

No hace falta insistir en la problemática de la crisis energética; buscar fuentes de energía económica se ha convertido en un objetivo fundamental para países no productores de petróleo y que tienen a esta fuente como una vía importante de solución a sus problemas sociales. Son muchas las regiones de España en las que la demanda eléctrica la solucionan con centrales térmicas del fuel; en el caso de Gran Canaria la dependencia de este combustible se agudiza, aún más, por la problemática de la potabilización del agua de mar, lo que encarece productos de primera necesidad. En anteriores comunicaciones (1, 2, 3, 4) se han analizado fuentes naturales de energía como una alternativa al petróleo, sin embargo, por ahora su empleo no es técnicamente viable. En este artículo se analiza un "nuevo" tipo de energía "casera", denominada biomasa, obtenida de los desechos orgánicos, basuras y estiércol, por descomposición anaerobia natural o artificial. En este proceso se obtiene metano, hidrocarburo homólogo al butano y propano, usados en la combustión y calefacción doméstica, que se puede emplear como energía "casera" (Figura 1) o como combustible en las centrales térmicas.

# LA ENERGÍA DEL METANO, UNA ENERGÍA BIOLÓGICA

## Antecedentes

La descomposición de la materia orgánica puede ser aeróbica (con oxígeno) o anaeróbica (sin oxígeno). La primera conduce a productos gaseosos (amoníaco y anhídrico carbónico) junto con productos sólidos (humus). La segunda conduce a productos gaseosos (entre los que está el metano) junto con productos sólidos como turba, estiércol y lechada.

Pasteur debatió en cierta ocasión las posibilidades de producir metano a partir de estiércol animal. En China desde hace décadas utilizan "lagunas cubiertas" para suministrar combustible de metano a las comunidades y las fábricas. Durante la Segunda Guerra Mundial la escasez de combustible en Alemania, condujo al desarrollo de plantas de metano en las zonas rurales. En la actualidad, las investigaciones

## Funcionamiento de un digestor

El digestor se alimenta con una mezcla de agua y desechos orgánicos, que se denomina lechada. En su interior la carga diaria de lechada fresca fluye por un extremo y desplaza la carga del día anterior, que las bacterias y otros microorganismos han comenzado ya a digerir. Cada carga progresa a lo largo del digestor hasta un punto en el que las bacterias del metano se encuentran activas. En este punto, grandes burbujas se abren paso hasta la superficie en donde se acumula el gas. Este gas es muy similar al natural y se puede quemar directamente para obtener calor e iluminación, almacenarse para uso en el futuro o comprimirse para su utilización en motores de energía térmica (Fig. 1).

La digestión se va reduciendo gradualmente hacia el extremo de salida del digestor; los residuos comienzan a estratificarse en capas distintas, todas ellas de gran utilidad (Figura 2).

## Biología de los procesos producidos en un digestor

Hay que tener en cuenta que la digestión o degradación de la materia orgánica es un proceso biológico producido por bacterias. Las bacterias "anaeróbicas" responsables de la digestión, no pueden sobrevivir ante la presencia de trazas de oxígeno; de ahí que una vez que se carga el digestor debe pasar un largo período antes de iniciar la digestión anaeróbica de la carga orgánica. Durante ese período aeróbico inicial, las bacterias amantes del oxígeno lo emplean en la degradación liberando grandes cantidades de anhídrido carbónico; cuando se ha consumido todo el oxígeno pendiente, se inicia la degradación anaerobia. Este proceso implica una serie de reacciones por parte de varios tipos de bacterias anaeróbicas, que se alimentan con la materia orgánica bruta. Conforme se va activando los diferentes tipos de esas bacterias, los subproductos del primer tipo de bacterias proporcionan los alimentos para las otras.

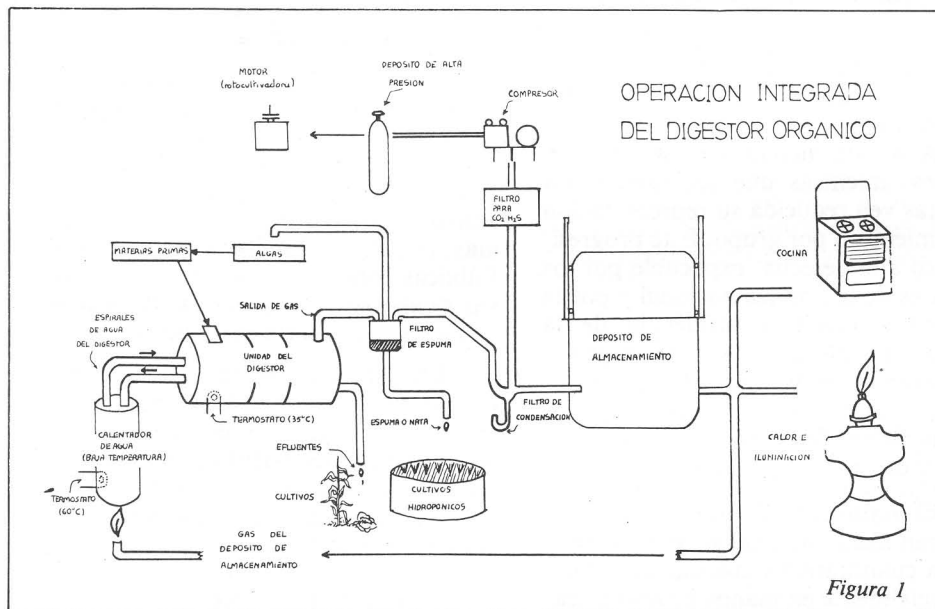


Figura 1

En nuestro país se acumula al año más de 50 millones de toneladas de desperdicios; la mayor parte de ellos son desechos agrícolas. Con estos desperdicios sería posible producir gas metano para reemplazar una proporción importante de las necesidades de combustible. Y éste ha sido el objetivo de la primera central de metano que se ha puesto recientemente en funcionamiento en Madrid.

sobre la obtención de metano a partir de desechos orgánicos se centran primordialmente en la India. En la década de 1950 se desarrollaron distintos aparatos en donde producir la oxidación anaerobia, los denominados digestores, que son tanques metálicos cilíndricos de 200 litros de capacidad en donde se introduce la materia orgánica para producir su oxidación en ausencia de oxígeno.

En la primera etapa de la digestión, bacterias productoras de ácidos descomponen en compuestos simples el material orgánico digerible (grasas, proteínas y la mayor parte de los almidones). Las bacterias ácidas son capaces de reproducirse con rapidez y no son muy sensibles a los cambios en el ambiente. Su papel consiste en excretar enzimas, licuar las materias primas y convertir los materiales complejos en sustancias más simples, especialmente en ácidos volátiles como el ácido acético. Aproximadamente, el 70% del metano producido por la fermentación procede de este ácido.

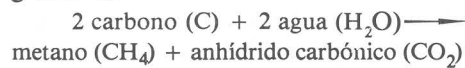
Una vez licuadas las materias primas por las bacterias productoras de ácidos, las bacterias productoras de metano convierten los ácidos volátiles en gas metano. A diferencia de las bacterias de ácidos, las del metano se reproducen con lentitud y son sensibles a los cambios en las condiciones ambientales. Así pues, biológicamente, la buena digestión depende del alcance y mantenimiento (para digestores de carga continua) de un equilibrio entre las bacterias que producen ácidos orgánicos y las que producen gas metano a partir de tales ácidos. Este equilibrio se logra mediante una alimentación regulada con suficiente líquido, con el medio ácido adecuado, con una temperatura adecuada y con una buena calidad de las materias primas introducidas en el digestor. El medio ácido óptimo se produce a un pH entre 7.5 y 8.5. La temperatura adecuada para que las bacterias digestivas trabajen con la mayor eficacia es de 36°C.



El tratamiento de desechos orgánicos, fuente alternativa de energía.

### Composición del gas obtenido en un digestor

El gas obtenido por la digestión, que se conoce como “gas de aguas negras”, gas de los pantanos o biogás, tiene cerca del 60% de metano, 29% de anhídrido carbónico con trazas insignificantes de oxígeno e hidrógeno sulfurado (ácido sulfhídrico) que le dan al gas un olor característico. La reacción básica de producción de gas en el digestor es:



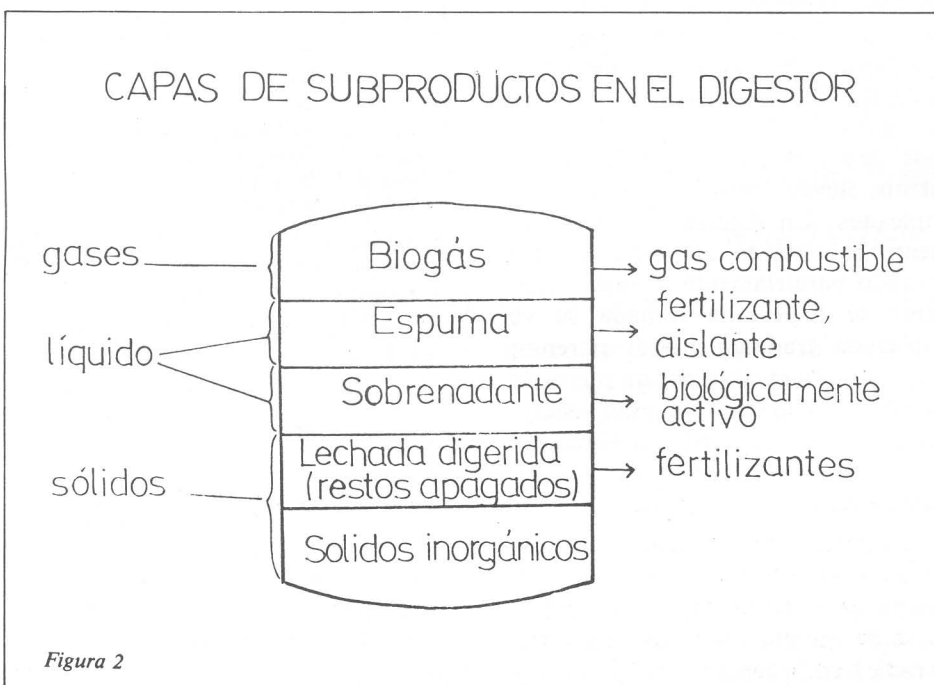
La combustión del metano, dará anhídrido carbónico y agua, lo que ha-

ce que los productos resultantes de la combustión del digestor sean sustancias no tóxicas ni polucionantes. El valor del combustible del biogás es directamente proporcional a la cantidad de metano que contiene, ya que éste es la única fracción combustible de la mezcla de biogás. Por regla general, el gas metano puro tiene un valor térmico de 8.900 Kilocalorías/m<sup>3</sup> (8.900 calorías/litro). 140 litros de gas (1.246 Kcal) son suficientes para hervir 2 litros de agua y mantenerlos en ebullición durante 20 minutos.

### Eficiencia del digestor

Las cantidades de gas producidas son extremadamente variables, según el tipo de materia prima, temperatura, material agregado regularmente, etc. Dado el valor térmico de las materias primas y su gas resultante (Tabla 1) se puede calcular que la digestión anaerobia tiene una eficiencia del 60 al 70%, al convertir los desechos orgánicos en metano. No obstante, hay que tener en cuenta que una parte de esa energía se gasta en mantener el sistema (por ejemplo, se necesita energía para mantener caliente el digestor), esto hace que la eficiencia de energía neta aprovechable del digestor sea aproximadamente el 50%.

La mayoría de los sólidos no convertidos en metano, se asienta en el digestor como lechada líquida. Estos sedimentos contienen muchos elementos esenciales para la vida vegetal: nitrógeno, fósforo, potasio, trazas de sales



## LA ENERGÍA DEL METANO, UNA ENERGÍA BIOLÓGICA

metálicas indispensables para el crecimiento de las plantas tales como boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, azufre, cinc, etc. El nitrógeno se considera como especialmente importante debido a su papel vital en el crecimiento y nutrición de las plantas. Los sedimentos digeridos contienen nitrógeno, principalmente en la forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Por otro lado, la aplicación de sedimentos digeridos a los cultivos, sirve además de como fertilizante, como acondicionador del suelo, lo beneficia al incrementar su capacidad de retención de agua y mejorar su estructura.

De todo esto, podemos deducir que el empleo de este tipo de energía en *Gran Canaria* presenta un doble beneficio: ayuda en parte a solucionar el problema energético global (además de que alguna granja pueda satisfacer totalmente sus necesidades de energía en la forma indicada en la Fig. 1) y por otro, se puede obtener fertilizantes con los que abonar el suelo, además de mejorar las condiciones sanitarias de la isla, ya que al utilizar desechos orgánicos y agrícolas en el digestor eliminamos del medio ambiente posibles microorganismos patógenos producidos en las fermentaciones de las basuras.

Para obtener en el digestor una buena proporción de gas metano es necesario disponer de sustancias con alto porcentaje de carbono (y por lo tanto bajo en nitrógeno). En cambio, para obtener buenos fertilizantes se necesitan sustancias con alto porcentaje de nitrógeno (y por lo tanto bajo en carbono). Una materia orgánica aceptable para un digestor es aquella en que la proporción carbono-nitrógeno (C/N) esté equilibrada, lo que eleva la eficacia del proceso, esto se consigue cuando la relación C/N oscila entre 20-40 (tabla 2).

### Tipos de digestores

Los digestores se pueden diseñar para alimentación en lotes o continua. En los primeros se pone una carga completa de materia prima y se deja que fermente mientras produzca gas. Cuando la fermentación ha terminado se vacía el digestor y se vuelve a cargar. Este tipo es apropiado a aquellas zonas en las que la disponibilidad de materia

TABLA 1.— Litros de gas producidos por desechos orgánicos.

Material orgánico y proporción	Por Kg. material	Contenido de metano
Estiércol de pollo (100%)	312	59,8%
Estiércol de pollo (31%) y pulpa de papel (69%)	227	60,0%
Estiércol de pollo (50%) y papel de periódico (50%)	256	66,1%
Estiércol de pollo (50%) y heno (50%)	368	68,1%
Estiércol de vaca (100%)	87,4	65,2%
Estiércol de vaca (50%) y platanera (50%)	212	53,0%
Estiércol de vaca (50%) y heno (50%)	268,4	51,1%
Estiércol de cabra (100%)	190	62,1%
Estiércol de cabra (50%) y platanera (50%)	265	60,0%
Estiércol de cabra (50%) y tomates (50%)	247	61,1%

TABLA 2.— Razón carbono-nitrógeno (C/N) de los materiales orgánicos.

ESTIERCOL	SEDIMENTOS	DESECHOS VEGETALES
Heces humanas (6-10)	Milorganitas (5.4)	Heno (12)
Orina humana (0.9)	Activados (6.0)	Alfalfa (17)
Pollos (15)	Aguas negras (11)	Algas marinas (20.5)
Cerdos (17)		Verduras no leguminosas (17)
Caballos (25)		Trébol rojo (27)
Vacas (18)		Plataneras (38)
Cabras (17)		Paja, avena (48)
		Paja, trigo (150)
		Aserrín de madera (200-500)

sea esporádica. Tiene la desventaja de que no existe un flujo de gas continuo, sino que se interrumpe en período de carga y descarga. Se ha intentado solventar este problema construyendo varios digestores en lotes conectados al mismo depósito de almacenamiento del gas.

Los digestores de carga continua son esencialmente eficientes cuando las materias primas que se suministran regularmente son fácilmente digeribles (tabla 1). En la actualidad han desplazado a los de lotes. Pueden ser de dos tipos: de mezcla vertical y de desplazamiento, siendo estos últimos los más empleados. Un digestor de desplazamiento consiste en un largo cilindro acostado paralelamente al suelo; conforme se digiere la lechada se ve desplazada gradualmente al extremo; pasando en su camino por un punto de máxima fermentación. Su gran ventaja consiste en que se pueden ir eliminando los sedimentos fácilmente sin necesidad de detener la fermentación.

Creemos que con lo expuesto se habrá conseguido una primera aproximación del lector a esta fuente alternativa de energía, cuyo mayor atractivo radica en la sencillez del proceso y

en su triple vertiente de eliminación, utilización y transformación de residuos orgánicos asociados a la actividad cotidiana de nuestra sociedad, contribuyendo a la limpieza del medio ambiente.

**JUAN SANCHEZ BALLESTEROS  
JUAN GOMEZ OJEDA y  
M.<sup>a</sup> DOLORES HERNANDEZ**

### BIBLIOGRAFIA:

- (1) J. Vázquez Gutiérrez y J. Sánchez Ballesteros. "La energía eólica. Una posibilidad de nuestra isla". AGUAYRO, n° 140, pág. 24 (1982).
- (2) J. Sánchez Ballesteros; M.D. Hernández Hernández y J. Domínguez García. "La energía solar. Una alternativa interesante". AGUAYRO, n° 144, pág. 25 (1982).
- (3) F. Cabrera Navarro; J. Sánchez Ballesteros y M.D. Hernández Hernández. "La energía maremotriz. Una alternativa natural". AGUAYRO, n° 151, pág. 9 (1984).
- (4) J. Sánchez Ballesteros, F. Domínguez García y M.D. Hernández Hernández. "La energía geotérmica". AGUAYRO, n° 152, pág. 29 (1984).
- (5) Bio-Gas Plant. Gobar Gas Research Station. Etawa (U.P.) India (1975).