

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS EN CHINA Y SUS PROYECCIONES EN CHILE

MARÍA TERESA VARNERO M.

Quím. Farmacéutico
Depto. Ingeniería y Suelos

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en los países en vías de desarrollo se ha incentivado el uso de biodigestores a nivel del pequeño agricultor, con el objeto de sustituir la leña empleada en la preparación de alimentos en el área rural.

Los biodigestores son estructuras donde se realiza la biodegradación anaeróbica de desechos orgánicos tales como rastrojos vegetales, excretas animales y humanas, basuras y lodos, mediante la acción combinada de poblaciones microbianas muy diversas.

Este tratamiento permite obtener un residuo orgánico estabilizado e inodoro, llamado "bioabono" y una mezcla gaseosa, combustible denominada "biogas", cuyos principales constituyentes son el metano (CH_4) y el anhídrido carbónico (CO_2).

La República Popular China es el país que más ha avanzado en la implementación práctica de esta tecnología, contando en la actualidad con más de 7 millones de biodigestores rurales de tamaño familiar. El desarrollo del biogas ha sido guiado e impulsado por un plan nacional de biogas, realizado en 3 etapas a partir de 1968. Este plan está basado en una serie de puntos básicos como la investigación, la capacitación de personal, las campañas de difusión y el apoyo técnico estatal, entre otros, poniéndose en práctica en todo el país. Sin embargo, en la provincia de Sichuan es donde se comenzó más tempranamente a difundir la tecnología del biogas, cuyo uso y explotación se remonta a los años treinta.

PROGRAMA BIOGAS EN SICHUAN (CHINA)

En 1973 se estableció en esta provincia la Oficina de Difusión del Uso del Biogas, encargada de transmitir a las familias campesinas todos los aspectos relacionados con la aplicación de biogas y bioabono. En 1982 comenzó a funcionar el Centro Regional de Investigación y Capacitación de Biogas para Asia y el Pacífico Sur, el cual es financiado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Piscicultura de China y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD.

Sichuan está situada en la parte sur de la región central del país, tiene una extensión territorial de 570.000 kilómetros cuadrados y una población de más de 100.000.000 de habitantes, de los cuales el 80% vive en el campo. Es considerada una provincia típica china por su conformación étnica, por su superpoblación campesina, por su estilo de vida y por su desarrollo agrícola, el cual es múltiple y donde, prácticamente, se obtienen dos cosechas al año.

Las zonas rurales de Sichuan se caracterizan por la grave escasez de energía. De las 20.390.000 familias campesinas, 13 millones de ellas carecen de combustible durante tres meses en el año. El 70% de combustible para el uso doméstico provenía de tallos de cultivos y pajas, a través de los cuales se aprovecha sólo un bajo porcentaje de la energía térmica. El Gobierno puede surtir al habitante rural sólo el 13% de su necesidad energética individual, lo que equivale a 85 kg/persona/año de carbón

estándar. Con estos antecedentes y según los principios adoptados por el gobierno chino, para resolver el problema de la escasez de la energía en las zonas rurales, en el sentido de adoptar diferentes medidas según las condiciones concretas de la localidad, el prestar atención al desarrollo de diferentes tipos de energías y a la múltiple utilización de éstas y el dar énfasis a los resultados prácticos, el desarrollo del biogas se presenta como una alternativa eficaz y favorable, que además de resolver el problema de energía, ofrece los beneficios del bioabono, el equilibrio ecológico y el mejoramiento del nivel de vida rural.

Para comprender cabalmente la eficiencia de la agricultura china, así como el gran desarrollo del biogas, necesariamente se debe conocer la organización social del campesino.

ORGANIZACIÓN CAMPESINA EN CHINA

La organización de la vida en el campo chino, así como las costumbres de la gente tienen vigencia milenaria, y han sobrevivido en lo esencial a las distintas situaciones coyunturales. Esta organización social fue siempre colectiva, el advenimiento del socialismo solamente produjo una adecuación de las formas de organización campesinas a la nueva situación sociopolítica. Actualmente el medio rural de China está adecuándose a un vasto programa de modernización de la agricultura, que basa su éxito en el sistema de responsabilidad familiar. La filosofía de este programa es el de destacar el papel de la familia como el núcleo de toda la organización social del campo chino.

El número promedio de miembros por familia es de cinco y dos de ellos trabajan en las labores agrícolas. Pero como el rasgo primordial e histórico de la organización social del campesino es su carácter colectivo, la aldea (conjunto de 100 a 120 familias), aparece como la base de todo el sistema social rural. No existen familias campesinas que no estén integradas a alguna aldea. Estas aldeas están encargadas de administrar la producción agrícola. De aquí que una aldea cuya producción agropecuaria sea mayor, recibirá mayores ingresos y, por lo tanto, mejorará las condiciones socioeconómicas y culturales de sus miembros. El ingreso bruto per cápita promedio en la zona rural es de US\$ 100,00/año. El conjunto de aldeas forma lo que se llama el "Xiang" y el conjunto de xiang forma un distrito. Cada pro-

vincia está formada por varios distritos, cientos de xiang, miles de aldeas y millones de familias. Esta forma organizativa, enraizada desde milenios en la historia del pueblo chino, única y solidaria, explica el comportamiento del hombre de campo y los resultados de su agricultura.

TIPO DE AGRICULTURA EN CHINA

La agricultura china es una agricultura orgánica, por cuanto la siembra, producción y cosecha de cultivos, la crianza de animales y peces, la plantación de árboles, la canalización de los ríos y las aguas servidas, el compostaje o tratamiento aeróbico de los desechos y la producción de biogas conforman un conjunto de acciones en las que el reciclaje orgánico es el eje del sistema. En la agricultura orgánica china se realiza una sabia combinación entre el fertilizante químico (de acción rápida, pero limitada en el tiempo) y del abono orgánico (de acción lenta, pero duradera); propendiendo a un uso conservador del primero y a un uso intensivo del segundo. La alta disponibilidad de mano de obra (75 a 120 personas/ha) y el manejo orgánico de la tierra han descartado el uso intensivo de la mecanización.

Los altos rendimientos físicos de las explotaciones se combinan con bajísimos costos de producción para dar un balance energético muy favorable, propio de una agricultura en que interesa la conservación de los nichos ecológicos.

En síntesis, la agricultura orgánica china se caracteriza por que los altos rendimientos de las explotaciones agropecuarias no van en detrimento de la calidad de los suelos, las forestaciones reducidas, la colmatación de ríos o arroyos, etc., sino que por el contrario todo está sabiamente integrado, y lo más sorprendente es que el campesino más atrasado sabe cómo hacerlo.

La práctica de esta agricultura cuando se combina con la tecnología del biogas representa múltiples ventajas, ya que permite un aprovechamiento integral de los desechos orgánicos disponibles en el medio rural.

Mediante la técnica de digestión anaeróbica, es posible transformar una gran variedad de desechos orgánicos en productos mejoradores de la fertilidad del suelo, porque entrega elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros. Además, estos bioabo-

nos, por su alto contenido orgánico, a largo plazo pueden modificar las propiedades físicas del suelo, como infiltración, retención de agua, difusión del oxígeno, textura, creando condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo radicular.

TIPO DE BIODIGESTORES DESARROLLADOS EN CHINA

El tipo de biodigestor que se está popularizando en China obedece a un diseño óptimo, el cual debe cumplir con 4 principios básicos:

a) Debe ser confiable; b) la estructura debe ser racional; c) debe ser barato y funcional, y d) la construcción debe ser relativamente fácil y realizable.

En este sentido se ha llegado a determinar que el modelo óptimo es de diseño cilíndrico, achatado y pequeño, con un volumen de 6-15 m³ de capacidad de digestión, el cual se construye enterrado, usando los muros de la excavación como soporte para dar mayor resistencia a las paredes del biodigestor. Los materiales usados de preferencia son ladrillos o vaciado de cemento. Existen 3 formas de cargas de un biodigestor: continua, semicontinua y "batch" o discontinua.

En las zonas rurales de China se usa principalmente las cargas de tipo semicontinuo o de tipo "batch", lo que está determinado por las condiciones socioeconómicas de la familia, la característica de la materia prima, la temperatura atmosférica, el período siembra-cosecha, que en el caso de China se hacen como mínimos en el año.

La utilización de biodigestores en las zonas rurales de China ha traído los siguientes beneficios:

- a) Proporcionar una mezcla gaseosa combustible, biogas, para uso doméstico y agrícola.
- b) Obtener residuos orgánicos estabilizados que pueden ser usados como acondicionadores de suelo y/o bioabonos. Las experiencias realizadas en China demuestran que el bioabono obtenido de la digestión anaeróbica contiene un 14% de nitrógeno total y 19,4% más de nitrógeno amoniacal que materiales fermentados en pozos abiertos.
- c) Contribuir a mejorar las condiciones sanitarias y ecológicas. Se observa una reducción de los patógenos presentes en estiércoles animales y excretas humanas, reduciéndose

se la proliferación de enfermedades gastrointestinales.

Si se toma en cuenta lo anteriormente expuesto, la conveniencia del uso de biodigestores anaeróbicos es de una prioridad estratégica digna de atención en todos los países del Tercer Mundo.

RECICLAJE ORGÁNICO Y BIOGAS EN CHILE

La factibilidad de llevar a cabo un programa de reciclaje orgánico y biogas en Chile, está sujeto a ciertas consideraciones, como ser:

- a) La búsqueda de modelos de digestores adaptados a condiciones propias de la región y que aseguren la calidad del mismo a bajo costo de construcción.
- b) La investigación que se requiere en torno a las materias primas disponibles en diferentes regiones o zonas ecológicas del país y que esté produciendo el campesino.
- c) El análisis de la estructura sociocultural del medio rural que determine una actitud positiva frente al uso de esta tecnología.

Algunos investigadores destacan que a pesar de lo variado de la climatología y geomorfología del país, la problemática que enfrenta el medio rural presenta numerosas características comunes independientes de su ubicación geográfica, y se pueden clasificar en dos grupos. Uno de ellos se refiere a comunidades rurales con requerimientos energéticos de uso doméstico que dispone de un reducido número de animales y donde los problemas de contaminación son, en general, absorbidos por el medio ambiente. El otro es el del sector productivo agropecuario, donde existen conjuntos de predios con crianza de vacunos, cerdos y aves concentrados en pequeñas áreas, con gran producción de desechos que provocan serios problemas sanitarios y deterioro del medio ambiente.

La primera pregunta que es necesario responder al fomentar un programa de reciclaje orgánico en Chile es: ¿Qué cantidad potencial de materia prima hay disponible en el medio rural?

Según estimaciones de ODEPA (1986), el país cuenta con un total de: a) 3,6 millones de bovinos, lo que equivale aproximadamente a 36.000 toneladas diarias de excretas; b) 21 millones de aves, con una producción de 4.264 toneladas de fecas/día; c) 1,1 millones de por-

cinos, lo que representa 2.200 toneladas de fecas/días.

Las excretas animales constituyen una de las principales fuentes de alimentación de un biodigestor rural, debido a que son fácilmente degradables, se encuentran en grandes volúmenes y aportan, entre otros desechos posibles de utilizar, la mayor cantidad de nitrógeno.

La cantidad de guano disponible varía según el tipo de animal, las raciones suministradas y los métodos de recolección. En general, los animales producen un peso de excretas equivalentes a un 4-9% de su propio peso. De esas fecas sólo el 20% está constituido por desechos sólidos adecuados para la producción de metano (Cuadro 1).

CUADRO 1
Producción de biogas por tipo de guano animal

Guano	Disponibilidad real ¹ kg/día	Volumen de biogas generado	
		m ³ /kg de guano	m ³ /animal. día
Bovino	10	0,04	0,40
Porcino	2	0,06	0,12
Aviar	0,12	0,08	0,01

Fuente: EMBRATER, 1981 (Brasil).

¹ Valores promedios considerando animales de diversas edades y tamaños, estimándose que se recupera una parte del guano.

Cuando estos sistemas de fermentación se desean implementar con el propósito esencial de obtener energía, se deben tener en cuenta una serie de factores, como la temperatura que determina el período de digestión, la relación C/N de las materias primas, el pH del medio, los niveles de sólidos totales y otros, los cuales son de vital importancia para optimizar el funcionamiento de los digestores. Esto implica necesariamente elevar los costos de inversión para obtener un buen rendimiento de biogas, de acuerdo con el ciclo óptimo para cada temperatura y cada tipo de materia orgánica.

Se pueden estimar las necesidades energéticas en términos de biogas, de una familia compuesta por cinco personas para cubrir:

— Cocción de alimentos 1,60 m³ d⁻¹ biogas
— 4 lámparas × 3 horas 1,56 m³ d⁻¹ biogas
— 1 refrigerador tamaño medio 2,20 m³ d⁻¹ biogas

Volumen total 5,36 m³ d⁻¹ biogas

Fuente: EMBRATER, 1981 (Brasil).

Para obtener este volumen de biogas se requiere diariamente del orden de 140 kg de estiércol en el caso de bovinos, lo que equivale a 14 animales. Si se tienen porcinos, debe ser como mínimo 48 animales para disponer de

unos 95 kg de fecas/día; o bien, 580 aves para contar con 70 kg de estiércol/día.

Estos materiales se incorporan al biodigestor diluidos con agua, de acuerdo con los niveles de sólidos totales de las excretas y el tipo de carga.

En forma práctica, se recomiendan relaciones de estiércol: agua de 1:1 para bovinos y de 1:3 para porcinos y aves, cuando se utilizan biodigestores de carga semicontinua.

El tamaño del biodigestor está en función de las cargas diarias y del período óptimo de fermentación. Este último parámetro dependerá de la temperatura media de cada región, así como de las variaciones de temperaturas diarias y estacionales.

A modo de ejemplo, si este grupo familiar cuenta con el número de bovinos que le permita disponer de una carga diaria de 280 litros de mezcla estiércol/agua y el período óptimo de fermentación es de 40 días, se necesita construir un biodigestor de 12 m³.

Otra opción de aplicación de estos sistemas es considerar el biogas como subproducto y el bioabono como elemento principal en el desarrollo de esta tecnología, para ser utilizado como abono orgánico o como alimento agropecuario.

POSIBILIDADES DEL BIOABONO

Es habitual evaluar la calidad de los bioabonos por sus contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio total. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los diferentes desechos orgánicos presentan los nutrientes esencialmente en forma orgánica. Éstos requieren de un período de digestión, ya sea aeróbica o anaeróbica, para transformarse en compuestos asimilables por los cultivos.

Los niveles de nutrientes asimilables y de los potencialmente mineralizables que disponen los abonos orgánicos en el momento de aplicación al suelo, son aspectos claves en el uso de éstos como mejoradores de la fertilidad del suelo, especialmente en el caso del nitrógeno.

Para determinar el grado de mineralización de los desechos orgánicos se han desarrollado diversas investigaciones, las cuales continúan y se dispone de una amplia gama de resultados.

La información que se obtiene del tratamiento anaeróbico de tres tipos de fecas animales (bovino, porcino y aviar), en relación a los niveles de NPK disponibles en los efluentes fermentados permite proyectar a nivel del

país, las posibilidades de utilización de guanos convenientemente tratados, como fuente potencial de nutrientes.

Suponiendo que la producción estimada de fecas/día para cada uno de estos tres tipos de animal, se descarguen en cauces de ríos y aguas de regadío, con un nivel aproximado de 1,25% de sólidos totales, se producirá la mineralización de las fracciones orgánicas menos resistentes a la acción microbiana, en un lapso de tiempo no mayor de 45 días. A base de esto, se puede evaluar cuánto representa el potencial de nutrientes disponibles (Cuadro 2).

Considerando sólo el nitrógeno, equivale a tener anualmente 8.352 toneladas de salitre en el caso de bovinos, lo que significa que se podrían fertilizar 8.352 hectáreas a razón de 160 unidades de salitre.

Cualquiera sea la magnitud real de los productos que se obtengan por este proceso, es indudable que existe un recurso potencial con interesantes perspectivas de explotación en sistemas agrícolas que disponen de bajos recursos económicos y que tienen limitado su acceso a la tecnología desarrollada en función de mayores insumos para optimizar la producción.

CUADRO 2
Valores potenciales
de nutrientes solubles en efluentes

Guano	N disponible ton/mes	Equivalentes con salitre ton/mes	P ₂ O ₅ ton/mes	K ₂ O ton/mes
Bovino	111,4	696	18	227
Porcino	8,6	54	25	42
Aviar	72,9	455	18	120

Fuente: Varnero et al., 1988.

BIBLIOGRAFÍA

EMBRATER, Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1981. *Manual Técnico de Construcción y Operación de Biodigestores Modelo Chino*, Brasilia, 55 p.

FINGER, P. y GOUDIE, A. 1984. *Análisis y evaluación de un programa de implantación de biodigestores para aprovechamiento de desechos agrícolas en las zonas rurales de Chile*. Ing. 699 Tesis de grado para optar al título de Ingeniero, 189 p.

LIAO XIAN MING. 1984. *Construcción de biodigestor para el uso doméstico en el campo*. Centro de Investigación y

Enseñanza del Biogas de la Región Asia-Pacífico. Chengdu, China, 81 p.

LI DEHE. 1984. *La construcción de biodigestores en las zonas rurales de la provincia de Sichuan*. Centro de Investigación y Enseñanza de Biogas de la Región Asia-Pacífico. Chengdu, China, 10 p.

SHU KE NAN. 1986. *Abonos orgánicos y la agricultura orgánica*. Centro de Investigación y Enseñanza del Biogas de la Región Asia-Pacífico. En: *Reciclaje de Materias Orgánicas y Biogas. Una experiencia en China*. FAO. Santiago, Chile.

VARNERO, M.T.; CARRASCO, M.A. y ARELLANO, J. 1988. *Tratamiento anaeróbico de excretas animales*. XXXIV Congreso Agronómico Anual. Santiago, Chile.