energy production through direct combustion or biochemical conversion. Current worldwide production of crop residues is very large; but an increased scale of use for fuel may have significant environmental impacts, the most serious being those of lost soil fertility and soil erosion.

FIGURE 1: Biomass breakdown (116K)

Most crop residues are returned to the soil, and the humus resulting from their decomposition helps maintain soil nutrients, soil porosity, water infiltration and storage, as well as reducing soil erosion. Crop residues typically contain 40% of the Nitrogen (N), 80% of the potassium (K) and 10% of the phosphorous (P) applied to the soil in the form of fertilizer. If these residues are subjected to direct combustion for energy, only a small percentage of the nutrients is left in the ash. Similarly, soil erosion will increase. Estimates for the U.S. indicate that 22% of crop residues could be removed sustainably, providing energy equivalent to 5% of U.S. needs.

• Conversion Technology

The simplest, cheapest and most common method of obtaining energy from biomass is direct combustion. Any organic material with a water content low enough to allow for sustained combustion can be burned to produce energy. The heat of combustion can be used to provide space or process heat, water heating or, through the use of a steam turbine, electricity. In the developing world, many types of biomass such as dung and agricultural wastes are burned for cooking and heating.

FIGURE 2: Pathways for the production of biofuels (41K).

Virtually all biomass products can be converted into commercial fuels, suitable to substitute for fossil fuels. These can be used for transportation, heating, electricity generation or anything else fossil fuels are used for. The conversion is accomplished through the use of several distinct processes. These processes include both biochemical and thermal conversions to produce gaseous, liquid and solid fuels which have high energy contents, are easily transportable, and are therefore suitable for use as commercial fuels (Figure 2).

Biochemical conversion of biomass is completed through alcoholic fermentation to produce liquid fuels and "anaerobic" digestion or fermentation, resulting in biogas. Alcoholic fermentation of crops such as sugarcane and maize (corn) to produce ethanol for use in internal combustion engines has been practiced for years with the greatest production occurring in Brazil and the U.S., where ethanol has been blended with gasoline for use in automobiles. With slight engine modifications, automobiles can operate on ethanol alone.

Anaerobic digestion of biomass has been practiced for almost a century, and is very popular in many developing countries such as China and India. The organic fraction of almost any form of biomass, including sewage sludge, animal wastes and industrial effluents, can be broken down through anaerobic digestion into methane and carbon dioxide. This "biogas" is a reasonably clean burning fuel which can be captured and put to many different end uses such as cooking, heating or electrical generation.

Wood and many other similar types of biomass which contain lignin and cellulose, (agricultural wastes, cotton gin waste, wood wastes, peanut hulls etc.) can be converted through thermochemical processes into solid, liquid or gaseous fuels. Pyrolysis, used to produce charcoal since the dawn of civilization, is still the most common thermochemical conversion of biomass to commercial fuel.

During pyrolysis, biomass is heated in the absence of air and breaks down into a complex mixture of liquids, gases, and a residual char. If wood is used as the feedstock, the residual char is what is commonly known as charcoal. With more modern technologies, pyrolysis can be carried out under a variety of conditions to capture all the components, and to maximize the output of the desired product be it char, liquid or gas.

• Environmental Impacts

There is a consensus amongst scientists that biomass fuels used in a sustainable manner result in no net increase in atmospheric carbon dioxide (CO₂). Some would even go as far as to declare that sustainable use of biomass will result in a net decrease in atmospheric CO₂ (Figure 3). This is based on the assumption that all the CO₂ given off by the use of biomass fuels was recently taken in from the atmosphere by photosynthesis. Increased substitution of fossil fuels with biomass based fuels would therefore help reduce the potential for global warming, caused by increased atmospheric concentrations of CO₂.

Unfortunately, things may not be as simple as has been assumed above. Currently, biomass is being used all over the world in a very unsustainable manner, and the long term effects of biomass energy plantations has not been proven. As well, the natural humus and dead organic matter in the forest soils is a large reservoir of carbon. Conversion of natural ecosystems to managed energy plantations could result in a release of carbon from the soil as a result of the accelerated decay of organic matter.

An ever increasing number of people on this planet are faced with hunger and starvation. It has been argued that the use of land to grow fuel crops will increase this problem. Hunger in developing countries, however, is more complex than just a lack of agricultural land. Many countries in the world today, such as the U.S., have food surpluses. Much fertile agricultural land is also used to grow tobacco, flowers, food for domestic pets and other "luxury" items, rather than staple foods. Similarly, a significant proportion of agricultural land is used to grow feed for animals to support the highly wasteful, meat centered diet of the industrialized world. By feeding grain to livestock we end up with only about 10% of the caloric content of the grain. When looked at in this light, it does not seem to be so unreasonable to use some fertile land to grow fuel. Marginal land and underutilized agricultural land can also be used to grow biomass for fuel.

FIGURE 3: Carbon dioxide emission of electric power plants given fuel extraction, construction, and operation (48K).

Acid rain, which can damage lakes and forests, is a by-product of the combustion of fossil fuels, particularly coal and oil. The high sulfur content of these fuels together with hot combustion temperatures result in the formation of sulfur dioxide (SO₂) and nitrous oxides (NO_x), when they are burned to provide energy. The replacement of fossil fuels with biomass can reduce the potential for acid rain. Biomass generally contains less than 0.1% sulfur by weight compared to low sulfur coal with 0.5 – 4% sulfur. Lower combustion temperatures and pollution control devices such as wet scrubbers and electro-static precipitators can also keep emissions of NO_x to a minimum when biomass is burned to produce energy.

The final major environmental impact of biomass energy may be that of loss of biodiversity. Transforming natural ecosystems into energy plantations with a very small number of crops, as few as one, can drastically reduce the biodiversity of a region. Such "monocultures" lack the balance achieved by a diverse ecosystem, and are susceptible to widespread damage by pests or disease.

• Conclusions

Biomass currently supplies 14% of the world's energy needs, but has the theoretical potential to supply 100%. Most present day production and use of biomass for energy is carried out in a very unsustainable manner with a great many negative environmental consequences. If biomass is to supply a greater proportion of the world's energy needs in the future, the challenge will be to produce biomass sustainably and to convert and use it

without harming the natural environment. Technologies and processes exist today which, if used properly, make biomass based fuels less harmful to the environment than fossil fuels. Applying these technologies and processes on a site specific basis in order to minimize negative environmental impacts is a prerequisite for sustainable use of biomass energy in the future.

Written by Stuart Baird, M.Eng., M.A.

• CONCLUSIONES

Podemos concluir acerca de la urgencia de masificar las energías alternativas, ya que estas son una buena alternativa, y una de las pocas que nos quedan.

Las ventajas que nos ofrecen son mayores que sus desventajas en cuanto al peligro de manejo y su grado de contaminación.

En particular la energía de biomasa es una opción excelente, ya que tiene parte en solución a dos problemas, el energético y el ambiental; Además de esto tiene una gran ventaja y es la posibilidad de estar en áreas rurales donde la energía eléctrica tiene dificultades para llegar y ser distribuida. Esta sería una buena opción si se masificara como en LA CHINA que han estado utilizando esta tecnología desde hace más de 20 años y Actualmente tienen 10 millones de digestores de biogas que aprovechan los residuos animales.

• BIBLIOGRAFÍA

http://193.145.98.203/Biomasa/bio03/bio03_60.htm

http://www.guia-electrica.com/Articulos_tecnicos/Tipo_de_centrales_electricas/Central_de_biomasa.htm

<http://fid.conicyt.cl/explora/energia/geotermica.html>

<http://www.conae.gob.mx/renovables/biomasa.html#Recurso>

<http://www.fao.org/sd/EGdirect/EGre0036.htm>

<http://www.renovables.com/futuro.htm>

<http://lucas.simplenet.com/trabajos/energiasalter/energiasalter.html>

– 2 –

– 30 –