

china: propagación de la y tecnología del a pequeña escala



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA
LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION ROMA

Fotografía de la cubierta: Fertilizando y golpeando azolla para estimular el crecimiento, Comuna del pueblo de Tumen, provincia de Sichuan.

china:
propagación de la azolla
y
tecnología del biogás a pequeña escala

informe sobre un viaje de estudios fao/pnud
a la
república popular de china
21 de mayo - 11 de junio de 1978

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-09

ISBN 92-5-300721-4

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1981

INDICE

	<u>Página</u>
LISTA DE FOTOS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
INTRODUCCION	ix
RECONOCIMIENTOS	xii
1. PROPAGACION Y USO AGRICOLA DE LA AZOLLA	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Biología de la azolla	1
1.1.2 Fijación del nitrógeno	1
1.2 Propagación de la azolla	3
1.2.1 Amplitud del cultivo de azolla en China	3
1.2.2 Métodos para el cultivo de la azolla	3
1.2.3 Condiciones óptimas para el cultivo de la azolla	4
1.2.4 Conservación de la azolla	9
1.3 Empleo agrícola de la azolla	11
1.3.1 Como abono verde	11
1.3.2 Como forraje	14
1.4 Problemas de la propagación de la azolla	14
2. TECNOLOGIA DEL BIOGAS	21
2.1 Generalidades	21
2.1.1 Teoría de la producción de biogas	21
2.1.2 Beneficios de la producción de biogas	22
2.1.3 Amplitud de la producción de biogas en China	23
2.2 Construcción de unidades biogas	24
2.2.1 Generalidades	24
2.2.2 Dimensiones de las unidades de biogas	24
2.2.3 Emplazamiento de las unidades de biogas	25
2.2.4 Forma de las unidades de biogas	25
2.2.5 Materiales de construcción de unidades de biogas	31
2.2.6 Métodos de construcción	31
2.3 Funcionamiento y mantenimiento de unidades de biogas	39
2.3.1 Insumos	39
2.3.2 Carga	39
2.3.3 Mezclado interno	44
2.3.4 Vaciado	44
2.3.5 Mantenimiento	48
2.3.6 Medidas de precaución	48
2.3.7 Control de las enfermedades	48
2.4 Uso del biogas	50
2.4.1 Uso doméstico	50
2.4.2 Uso agrícola	53
2.4.3 Otros usos del biogas	53

	<u>Página</u>
2.5 Uso agrícola de los efluentes	57
2.5.1 Abonado de los cultivos	57
2.5.2 Forrajes complementarios	61
2.6 Problemas de la tecnología del biogas	61
2.6.1 Funcionamiento durante la época fría	61
2.6.2 Presión del gas	61
2.6.3 Otros problemas	62
2.7 Unidades de biogas grandes	62
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
3.1 Extensión de la tecnología de la azolla	65
3.2 Extensión de la tecnología del biogas	66
3.3 Generalidades	67
ANEXO 1 - LISTA DE PARTICIPANTES	69
2 - PROGRAMA	71
3 - PERSONAS CON LAS QUE SE TRATO	74
4 - VISITAS DE INTERES GENERAL	77
5 - BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Fotografía 1 : La Azolla pinnata flota en la superficie del agua.
- Fotografía 2 : Viveros de Azolla pinnata.
- Fotografía 3 : La Azolla pinnata cubre la superficie de un foso de composte.
- Fotografía 4 : Golpeando los macizos de azolla con escobas de bambú.
- Fotografía 5 : Preparando composte con una mezcla de paja y limo.
- Fotografía 6 : El composte se mezcla en macizos de azolla.
- Fotografía 7 : Escarda de un arrozal pisoteándolo.
- Fotografía 8 : Superficie del agua de un arrozal completamente cubierta de azolla.
- Fotografía 9 : Enterrando azolla a mano en el fango de un arrozal.
- Fotografía 10: Detalle de la fotografía 9.
- Fotografía 11: Recolectando azolla.
- Fotografía 12: La azolla se mezcla mecánicamente con el lodo de una unidad de biogas.
- Fotografías 13 - 16: Algunas plagas comunes de Azolla pinnata en China.
- Fotografía 17: Los patos se comen los caracoles y los insectos perjudiciales en un campo de azolla.
- Fotografía 18: Dentro de una cochiguera en la comuna del pueblo de Anshi.
- Fotografía 19: Exterior de la cochiguera de la fotografía 18.
- Fotografía 20: Conducto de cemento por el que van los lodos de las deyecciones del ganado a grandes digestores de biogas.
- Fotografía 21: Bóveda de ladrillos de una unidad de biogas.
- Fotografía 22: Obsérvese que el ladrillo que se pone descansa en un clavo que atraviesa la caña de bambú.
- Fotografía 23: La unidad de biogas que se ve en construcción en las fotografías 21 y 22, después del enlucido.
- Fotografía 24: La bóveda de la unidad de biogas de la fotografía 23 una vez terminada.
- Fotografía 25: Manivela del mecanismo de agitación.
- Fotografía 26: Bomba de mano doméstica para vaciar la cámara de salida de una unidad de biogas.

- Fotografía 27: Una bomba accionada por biogas extrae el afluyente de una gran unidad de biogas.
- Fotografía 28: El efluente (véase la fotografía 27) se rocía como fertilizante.
- Fotografía 29: Dentro de una cocina china se ve la ordenada distribución de los tubos de gas.
- Fotografía 30: Un quemador de biogas de arcilla de manufactura local.
- Fotografía 31: La boquilla que encaja en el quemador de biogas de arcilla de la fotografía 30.
- Fotografía 32: Una cocina china en la que se ve como se ponen los quemadores de biogas dentro de un hogar profundo para obtener el máximo rendimiento.
- Fotografía 33: El biogas almacenado en bolsas de plástico se emplea para accionar las bombas de riego.
- Fotografía 34: Rociadores de riego accionados por biogas como se indican en la fotografía 33.
- Fotografía 35: Un gran alambique calentado por biogas.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 : Ruta seguida durante el viaje de estudio.
- Figura 2 : Ciclo vital de la azolla.
- Figura 3 : Sección transversal del lóbulo dorsal de azolla con los filamentos de Anabaena.
- Figura 4 : Diagrama representativo del efecto que factores externos tienen en el crecimiento de la azolla.
- Figura 5 : Un método para mantener viables las existencias de la azolla durante los meses fríos de invierno.
- Figura 6 : Maneras de colocar las unidades de biogas de "tres en uno".
- Figura 7 : Colocación de una unidad típica de biogas de "tres en uno" en un hogar chino.
- Figura 8 : Distribución general de una planta de biogas rectangular con un depósito de líquido a presión en su parte superior.
- Figura 9 : Forma básica de una unidad de biogas china.
- Figura 10 : Plano de una unidad de biogas moldeada en sitio.
- Figura 11 : Plano de una unidad de biogas excavada en sitio con bóveda de cemento moldeado.
- Figura 12 : Forma de una unidad de biogas excavada con un depósito de ladrillo.
- Figura 13 : Moldeo de la bóveda según segmentos numerados.
- Figura 14 : Excavación del fondo según segmentos numerados.
- Figura 15 : Empleo de poste central con cuerda para la excavación inicial de la unidad de biogas.
- Figura 16 : Excavación total con bóveda moldeada en un soporte de bambú.
- Figura 17 : Método para construir la bóveda con ladrillos empleando un poste para mantener la forma y el ángulo.
- Figura 18 : Plano de unidad de biogas cortada en sitio en suelo primitivo.
- Figura 19 : Plano de unidad de biogas esférico.
- Figura 20 : Procedimiento para construir el digestor de biogas esférico en suelo con un nivel freático alto.
- Figura 21 : Manómetro de seguridad para el biogas.
- Figura 22 : Lo que se tiene que hacer y no se tiene que hacer al entrar en una unidad de biogas.
- Figura 23 : Detalles de un quemador de biogas sencillo hecho en casa.

- Figura 24 : Otra forma de quemador de gas.
- Figura 25 : Detalles de la construcción de una lámpara de biogas (colgante)
- Figura 26 : Lámpara de biogas de pie.
- Figura 27 : Empleo de un encendedor de pedernal de lámparas de biogas.
- Figura 28 : Forma de grandes digestores de biogas intercomunicados.
- Figura 29 : Construcción de una planta de biogas de 268 m³.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1 Unidades de medida chinas.
- Cuadro 2 Efecto de la temperatura en el crecimiento de la azolla.
- Cuadro 3 El valor calórico efectivo del biogas con respecto a otros combustibles.

INTRODUCCION

Este es el informe sobre el quinto de una serie de viajes de estudio organizados por el Programa FAO/PNUD en cooperación con la República Popular de China.

Los gastos del viaje los sufragó el PNUD como parte de la fase de asistencia preparatoria del proyecto internacional "Mejora de la fertilidad del suelo mediante el reciclaje orgánico" RAS/75/004.

El viaje, que duró del 21 de mayo al 11 de junio de 1978, tenía por objetivo obtener conocimientos y experiencia sobre:

- la multiplicación de la azolla como origen de nitrógeno biológico, prestándose especial atención a su propagación y protección contra enfermedades y ataques por insectos y condiciones de clima adversas;
- recolección y empleo agrícola de la azolla;
- construcción de unidades de biogas pequeñas;
- utilización de las unidades de biogas y su empleo eficaz por las comunidades agrarias y del efluente para mejorar la fertilidad del suelo.

El grupo de estudio lo formaban 18 participantes, 15 de países asiáticos y tres de la FAO; en total estaban representadas 12 nacionalidades diferentes. La lista de participantes se da en el Anexo 1.

El grupo llegó a China en tren, procedente de Hong-Kong y viajó extensamente por las provincias de Guangdong, Zhejiang, Shanghai-Shi, Jiangsu, Sichuan y Beijing Shi. (Véanse la figura 1 y el programa en el Anexo 2). En total se visitaron 15 comunas del pueblo donde se practicaban activamente la producción de gas y de azolla y en las que estas prácticas eran de naturaleza distinta. Gracias a ello se pudieron estudiar muchas clases de unidades de biogas y distintas técnicas de propagación de azolla. El grupo fue el primero en visitar la provincia de Sichuan a petición especial, por ser una de las más destacadas en la tecnología del biogas.

Este informe se dedica exclusivamente a la materia objeto del viaje: azolla y biogas. También se examinaron materias afines del reciclaje orgánico, pero estas se describen detalladamente en el informe del viaje de estudio sobre el reciclaje de desechos orgánicos (Boletín de Suelos de la FAO, Nº 40, 1977). Análogamente, los asuntos de interés más general, como la estructura de las comunas del pueblo, los datos históricos y los antecedentes agrícolas, se han descrito en informes anteriores y no se repiten en éste. Se ha añadido un capítulo de posibles actividades consecutivas, de modo que los conocimientos adquiridos puedan aplicarse en otros países.

Como en informes anteriores, se emplean unidades de medida aceptadas internacionalmente, con el equivalente chino entre paréntesis. Las unidades chinas se explican en el Cuadro 1.

Lamentamos profundamente tener que anunciar la muerte por ataque cardíaco de uno de los participantes, el Sr. Paitoon Nagalakshana, de Tailandia, ocurrida hacia fines del viaje mientras el grupo visitaba la comuna del pueblo de Tumen en la provincia de Sichuan.

P.R. Hesse
Jefe del grupo

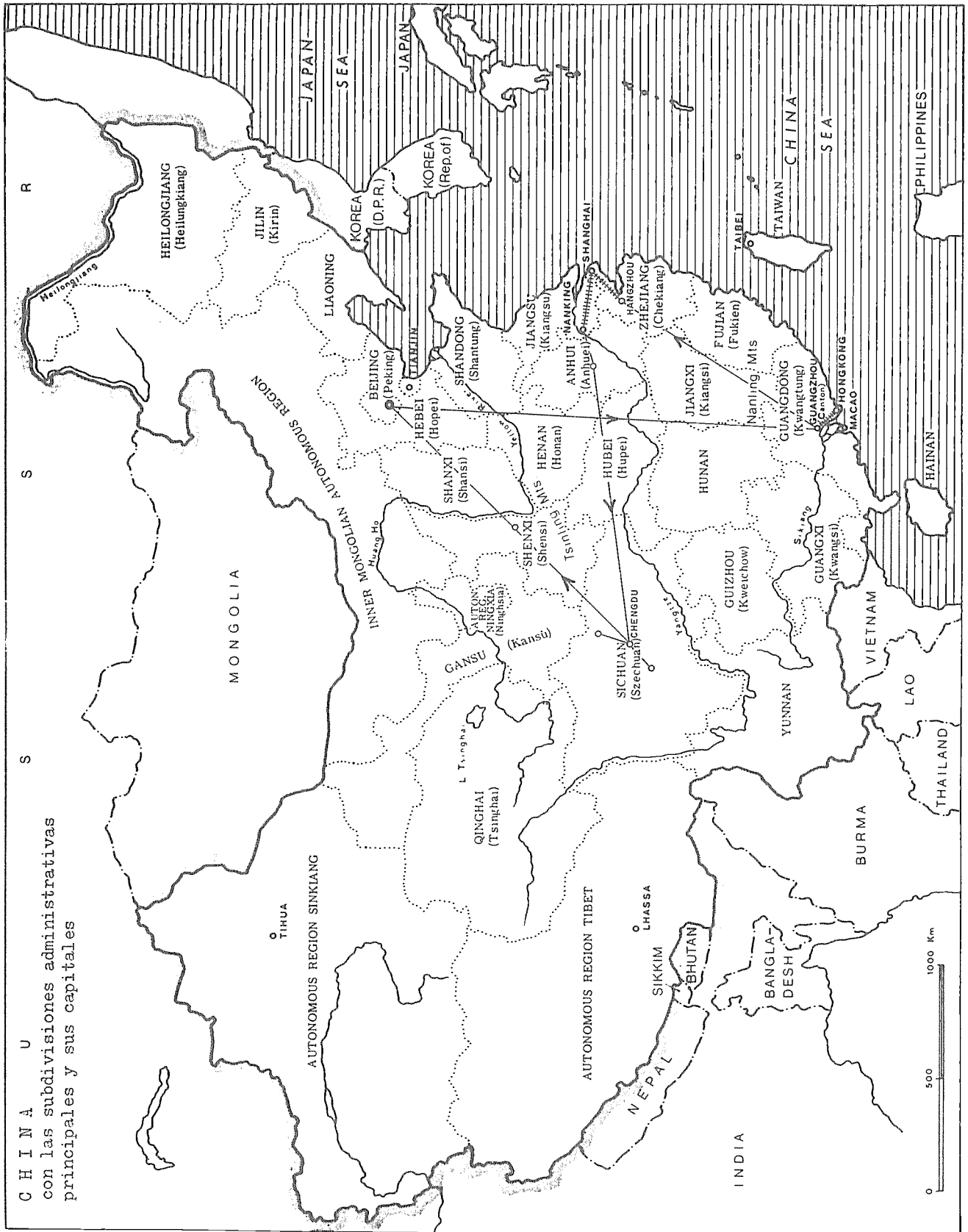


Figura. 1 ITINERARIO DEL VIAJE DE ESTUDIO DE LA AZOLLA Y EL BIGGAS.

Cuadro 1. Unidades de medida chinas

1	mu	=	660	m ²	(0,066 hectáreas) *
1	jin	=	0,550	kg	
1	yuan	=	0,60	\$EE.UU.	(desde octubre de 1978)

* Nota: En la provincia de Sichuan la unidad mu es un tercio mayor que en otras provincias, es decir:
1 mu = 858 m² ó 0,086 hectáreas.

RECONOCIMIENTOS

Los participantes en el viaje de estudio FAO/PNUD que estuvieron en China del 21 de mayo al 11 de junio de 1978 con relación a la azolla y el biogas, desean expresar su gratitud al Gobierno de la República Popular de China, a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo por la oportunidad de participar en el viaje.

Los formantes del grupo adquirieron muchos conocimientos técnicos que serán de inmenso valor en sus países para crear o mejorar las prácticas relativas a la producción de azolla y biogas. También están muy agradecidos a sus anfitriones chinos por todos los lugares que visitaron y por su excelente hospitalidad y brillante organización de los actos.

Se merecen especial gratitud los funcionarios del Ministerio de Agricultura y Montes encargados de la organización del viaje: los Sres. Li Yung-kai, Director de la Oficina de Asuntos Extranjeros; Chang Shi-chan, Jefe de la División Internacional; el Dr. Yank Ching-jao, Director de la Oficina de Suelos y Fertilizantes y los que actuaron de intérpretes durante todo el viaje: Srs. Tsui Li-chuan, Yang Yung-hsing y Yin Pao-hsiang.

Varios miembros del grupo han contribuido al informe, pero hay que destacar en especial al Sr. D. Joshy ^{1/} por los datos pormenorizados sobre la tecnología del biogas.

Los dibujos los han hecho la Sra. S. Hansen-Ascheri (FAO) y el Sr. A. Backman (SATA, Kathmandu), principalmente a partir de originales obtenidos en China.

Tomaron fotografías Kho Boon Lian, Chob Kanareugsa, D. Joshy, H. Matsuo y P.R. Hesse.

^{1/} Edafólogo, Secretaría de Agricultura, Nepal.

1. PROPAGACION Y USO AGRICOLA DE LA AZOLLA

1.1 Generalidades

La azolla se emplea en partes de China desde hace muchos años para mejorar la fertilidad de los arrozales y como pienso. Las prácticas de su cultivo y empleo han alcanzado una fase en la que pueden emplearse como modelo en otros países de la misma región.

1.1.1 Biología de la azolla

La azolla es un género de la familia Azollaceae de helechos criptógamos flotantes libremente. El nombre se deriva de las palabras griegas Azo (secar) y Ollya (matar) lo que significa que al helecho lo mata la sequía, por lo que apenas puede considerarse descriptivamente como específico.

El género tiene seis especies conocidas: A. pinnata que es la más abundante en Asia, A. nilotica (norte de Africa), A. filiculoides (Sudamérica meridional hasta Norteamérica occidental), A. caroliniana (Norteamérica oriental y el Caribe), A. mexicana (Sudamérica septentrional hasta Norteamérica occidental) y A. microphylla (América tropical y subtropical).

La azolla flota en el agua con las frondas esparcidas horizontalmente (Fotografía 1). El tamaño de estas varía mucho entre las especies; las de A. pinnata, por ejemplo, tienen de 1 a 2 cm de diámetro y las de A. nilotica es de unos 15 cm. El color va desde verde hasta purpurino rojo (véase la sección 1.1.2).

Las raíces adventicias penden verticalmente en el agua y pueden penetrar en el fango; su longitud varía con las especies y es de 1 a 2 cm en A. pinnata.

La azolla tiene un ciclo esporofítico (figura 2) y en el caso de A. pinnata el desarrollo de esporocarpios está relacionado con los meses fríos de invierno, en tanto que en A. filiculoides de climas templados el desarrollo ocurre en los meses de verano. Todavía no se ha encontrado un método para inducir el ciclo esporofítico.

1.1.2 Fijación del nitrógeno

La importancia del cultivo de la azolla está en que vive en asociación con un alga mixofícea que fija suficiente nitrógeno de la atmósfera para permitir el rápido crecimiento de la planta. La especie de alga mixofícea es Anabaena azolla y vive en las cavidades de los lóbulos superiores del helecho (figura 3). Por lo tanto, el complejo Anabaena-azolla ofrece un aprovisionamiento de nitrógeno orgánico fertilizante que puede considerarse como un abono verde acuático y por esta razón es de interés especial en el cultivo del arroz.

La simbiosis azolla-anabaena puede producir 10^3 kg (1 ton) de abono verde por 10^4 m² (hectárea) por día, conteniendo 3 kg de nitrógeno fijado que equivale a 15 kg de sulfato amónico o 7 kg de urea. Se ha estimado que, por medio del cultivo de la azolla, el mundo en desarrollo podría producir un millón y medio de toneladas de nitrógeno en los arrozales.

Los experimentos han demostrado que la azolla puede duplicar su peso en un substrato exento de nitrógeno entre tres y cinco días y que la azolla de crecimiento vigoroso contiene entre 0,1% y 0,2% de nitrógeno o de 3 a 5% N en peso seco.

No se ha demostrado que exista relación entre la capacidad de fijar el nitrógeno y el color de la azolla. En una comuna se dijo que la azolla joven conserva el color rojizo hasta el comienzo de la asimilación de nitrógeno hace que cambie a verde. En otra comuna (véase la sección 1.2.3), si la azolla es roja se rocía con una solución que contiene urea y superfosfato. Se ha demostrado que la azolla roja contiene tanto nitrógeno como la verde y las plantas maduras pueden ser de cualquiera de los dos colores. El Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz, Los Baños, Filipinas, ha hecho investigaciones que han demostrado que el color rojo de la azolla guarda relación con el fósforo y una deficiencia

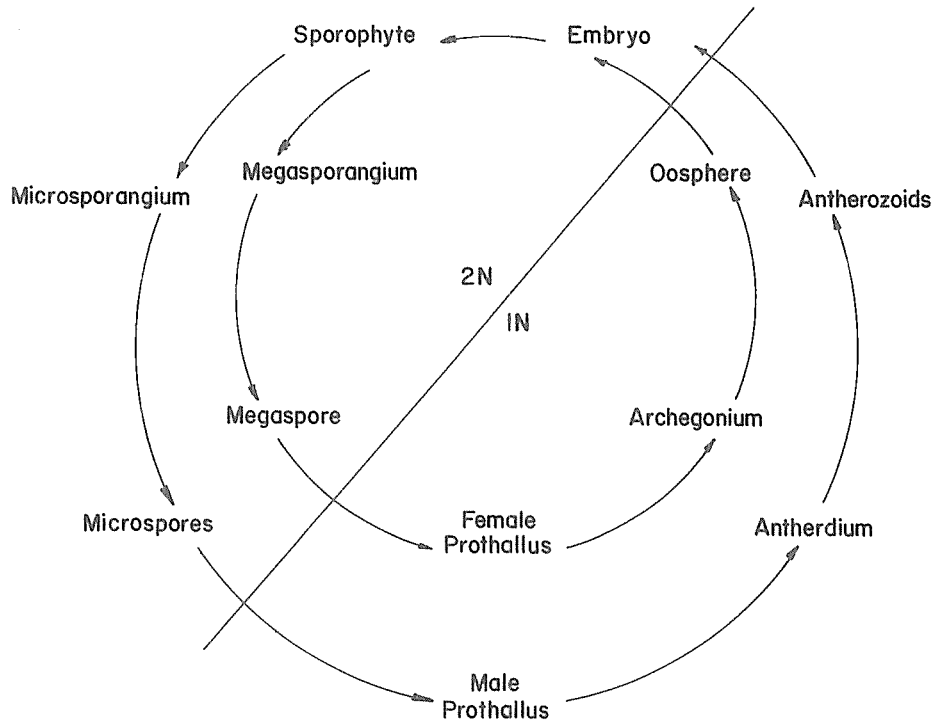


Figura 2. Ciclo vital de la Azolla.

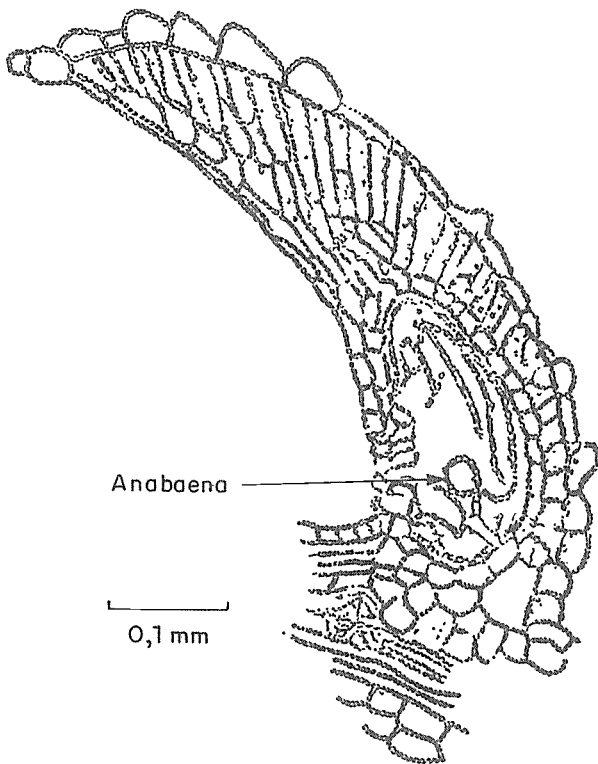


Figura 3. Sección transversal del lóbulo dorsal de azolla con los filamentos Anabaena (tomado de Strasburger 1873).

de calcio, así como con la temperatura, lo que se confirmó durante las conversaciones con varios expertos chinos. En la provincia de Guangdong el color rojo se relacionaba con las temperaturas cálidas del verano y en el distrito de Changzhou se decía que se debía a una cobertura demasiado espesa de la azolla. Todavía no se ha demostrado que exista una relación entre la densidad del crecimiento, la temperatura elevada y la disponibilidad de fósforo o calcio. En la práctica el color de la azolla no parece influir en la fijación del nitrógeno ni en el crecimiento. En casi todas las partes de China se vio mezclada la azolla roja y verde. En Vietnam la azolla verde, roja y purpúrea se distinguen como tres tipos o variedades morfofisiológicas; se dice que la roja resiste fuertes concentraciones de salinidad, la purpúrea la acidez y la verde la temperatura elevada.

1.2 Propagación de la azolla

1.2.1 Amplitud del cultivo de la azolla en China

Las especies de azolla cultivadas en China son A. pinnata y, por lo menos en la provincia de Guangdong, la variedad Imbricata. La planta se denomina localmente "luping" o "hang ping".

Se tienen noticias de que la azolla se cultivaba en las provincias de Zhejiang y Fujian durante la dinastía Ming hace cerca de 400 años y en la provincia de Guangdong se cultiva para mejorar los arrozales desde hace más de cien años y como forraje desde hace aun más tiempo. La provincia dedica normalmente más de 750 mil hectáreas a la producción de azolla.

En nuestros tiempos, en la provincia de Zhejiang se cultiva la azolla sólo desde 1974 debido a la escasez de abonos y forrajes. La comuna del pueblo de Anshi ha decuplicado desde 1974 la superficie dedicada a la azolla (de 40 a 400 hectáreas).

Análogamente, en la provincia de Sichuan, la azolla sólo se cultiva a gran escala desde 1972 y es prueba de su importancia que se hayan creado brigadas de producción especiales para su propagación (p.ej. en la comuna del pueblo de Tumen).

También en la provincia de Jiangsu se ha introducido la azolla recientemente, pero actualmente en las proximidades de Changzhou más del 70% de los arrozales se abonan con azolla y en la comuna del pueblo de Hua Shi se producen más de 10.000 kg/ha (1.500 jin/mu) por cada cultivo de arroz.

Se estima que en el país se dedican actualmente más de 6,5 millones de hectáreas a la producción de azolla. No toda la China está convencida de la necesidad de cultivar azolla. En la provincia de Jiangsu y concretamente en Wuxi, la azolla se introdujo en 1965, pero desde entonces su uso ha disminuido debido a la escasez de tierra para otros cultivos. En la comuna del pueblo de Shu Ching, cerca de Shanghai, la azolla no se cultiva como abono, sino en muy pequeña escala en las zanjas para alimentar aves y cerdos.

1.2.2 Métodos para el cultivo de la azolla

Hasta que se encuentre un procedimiento para iniciar el ciclo esporofítico, la azolla se tiene que reproducir vegetativamente. Se siguen dos procedimientos principales: la planta se cultiva en viveros pequeños y se "siembra" en los arrozales para su reproducción o se cultiva en extensiones relativamente amplias como abono verde por derecho propio.

En ambos casos es necesario mantener patrones básicos de material viable durante todo el año. Esto se examina en la sección 1.2.4.

Los estanques de los semilleros de azolla son pequeños (3 x 4 m), someros (10 cm) y forman grupos de 10 a 20 (Fotografía 2). Se mantiene una profundidad del agua de 3 a 6 cm y el material reproductor se pone a razón de aproximadamente 1 kg m⁻². La reproducción varía con el clima, especialmente la temperatura (véase la sección 1.2.3) por lo que es

algo distinta de provincia en provincia. En la provincia de Jiangsu sólo se necesitan tres días para que las parcelas estén totalmente cubiertas de azolla lista para la recolección. Se afirma que en el período del 20 de mayo al 10 de julio, 0,5 kg de azolla producen 5 000kg; otro período de gran rendimiento es el de setiembre y octubre.

Generalmente la azolla se quintuplica en un período de cinco semanas. Los arrozales se "siembran" con azolla a razón de unos 7 500 kg/ha (1 000 jin/mu).

En algunas partes de China se emplea un procedimiento denominado "hileras estrechas dobles". Consiste en cultivar el arroz en hileras dobles a unos 10 cm de distancia, dejando un espacio de unos 60 cm entre cada par de hileras de arroz. De esta manera queda mas espacio para el crecimiento de la azolla, que puede cultivarse un mes más de lo acostumbrado. Se ha obtenido una cosecha sin igual de más de 14 000 kg de arroz y 140 000 kg de azolla por hectárea simultáneamente. Para la producción de azolla se utilizan todos los espacios disponibles. Por ejemplo, en los períodos en que los fosos de composte no se utilizan como tales, se constituyen pequeños "viveros" de azolla (Fotografía 3).

En la provincia de Sichuan se observó una práctica desacostumbrada. En la comuna del pueblo de Tumen, se estimula el crecimiento de azolla golpeándola con escobas de bambú. Provistos de escobas de bambú de mango largo, los campesinos avanzan por el arrozal cubierto de azolla golpeando ligeramente la capa de azolla (Fotografía 4). Se dice que esto subdivide las plantas y acelera el crecimiento; se hace una vez por semana.

1.2.3 Condiciones óptimas para el cultivo de la azolla

- i) Temperatura: La temperatura óptima para la producción de Azolla Pinnata en China es de 293 K a 298 K (20° a 25° C). Según información facilitada por los interesados de la comuna del pueblo de Anshi, cerca de Hangzhou, la azolla no crece a temperaturas inferiores a 278 K (5° C), aunque puede resistir hasta 270 K (-3° C). Por encima de esta temperatura su crecimiento aumenta en un período de cinco días, como se indica en el Cuadro 2.

Table 2. Efecto de la temperatura en el crecimiento de azolla con referencia al de 278 K (5° C)

<u>Temperatura del agua</u>	<u>Mayor ritmo de crecimiento</u>
283 K (10° C)	20 %
288 K (15° C)	60 %
293 K (20° C)	110 %
298 K (25° C)	223 %
303 K (30° C)	180 %
308 K (35° C)	120 %
316 K (43° C)	deja de crecer
318 K (45° C)	muere el 90 %

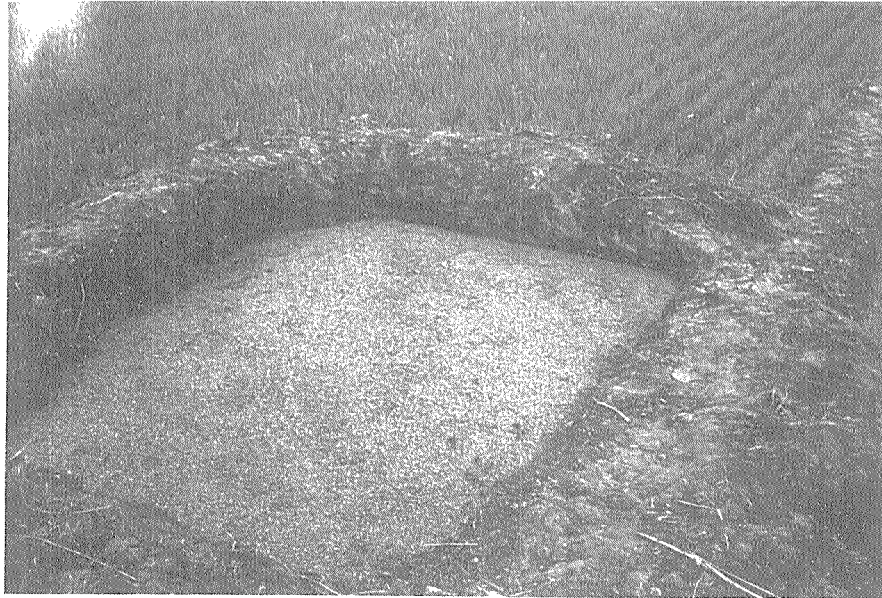
A los expertos Chinos les interesaba conocer el trabajo que se hace en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz sobre los efectos de la temperatura. Los experimentos han indicado que A. mexicana puede ser capaz de resistir temperaturas más altas que A. pinnata y que A. filiculoides crece mejor a temperaturas inferiores a 298 K (25° C). Parece ser que las variedades malasia de azolla son las más tolerantes a las temperaturas elevadas. En otros experimentos en los que se empleó lo que se creyó que era A. pinnata no se observaron diferencias significativas en el rendimiento o la acumulación de nitrógeno en una gama de temperaturas medias de 295-304 K (22-31° C). Por otro lado, cuando la temperatura excedía de 295 K (22° C) aparecía en las frondas un color pardo rojizo (véase también la sección 1.1.2).



Fotografía 1. Azolla pinnata flota en la superficie del agua entre plantas de arroz. (Comuna del pueblo de Anshi, provincia de Zhejiang).



Fotografía 2. Viveros de Azolla pinnata en la comuna del pueblo de Anshi, provincia de Zhejiang.



Fotografía 3. La Azolla pinnata cubre la superficie de un foso de composte (Comuna del pueblo de Ansha, provincia de Zhejiang).



Fotografía 4. Golpeando las parcelas de azolla con escobas de bambú para estimular el crecimiento (Comuna del pueblo de Tumen, provincia de Sichuan).

- ii) Luz: Se mencionó que la energía solar óptima para el crecimiento de azolla es de 20 000 a 50 000 lux (20-50 kcd sr m⁻²) y que la gama permisible es de 5 000 a 100 000 lux (5-100 kcd sr m⁻²); durante la época de las lluvias la luz solar era en ocasiones un factor limitante del crecimiento cuando la azolla y el arroz se cultivaban juntos.
- iii) Índice de pH: Se ha mencionado una reacción neutra (pH 7) (Boletín de Suelos de la FAO, No 40, 1977) como la mejor para el crecimiento de azolla. En la comuna del pueblo de Pin Niu, cerca de Changzhou, se decía que un pH de 4 a 6 era el mejor y que la azolla es muy sensible a la alcalinidad. Los suelos de la comuna tenían índices de pH hasta 8 y la azolla crecía muy satisfactoriamente en el agua. Los trabajos hechos en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz indican que los efectos del pH están relacionados con la disponibilidad de hierro y esto lo confirma el que un pH de 4 a 6 sea el más conveniente.
- iv) Salinidad: Para que la azolla crezca bien, el contenido en sal del agua debe ser inferior a 0,1 %.
- v) Humedad: La humedad relativa óptima es de 85-90 %; si la humedad es inferior a 60 % o superior a 100 % la azolla no crece.
- vi) Nutrientes: Para que el crecimiento sea óptimo, la azolla se tiene que fertilizar con fósforo y, en algunos casos, con potasio. En la comuna del pueblo de Anshi, en las cercanías de Hangzhou, se hicieron experimentos de fertilización con fósforo de mediados de abril a principios de mayo. El fósforo se añadió a razón de cerca de 5 kg P/ha (1 jin P₂O₅/mu), empleando tres formas distintas. Con el superfosfato el peso de la azolla aumentó en 56 %, con la fosforita en 45 % y con el fosfato magnésico fundido 22 %. El fósforo se aplicó por separado cada dos días.

Los trabajos del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz han demostrado que las deficiencias de fósforo y calcio limitan el crecimiento de la azolla y que el fósforo conviene aplicarlo a razón de 2,5 Kg/ha cada dos días, cinco veces en total. Como las moléculas ATP son necesarias para fijar el nitrógeno, el fósforo es un importante factor limitante del crecimiento de la azolla.

La azolla de la comuna del pueblo de Anshi también necesita potasio durante los meses de invierno y este se aplica como solución al 1 % de sulfato potásico a razón de 800 kg de K/ha (130 jin K₂O/mu).

Generalmente la fertilización con nitrógeno no es necesaria, pero en la comuna del pueblo de Hsiachiao en la provincia de Guangdong, si la azolla es rojiza se rocía con una solución que contiene 1 % de urea y 1 % de superfosfato. No está claro si la urea es necesaria, ya que la aparición del color verde pudo deberse al fosfato (véase la sección 1.1.2). En la comuna del pueblo de Anshi, cerca de Hangzhou, se aplican 15 kg/ha de sulfato amónico en marzo y abril y en cualquier otro momento en que se necesite un crecimiento rápido.

Una práctica común consiste en fertilizar la azolla con un composte que se prepara a partir de materias vegetativas como paja mezclada con sedimentos del río (Fotografía 5) y que a su debido tiempo se aplica a los viveros de azolla (Fotografía 6).

La influencia de los factores externos en el crecimiento de la azolla se presenta esquemáticamente en la Figura 4.



Fotografía 5. Preparación de composte a partir de paja y sedimento obtenido del río
(Comuna del pueblo de Hsilang, provincia de Jiangsu)



Fotografía 6. El composte se mezcla en macizos de azolla
(Comuna del pueblo de Hsilang, provincia de Jiangsu).

1.2.4 Conservación de la azolla

Como la planta se reproduce vegetativamente, es necesario mantener existencias viables durante todo el año, lo que plantea problemas durante los meses muy fríos y muy cálidos. Los sistemas de resolver los problemas varían entre las comunas.

i) Conservación durante el verano (julio y agosto)

En la comuna del pueblo de Hsiachiao en la provincia de Guangdong, si la temperatura del agua alcanza 315 K (42° C) se vacía durante la noche y se pone agua fría. Esto se hace todas las noches hasta que la temperatura diurna desciende lo suficiente.

En la comuna del pueblo de Pin Niu, cerca de Changzhou, la azolla se pone entre plantas de arroz muy separadas que le dan sombra, como se ve en la fotografía 4. Durante la parte cálida del año los insectos están más activos, por lo que se usan plaguicidas para ayudar a conservar la azolla. El plaguicida más común es un compuesto de organo-fósforo.

La comuna del pueblo de Tumen, Sichuan, usa un procedimiento parecido. Para la propagación futura se usan por término medio 850 m² (1 mu) de azolla que crece entre plantas de arroz muy separadas (1 m) y en 15 cm de agua estancada. Todos los días a mediodía se agita el agua para reducir la temperatura de la superficie. También se aplican plaguicidas. Si la capa de azolla adquiere demasiada densidad, indicada por la ondulación de la superficie, se aclara a mano. En verano la temperatura en Sichuan alcanza 35° C (308 K).

ii) Conservación durante el invierno (noviembre-marzo)

En la comuna del pueblo de Anshi, cerca de Hangzhou, la azolla se apila en fosos en los arrozales y si el tiempo es muy frío se tapan con láminas de plástico.

En la comuna del pueblo de Pin Niu, cerca de Changzhou, la temperatura puede bajar en invierno a 270 K (-3° C). Se recurre a diversos métodos para conservar la azolla; uno consiste en ponerla en un foso con 25 cm de agua y tapanla con plástico herméticamente, el agua se cambia con frecuencia. Otro procedimiento consiste en almacenar la azolla en capas delgadas en el fondo de fosos de 30 cm de profundidad y cubrirla de paja (Figura 5). La humedad necesaria la proporciona un poco de agua en el fondo y la ventilación se consigue con cañas de bambú. Se informó que la azolla se conserva fresca durante dos meses. Durante el invierno la azolla no se puede transportar ni debe tocarse porque con el movimiento muere.

Un tercer método empleado en la comuna consiste en enviar agua caliente de las descargas industriales a los campos de azolla para elevar la temperatura.

En la comuna del pueblo de Tumen, en Sichuan, la azolla se conserva en los campos, pero en lugares seleccionados expuestos al sol y protegidos del viento. Por esta razón se deja que crezca en capas densas y gruesas y se abona con fósforo y potasio para estimular el crecimiento. Se destina a ello el cinco por ciento de la superficie del arrozal y se manifestó una vez más que durante este período no hay que mover la planta. La temperatura media de invierno es de 300 K (7° C), pero puede bajar a 271 K (-2° C).

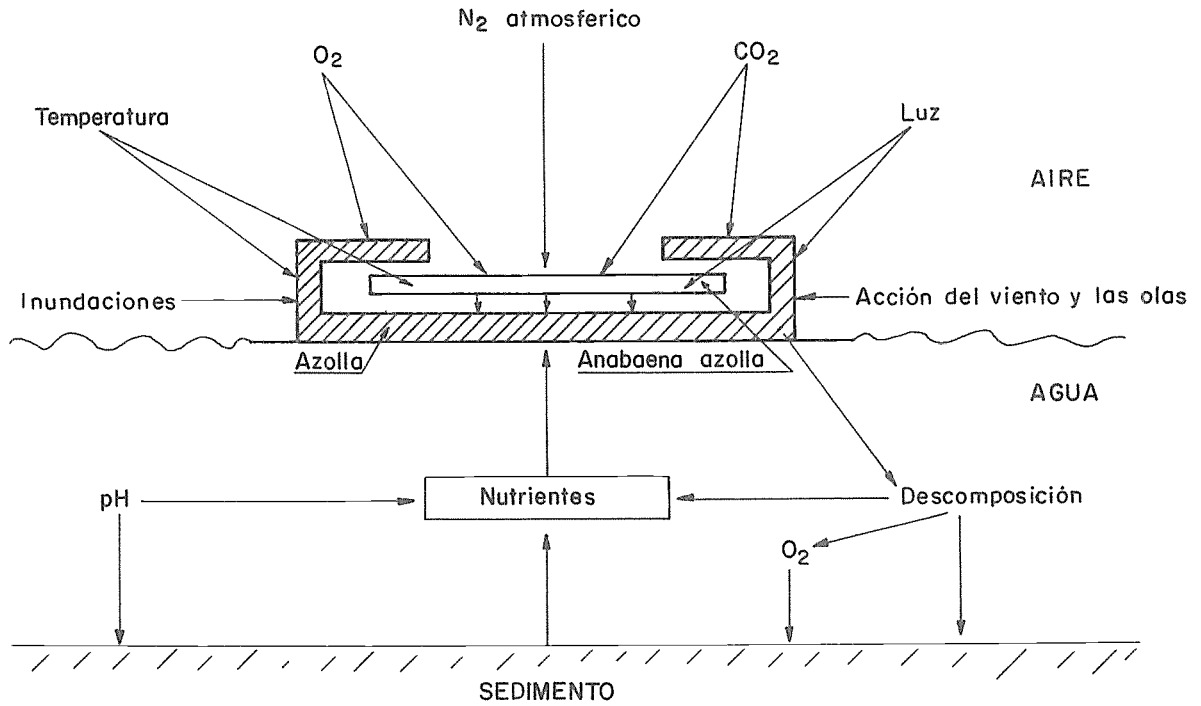


Figura 4. Representación esquemática del efecto en el crecimiento de azolla de factores externos (de Ashton y Walmsey, 1976)

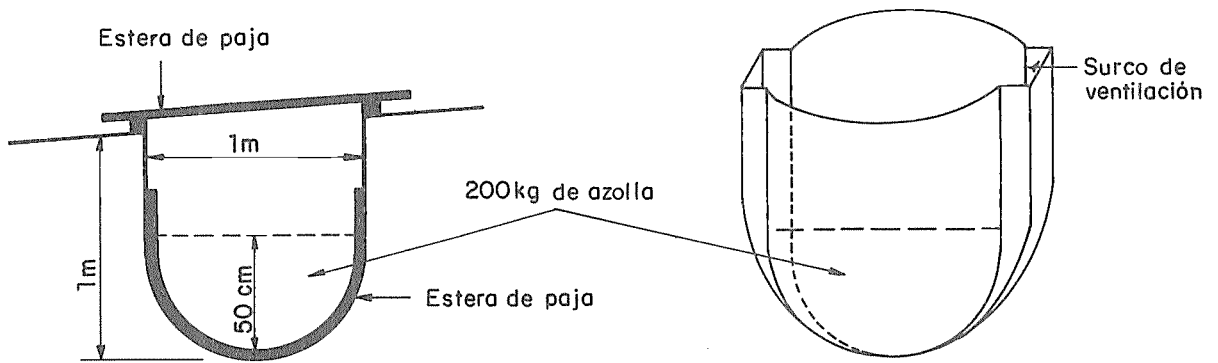


Figura 5. Una manera de conservar viables existencias de azolla durante los meses fríos de invierno en Chanzhou, provincia de Jiangsu (de Boletín de Suelos de la FAO, N° 40, 1977)

1.3 Empleo agrícola de la azolla

1.3.1 Como abono verde

El principal empleo de la azolla es como abono verde para el arroz. En algunas partes de China también se emplea como abono verde de otros cultivos. En la comuna del pueblo de Pin Niu, Changzhou, por ejemplo, se prepara composte de azolla para abonar el trigo y en la comuna de Tumen se adicionan 30 000 kg de azolla a cada hectárea de trigo, maíz y colza. En varias provincias se han hecho ensayos de fertilizantes empleando azolla. Los resultados prácticos de su aplicación están en el aumento de los rendimientos de 800 kg/ha de trigo, 710 kg/ha de habas y 945 kg/ha de maíz.

En algunas comunas se mezcla la azolla con sedimentos de ríos y se aplica como fertilizante en los cultivos de las tierras altas.

La práctica del empleo de azolla para el abonado del arroz varía entre provincias y aún entre comunas. En la comuna del pueblo de Anshi, Hangzhou, los campos se inundan hasta una profundidad de 3-4 cm y se "siembran" con azolla a razón de 7 500 kg/ha de azolla recién recolectada en los viveros; esto quiere decir que la azolla se "siembra" en agua fangosa. Cuando el campo está cubierto de una capa de azolla (unas 20 ton/ha), lo que tarda de diez a quince días, se vacía el agua y la azolla se entierra con el arado. El arroz se trasplanta 2 ó 3 días después. Si se desea, se puede obtener una segunda y tercera cosecha de azolla e incorporarse antes de trasplantar el arroz.

La otra técnica de cultivo consiste en poner la planta en el campo después de trasplantar el arroz. En la comuna del pueblo de Tumen, Sichuan, por ejemplo, se pone la azolla en los arrozales y se deja que se multiplique después de trasplantar las primeras plantas de arroz. Se añaden fósforo y potasio y los campos se escardan antes de adicionar azolla a razón de 7 500 kg/ha (Fotografía 7). Cuando la superficie del agua está cubierta de azolla (Fotografía 8) se entierra a mano cerca del 70 % de las plantas, dejando el 30 % para que regenere. No se emplean herramientas, la azolla se entierra en el fango con las manos y esto se hace generalmente a fines de mayo. Después de recolectar la primera cosecha de arroz, se vuelve a inundar el campo y a su debido tiempo (hacia fines de junio) se entierra a mano o con el arado la segunda cosecha de azolla antes de trasplantar el arroz de la segunda cosecha y también en este caso se deja cerca de un 30 % para que regenere. Hacia fines de julio se practica un nuevo enterramiento, esta vez total.

Se dijo que antes de que la comuna comenzara a usar azolla, los rendimientos de arroz cáscara eran solo de 3 000 a 3 600 kg/ha (500-600 jin/mu). En 1977 se aplicó azolla a razón de 21 000 kg/ha (3 500 jin/mu) y los rendimientos de arroz aumentaron a 9 600 kg/ha (1 600 jin/mu).

Después de incorporarla al suelo, la azolla se descompone en unas dos semanas. Como la verde tiene una proporción de C/N de cerca de 10, la descomposición es fácil. Según una comuna (Anshi) 1 000 kg de azolla equivalen a 15 kg de sulfato amónico y tienen un efecto fertilizante residual. Los experimentos realizados en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz han demostrado que no se dispone de nitrógeno de la planta hasta que se ha descompuesto y que después de dos semanas solo un 40 % del nitrógeno queda disponible para las plantas de arroz. Transcurren ocho semanas antes de que se libere el 75 % del nitrógeno, por lo que se pueden esperar efectos residuales. Con respecto a ello la variedad de arroz es importante y aquella que tenga un período de crecimiento largo se beneficiará más de las aplicaciones de azolla.

Cuando se recolecta azolla de los viveros, en primer lugar se apila empujándola horizontalmente con cañas de bambú a través de la superficie del agua; después se pone en cestos para el acarreo (Fotografía 11). Es necesario que el agua tenga una profundidad de 7-11 cm durante la recolección para obtener azolla limpia y sin fango.



Fotografía 7. Escarda de un arrozal pisoteando las malas hierbas en el fango antes de sembrar con azolla (Comuna del pueblo de Tumen, provincia de Sichuan).



Fotografía 8. Superficie del agua de un arrozal completamente cubierta de Azolla pinnata inmediatamente antes de enterrar la azolla (Comuna del pueblo de Anshi, provincia de Zhejiang).



Fotografía 9. Enterrando azolla a mano en el fango de un arrozal en la comuna del pueblo de Anshi.



Fotografía 10. Detalle de la fotografía 9, mostrando la manera de enterrar.

Los experimentos hechos en la comuna del pueblo de Anshi demuestran que la incorporación de la azolla en el suelo reduce la densidad a granel de 1,28 a 1,15 g cm⁻³, aumenta el espacio de los poros en 3,7 % y el contenido en humus en 0.05 %.

En las provincias al sur del río Yangtze la modalidad del cultivo es trigo, arroz, arroz, lo que comprende 420 días incluida la propagación en los semilleros. Así pues, se cultiva primero el trigo, seguido del primer cultivo de arroz que se practica a fines de mayo y se recolecta en agosto. La segunda cosecha de arroz se obtiene en los viveros durante junio, se trasplanta en agosto y se recolecta en setiembre. Esto va seguido con frecuencia de un cultivo de abono verde. Esta agricultura intensiva se debe principalmente al empleo de mucha azolla.

1.3.2 Como forraje

Consta que ya en el año 540 antes de Cristo la azolla se empleaba en China como forraje. En casi todas las comunidades la azolla se emplea como complemento del forraje de cerdos, patos y peces después de secarla. Se dice que contiene 16 % de proteína y 2 % de grasa a peso seco. La azolla constituye a veces hasta el 50 % de la alimentación de los cerdos y una hectárea de azolla verde suministra suficiente fibra para 200 cerdos. En la comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu, la azolla seca se mezclaba con el fango de las plantas de biogas como aditivo del alimento de los cerdos (Fotografía 12).

1.4 Problemas de la propagación de la azolla

Los problemas que plantea la producción de la azolla pueden resumirse así:

- i) obtención de variedades que resistan temperaturas altas y bajas;
- ii) conservación de material viable en los meses fríos y cálidos;
- iii) control de enfermedades y plagas;
- iv) que el único método de propagación es el vegetativo;
- v) transporte del material.

Los primeros dos problemas, los relativos a la resistencia a la temperatura y a la conservación se han examinado en la sección 1.2.3 y la mejor solución es obtener o adaptar otras especies o variedades de azolla a las condiciones de temperatura de que se trate. Se investigan estas posibilidades.

Los daños o la destrucción total de azolla por las plagas es un problema muy grave, particularmente en verano. Las principales plagas las constituyen las larvas de especies de Lepidopterous y Dipterous así como Pyralis, Micropsects, Nymphyla y Chiraonoma que se comen las hojas de la azolla desde mayo hasta agosto. Estas plagas se combaten empleando una emulsión al 25 % de DDT y con 20 % de "Phosnent". En abril y mayo y de agosto a octubre las larvas se alimentan de las raíces de la azolla y se combaten con una mezcla al 1:800 de "Fenthion" al 50 % y agua o rociando con "Parathion" (obsérvese que el empleo de Parathion está restringido en muchos países y el de DDT en algunos) o "Toxaphene". Los caracoles son otra plaga; se pegan a las raíces o a las hojas tiernas y se combaten con los mismos insecticidas que las larvas.

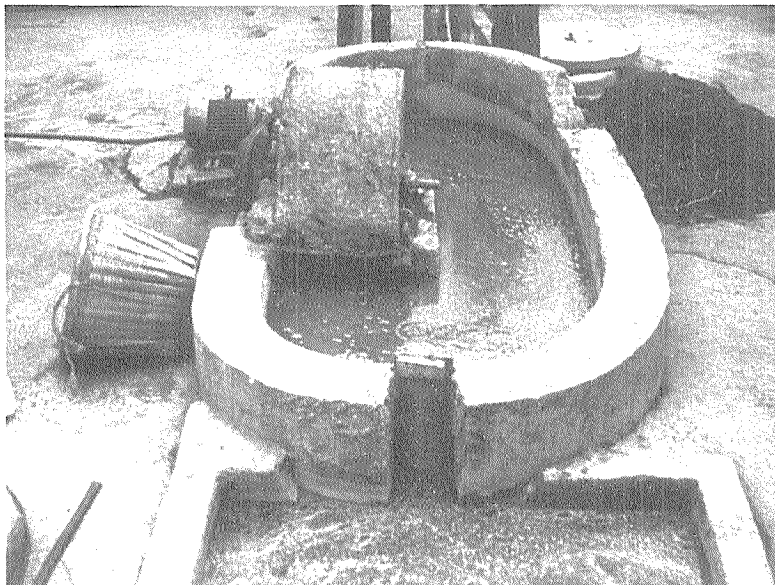
Algunas plagas comunes de la azolla se muestran en las fotografías 13-16.

En la comuna del pueblo de Tumen, Sichuan, se acostumbra a emplear patos para destruir insectos nocivos y caracoles en los campos de azolla (Fotografía 17).

En la época de mucho calor la azolla es atacada por el hongo Rymana, que se combate rociando con "Desufit" o "Dipterex" diluidos y mezclados con "Malathion".

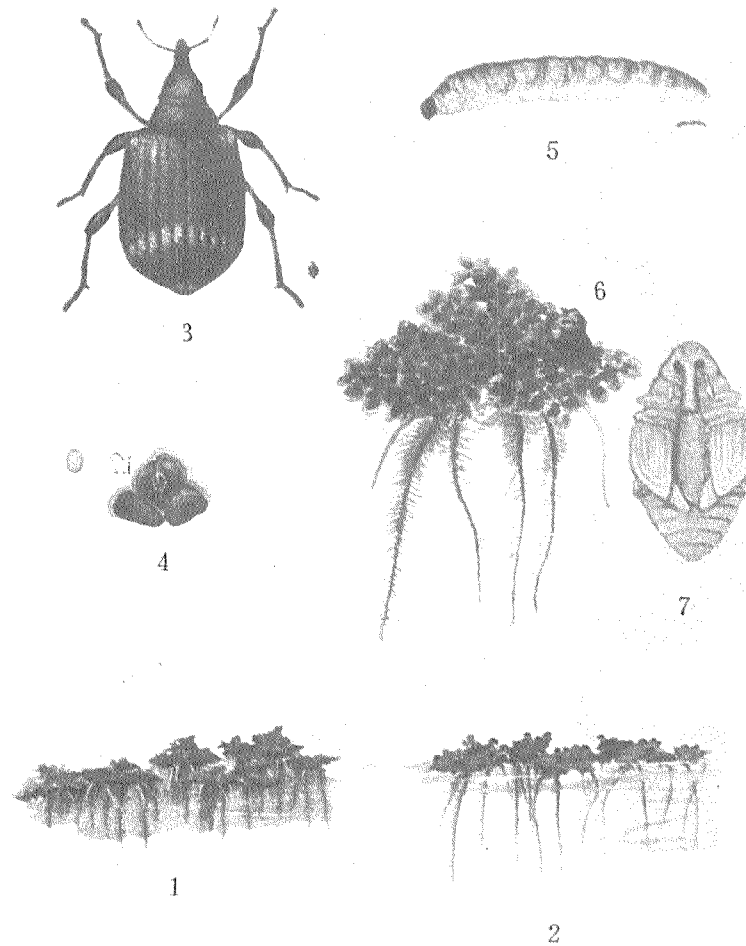


Fotografía 11. Recolectando azolla en cestos en los viveros de la comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu.



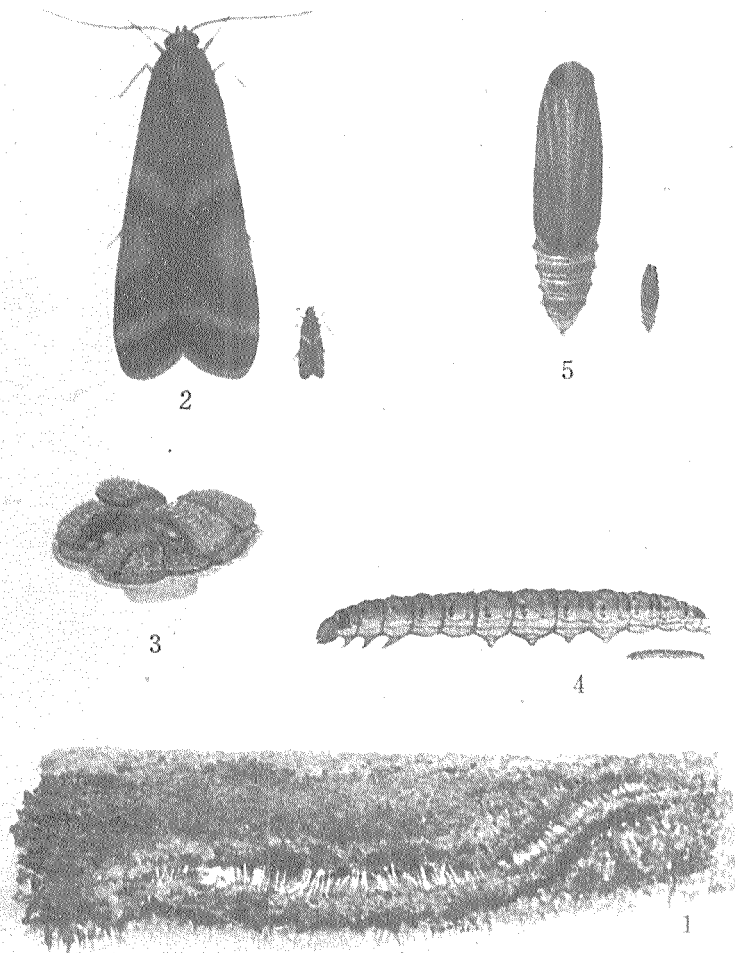
Fotografía 12. La azolla se mezcla mecánicamente con el lodo de una unidad de biogas para obtener un aditivo alimentario para cerdos (Comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu).

GORGOJO

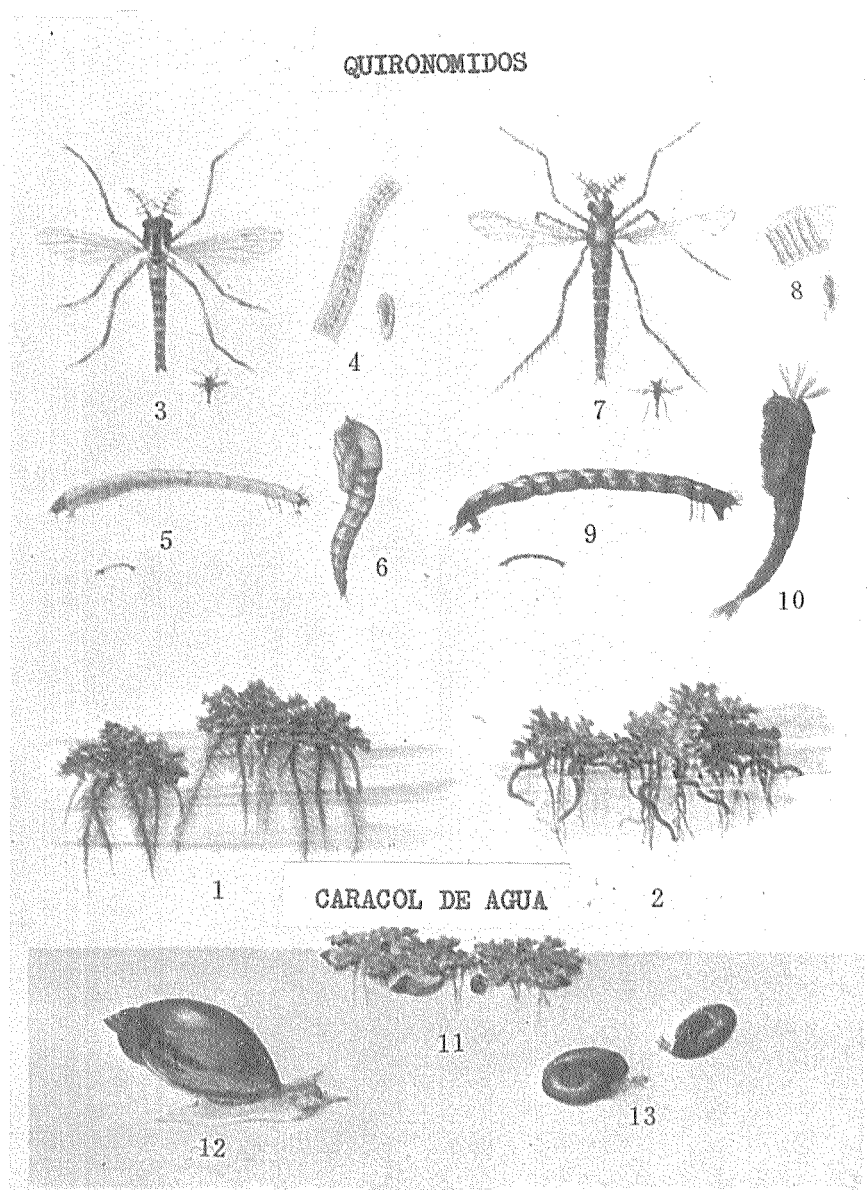


Fotografía 13. Plagas de la azolla (gorgojo): 1. Azolla no atacada; 2. azolla atacada; 3. polilla de tamaño verdadero; 4. depósito de huevos y huevo aislado; 5. larva de tamaño verdadero; 6. capullo; 7. pupa de tamaño verdadero.

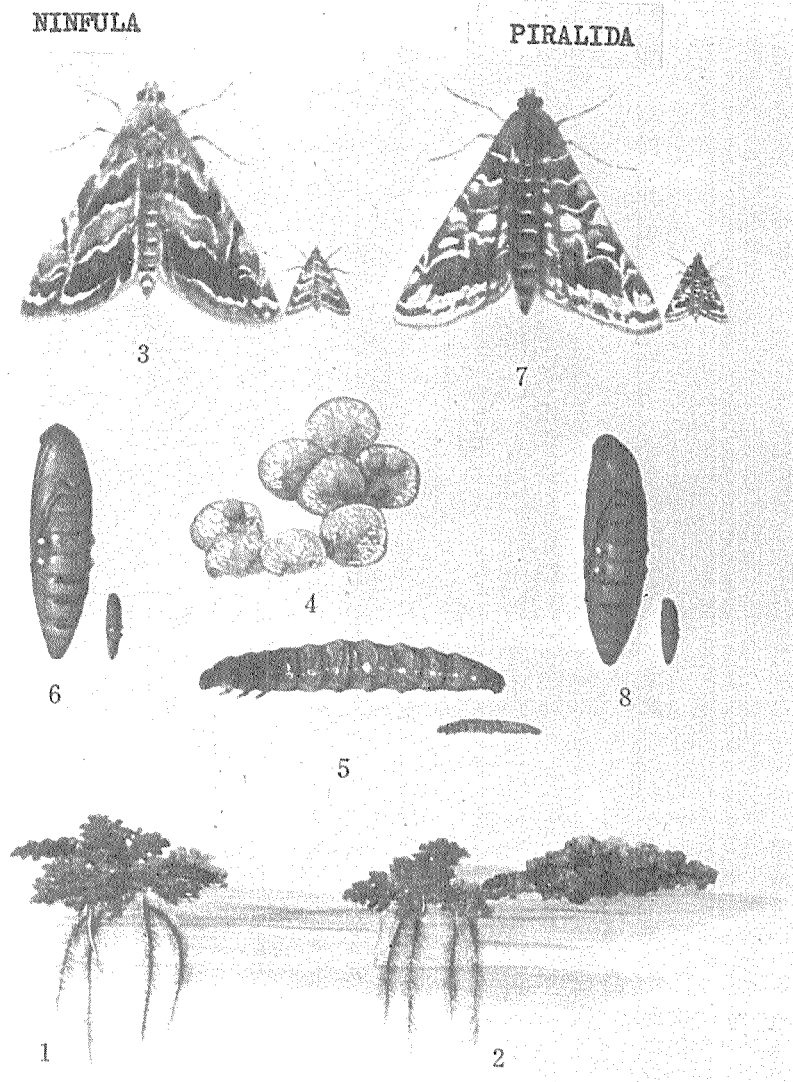
POLILLA



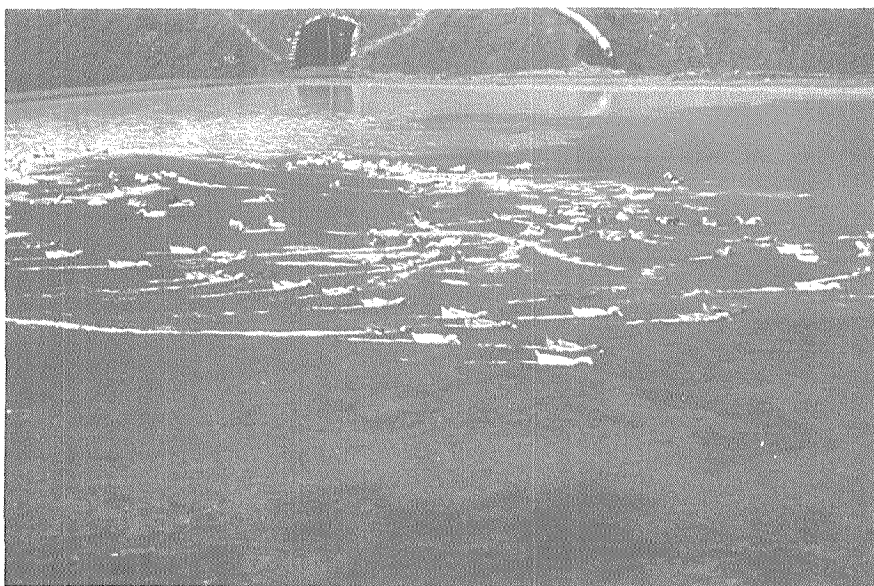
Fotografía 14. Plagas de la azolla (polilla): 1. galería abierta por la polilla en la azolla; 2. polilla de tamaño verdadero; 3. huevos en azolla; 4. larvas de tamaño verdadero; 5. pupa de tamaño verdadero.



Fotografía 15. Plagas de la azolla (quironómidos): 1. azolla no atacada; 2. azolla atacada; 3. polilla (gusano de seda blanco) de tamaño verdadero; 4. masa de huevos y huevo separado; 5. larva de tamaño verdadero; 6. pupa; 7. polilla (gusano de seda rojo); 8. masa de huevos y huevo; 9. larva tamaño verdadero; 10. pupa; 11. azolla atacada por caracol acuático; 12 y 13. caracoles acuáticos.



Fotografía 16. Plagas de la azolla (nínfulas y pirálidas): 1. azolla atacada por las larvas jóvenes; 2. azolla atacada por las larvas adultas; 3. polilla de tamaño verdadero; 4. huevos en la superficie de la azolla; 5. larva de tamaño verdadero; 6. pupa de tamaño verdadero; 7. polilla pirálida; 8. pupa de pirálida.



Fotografía 17. Los patos se comen los caracoles y los insectos nocivos en una parcela de azolla en la comuna del pueblo de Tumen, provincia de Sichuan.

El cuarto problema, el de la propagación vegetativa, no se ha estudiado todavía en China, pero el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz ha comenzado a trabajar sobre el ciclo esporofítico y si tiene éxito, permitirá propagar la azolla por esporas y que se hagan investigaciones sobre la obtención de nuevas variedades y especies que tengan las características deseadas.

El quinto problema, el del transporte, no tiene mucha importancia en China actualmente, pero si se encuentran en otras partes del mundo especies más convenientes de azolla, tendrán que ser transportadas, aunque no sea más que con fines experimentales. Una vez que la azolla pueda propagarse mediante esporas, el problema del transporte se solucionará automáticamente, pero entre tanto a los chinos les interesa conocer una técnica provisional del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz. Para obtener y distribuir ejemplares de azolla de varios países para hacer experimentos, se "siembra" una pequeña cantidad en agar gelatina en un tubo de ensayo. La planta se puede mantener viva de esta manera más de una semana.

Generalmente en una unidad de digestión de biogas las tres fases ocurren simultáneamente, pero si se altera una fase la producción de metano queda perjudicada. Esto ocurre especialmente en la fase de formación de ácido porque si la acidez es excesiva no actuarán las bacterias productoras de metano. Un pH de 6,8 a 7,2 es la acidez óptima teórica.

Las bacterias ^{1/} productoras de metano son muy específicas y sensibles a la temperatura, siendo la óptima de 308 K (35° C); dejan de funcionar si la temperatura desciende a 283 K (10° C). Las bacterias de metano son también muy sensibles al oxígeno y se reproducen lentamente. Las bacterias que forman ácido no son muy sensibles al ambiente y se reproducen rápidamente.

Como las bacterias productoras de metano no pueden emplear nitrógeno de fuentes como hidratos de carbono y proteínas, es esencial la fase de formación de ácido, por lo que es importante obtener y mantener el equilibrio entre las dos poblaciones de bacterias. Esto no depende solo de la temperatura y grado de acidez, sino también de la naturaleza del material orgánico original.

Como las bacterias utilizan átomos de carbono 30 veces más rápidamente que el nitrógeno, la mejor proporción de carbono a nitrógeno en la materia orgánica es de 30 : 1. Si hay demasiado carbono, la digestión disminuirá tan pronto como se use el nitrógeno; análogamente, si hay demasiado nitrógeno la digestión cesa cuando se agota el carbono y el exceso de nitrógeno se pierde como amoníaco. Es también importante el equilibrio adecuado de nutrientes, especialmente la disponibilidad de fósforo, por lo que conviene en ocasiones adicionar tierra vegetal a la fuente de material orgánico.

Durante la fase ácida el valor del pH disminuirá a menos de 6 durante dos semanas. Después de otras dos semanas, al continuar la digestión y formarse amoníaco, el pH volverá a aumentar y con la formación de metano alcanzará un valor de 7 y seguirá aumentando hasta 8,2. En este momento la mezcla está bastante bien compensada y puede añadirse más material sin causar perturbaciones.

Las bacterias son más eficaces cuando están en contacto íntimo con su alimento, por lo que la producción de metano puede aumentarse con frecuencia agitando suavemente la mezcla durante la digestión. Esto se hace en ocasiones mecánicamente, pero en China se consigue generalmente adicionando materias frescas al fondo del digestor.

2.1.2 Beneficios de la producción de biogas

Los beneficios de las unidades pequeñas de biogas pueden considerarse desde dos aspectos: el inmediato de la producción - gas y abono; y el secundario de los insumos - humanos, animales y desechos de cosechas.

El gas producido, principalmente metano con hasta un 30 % de anhídrido carbónico, es un combustible limpio y conveniente. Su combustión no contamina la atmósfera y su valor calorífico es mayor que el de muchos combustibles de uso tradicional (Cuadro 3). Se informó al grupo que en una comuna, desde que se usaba el biogas en vez de madera el tiempo de cocción se había reducido a menos de la mitad.

^{1/} Hay cuatro grupos morfológicos de bacterias de metano:

Células de bastón esporulantes	p. ej. <u>Methanobacillus</u>
Células de bastón no esporulantes	p. ej. <u>Methanobacterium</u>
Células esféricas sarciniformes	p. ej. <u>Methanosarcina</u>
Células esféricas no sarciniformes	p. ej. <u>Methanococcus</u>

Cuadro 3. Valor calorífico efectivo del biogas con respecto a otros combustibles.

1 m³ de biogas genera aproximadamente 23 x 10⁶J
(5 500 kcal) de energía calorífica

<u>Combustible</u>	<u>Valor calorífico</u>
Biogas	15 600 kJ kg ⁻¹
Madera	2 400 kJ kg ⁻¹
Carbón de leña	7 000 kJ kg ⁻¹
Kerosene	18 000 kJ kg ⁻¹

El empleo de gas como combustible economiza otros combustibles, tales como kerosene, y elimina la necesidad de quemar otros recursos naturales valiosos. Por ello, el empleo de biogas en vez de leña, reduce la deforestación y con ella la erosión del suelo.

El gas es una fuente conveniente y barata de fuerza motriz, no solo para cocinar, sino también para la iluminación, calefacción y accionamiento de la máquina agrícola, bombas de riego, etc. Si se emplean unidades de biogas mayores o si se combina el gas de varias unidades pequeñas pueden accionarse generadores de electricidad.

El efluente y los fangos que quedan después de la digestión son un abono poderoso y eficaz. Se suprimen todos los olores desagradables y se destruyen casi todos los organismos nocivos. En la comuna del pueblo de Liang Chu, por ejemplo, se dijo que durante la digestión se destruye el 80% de los patógenos del material original (véase la sección 2.3.7).

Debido a la remoción del carbono durante la digestión, la materia orgánica que queda es más rica en nitrógeno y fósforo que la original y por esto es mejor fertilizante que el composte normal. Aunque el residuo de fango sólido se tiene que aplicar manualmente en los campos, el efluente líquido, que es también un fertilizante valioso, puede bombearse y rociarse como haga falta (Fotografías 27 y 28). El empleo de los residuos como abono economiza fertilizante mineral y gastos.

Los beneficios menos visibles se relacionan principalmente con la reducción de la contaminación ambiental. El proceso transforma materiales de desecho humanos y animales desagradables en productos útiles y es un medio ideal de evacuar basuras. De la misma manera, los residuos de las cosechas y otros vegetales se transforman en combustible y abono en vez de quemarlos o dejarlos que se pudran.

2.1.3 Amplitud de la producción de biogas en China

La producción de biogas en pequeña escala se conoce en China desde hace muchos años, pero su organización y perfeccionamiento son parte del programa de reconstrucción social iniciado con el "Gran Salto Adelante". La respuesta ha sido positiva pero variable. Por ejemplo, en la provincia de Sichuan hay oficinas especiales de promoción del biogas y más de un millón de unidades de biogas pequeñas; en la provincia de Guangdong el biogas se emplea relativamente poco; y en la comuna del pueblo de Shu Ching, Shanghai Shi, no se conocen las instalaciones pequeñas de biogas.

En la provincia de Zhejiang hay una oficina administrativa especial para popularizar el uso del biogas y en una comuna (Ling Chu) el 47 % de las casas tienen biogas con un total de más de dos mil unidades. La distribución es muy desigual y algunas brigadas de producción de la comuna no las tienen en absoluto. Parece ser que tiene mucha importancia la influencia e interés de los jefes de grupo y de las brigadas de producción.

En la misma provincia (Zhejiang) la brigada de producción Chang Ching de la comuna del pueblo, solo comenzó a producir biogas en 1977, mientras que en el condado de Wuxi funcionan 23 000 unidades. En la provincia de Jiangsu, la comuna del pueblo de Pin Niu tiene un centro de investigaciones y demostraciones del biogas y para 1975 el 80 % de las casas tenía unidades y la comuna construía una grande para generar electricidad.

En general, la tecnología del biogas comenzó en China en 1958, decayó a fines de los años 60 porque se dijo que el proceso era antieconómico y se popularizó de nuevo en 1970. Es difícil, o imposible, calcular el número total de unidades de biogas pequeñas actualmente en uso en China, pero deben ser varios millones.

2.2 Construcción de unidades de biogas

2.2.1 Generalidades

Una unidad de biogas consta de dos partes básicas: un recipiente de fermentación donde se digiere la materia orgánica y otro de almacenamiento del biogas producido. En casi todos los demás países donde se produce biogas ambos recipientes son partes separadas de la unidad. Sobre el recipiente de fermentación se pone un barril invertido donde se recoge el gas. El barril flota en el fango y sube o baja según el volumen de gas. Estos barriles necesitan artesanos experimentados y talleres equipados para fabricarlos y mantenerlos y, por tanto, son caros. Además, los barriles metálicos se tienen que pintar periódicamente para impedir fugas de gas causadas por la oxidación. Todos los países que emplean el barril flotante experimentan este problema.

Las unidades de biogas de China se caracterizan porque los dos constituyentes básicos, el recipiente de digestión y el depósito de gas están combinados en uno. El depósito metálico de gas está substituido por una extensión vertical del digestor, que llega a una estructura en forma de bóveda. El dispositivo se denomina "bóveda fija" o "sin barril". Una segunda característica de la unidad de biogas china es que está totalmente bajo tierra, con lo que se economiza espacio y se mejoran las condiciones de temperatura para la fermentación. La tercera característica importante es que en la construcción de las unidades se emplean materiales de los que se dispone localmente, lo que da por resultado que varíen los detalles de la construcción en diversos lugares y que sean bajos los costos.

La unidad de biogas de bóveda fija es un perfeccionamiento de formas anteriores que tenían el defecto de que se escapaba el gas (véase la sección 2.2.4).

2.2.2 Dimensiones de las unidades de biogas

Puede construirse una unidad de biogas de manera que elabore una cantidad determinada de materia orgánica o que produzca una cantidad dada de gas. Las dimensiones de las plantas de biogas domésticas de China vienen dadas por la cantidad de gas que se va a usar a diario. En condiciones normales, se supone que de 1,5 m³ a 2,0 m³ de gas por persona son suficientes para la cocina y la iluminación de una familia.

Cada metro cúbico de materia prima rinde de 0,15 a 0,30 m³ de gas al día, según las condiciones climáticas y la clase de materia que se emplee. Basándose en estos supuestos, las dimensiones del digestor se calcula según las necesidades de la familia. Generalmente las dimensiones de una planta de biogas doméstica china son de 6 m³ a 8 m³, pero en ocasiones se han encontrado unidades hasta de 12 m³.

Las unidades de 50 m³ y más son convenientes con fines comunitarios y algunos ejemplos de esta se examinan en la sección 2.7.

2.2.3 Emplazamiento de las unidades de biogas

Las unidades de biogas domésticas se sitúan en lugares altos, donde es bajo el nivel de la capa freática. La unidad no debe estar lejos de la casa donde se va a utilizar el gas, pero al mismo tiempo no debe estar cerca de la fuente de agua potable. Se observaron dos clases principales de emplazamiento: uno cerca de la casa, pero al aire libre, donde la luz del sol (y de aquí el calor) llega sin obstáculos y el otro dentro de la casa, debajo de la cocina o de la cuadra. Esta última colocación protege mejor del frío en invierno y es más pulcra y compacta que la unidad exterior, pero también es mayor el peligro si hay fugas de gas.

La colocación preferente de las unidades de biogas domésticas se denominan localmente de "tres en uno" porque la unidad está conectada con el chiquero y la letrina de la casa (Figuras 6 y 7 y láminas 18 y 19). En otras es común la disposición de "dos en uno", con la letrina o la cuadra conectadas al digestor.

Las unidades de biogas comunitarias se sitúan donde sea más conveniente cargarlas, limpiarlas y utilizar el gas. Donde los desechos animales son la principal aportación, la unidad se sitúa generalmente cerca de las cuadras, mientras que si se emplean deyecciones humanas, la unidad está junto a la escuela, la fábrica, el hospital, etc.

En todos los casos la unidad de biogas está totalmente bajo tierra (con la excepción necesaria de las entradas y las descargas), no se desperdicia ningún terreno y la tierra encima de la unidad puede emplearse para otras cosas, con el resultado de que encima de las unidades se ven huertas, corrales y sendas.

Algunas veces hay que tomar en consideración la topografía. En la huerta estatal del condado de Tehyang, provincia de Sichuan, no fué posible construir una unidad lo bastante grande, o un grupo de unidades, adyacentes a las cuadras encima de una colina, por lo que se construyeron en un lugar relativamente llano en la ladera. Las deyecciones del ganado mezcladas con agua se enviaban a los digestores por una canaleta de cemento que atravesaba la carretera por medio de un sifón pequeño (Fotografía 20).

2.2.4 Forma de las unidades de biogas

Como se ha mencionado en la sección 2.2.1, existen en China diversas formas de unidades de biogas, lo que se debe principalmente a la clase de materiales de construcción de que se dispone y a las diferencias del suelo y del nivel de la capa freática. No obstante, todas las variaciones son del mismo tipo básico de unidad de alimentación discontinua y todas están bajo tierra.

La modificación y mejora de la forma es una actividad continua de la que se encargan organizaciones, comités o dependencias especiales creados en las comunas y aun en los condados. Además, los grupos y brigadas de producción tienen sus propios grupos pequeños de técnicos que investigan la forma y funcionamiento de las unidades, lo que da por resultado el que se modifiquen continuamente las formas existentes.

Las primeras unidades de biogas de China eran de forma rectangular, con base y tope planos y un recipiente de líquido a presión para regular la presión del gas (Figura 8). Estas unidades se han suprimido porque el gas tendía a escapar por las juntas y las esquinas.

La figura 9 es la forma básica - circular, pequeña y poco profunda - de una unidad de biogas doméstica moderna china. La unidad circular es fácil de construir y los materiales son baratos. El fondo de la unidad tiene forma de plato para reducir las tensiones, aumentar el diámetro y disminuir la profundidad del digestor. El mayor diámetro aumenta la superficie del líquido de fermentación y produce más gas. En modelos anteriores la profundidad de los depósitos de digestión era de 3 a 4 m, pero en los actuales no es de más de 2 m, lo que también contribuye a reducir los costos de la construcción. En el digestor de barril flotante, común en otros países, la profundidad es de 3,5 a 4 m.

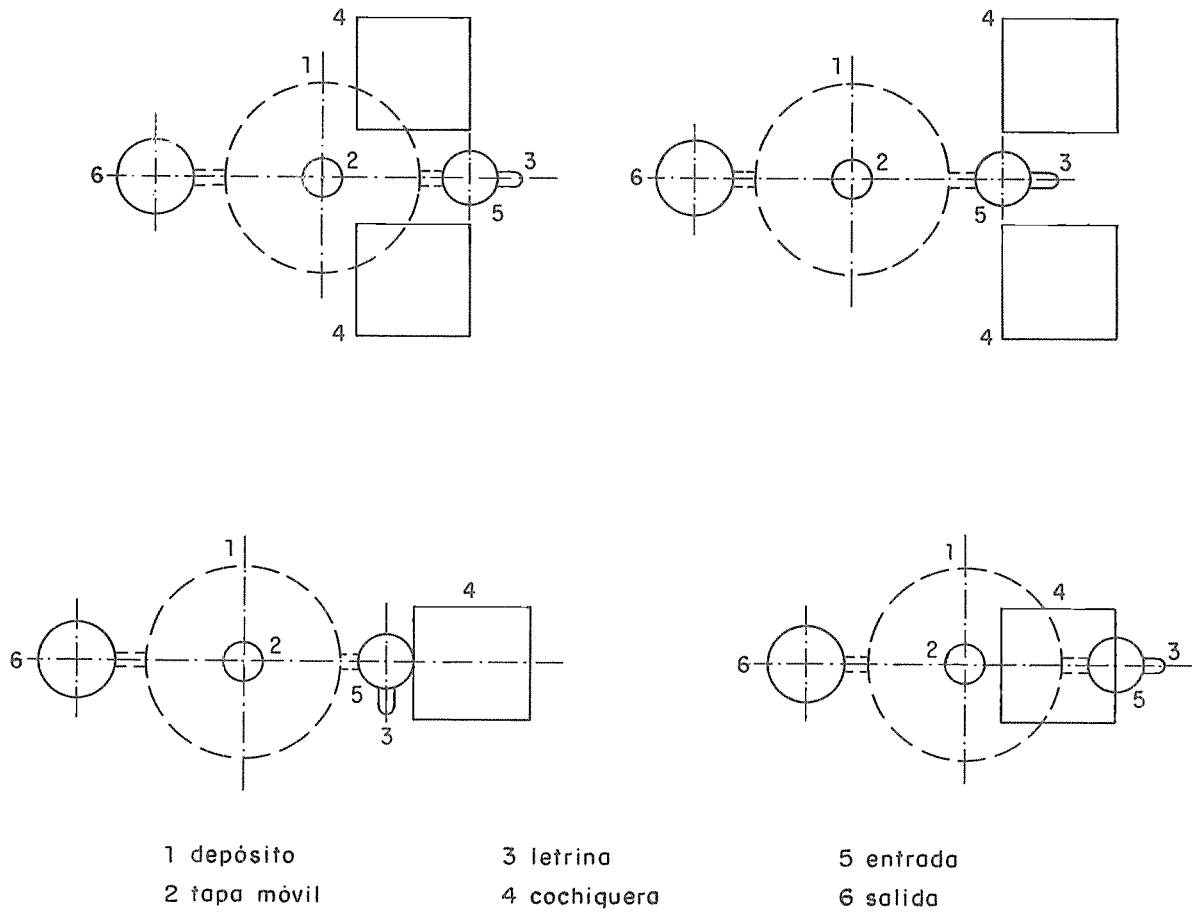


Figura 6. Instalación para la colocación de "tres en uno" de las unidades de biogas.

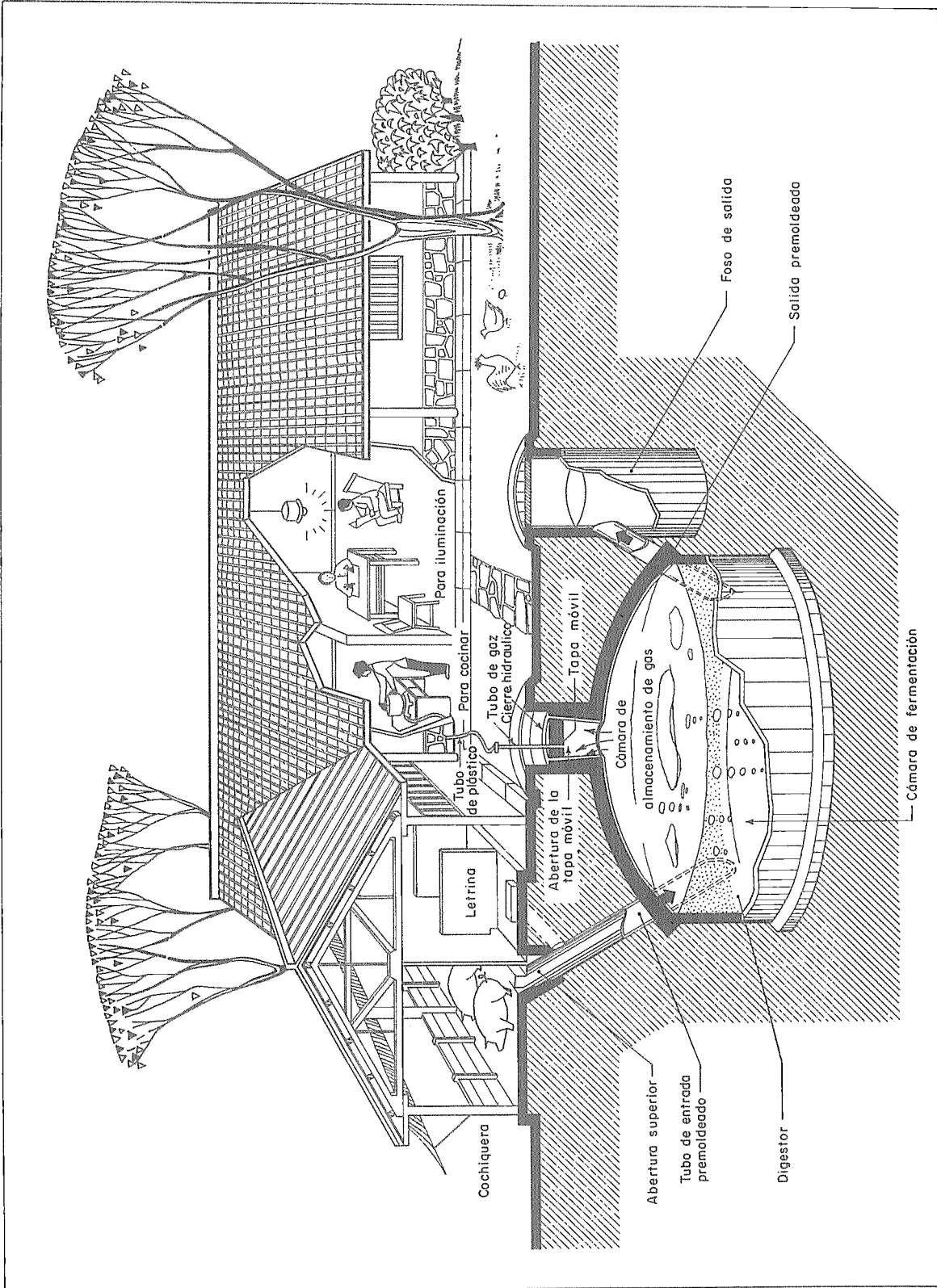
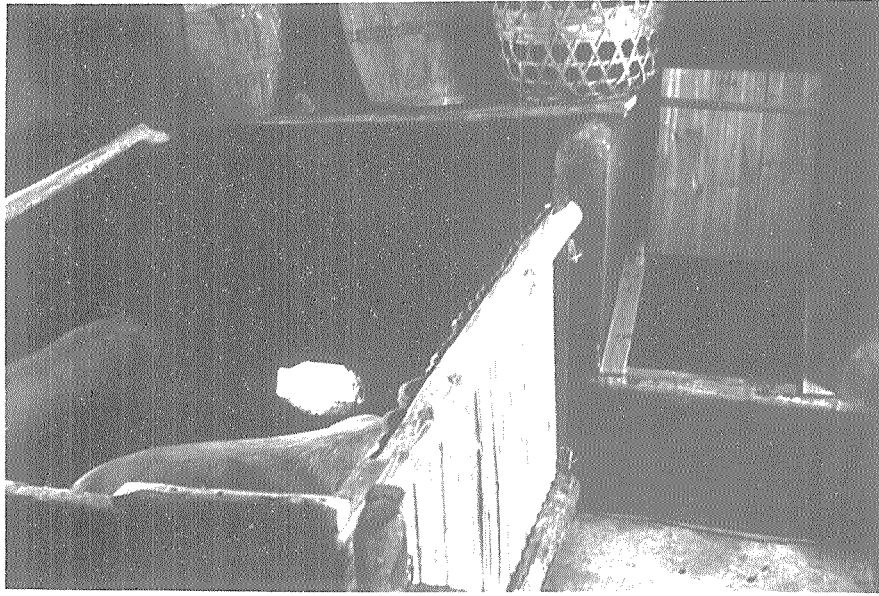


Figure 7. Situación de una unidad de biogas típica de "tres en uno" en una casa china.



Fotografía 18. Dentro de la cochiguera en la comuna del pueblo de Liang Chu, provincia de Zhejiang, en la que se ve la letrina de la casa situada en el mismo edificio. La letrina y la cochiguera están conectadas directamente con una unidad de biogas debajo del suelo.



Fotografía 19. Exterior de la cochiguera de la Fotografía 18, en la que se ve una salida en la pared para echar los desechos domésticos a la unidad de biogas y, en el suelo, la salida de la unidad de biogas.

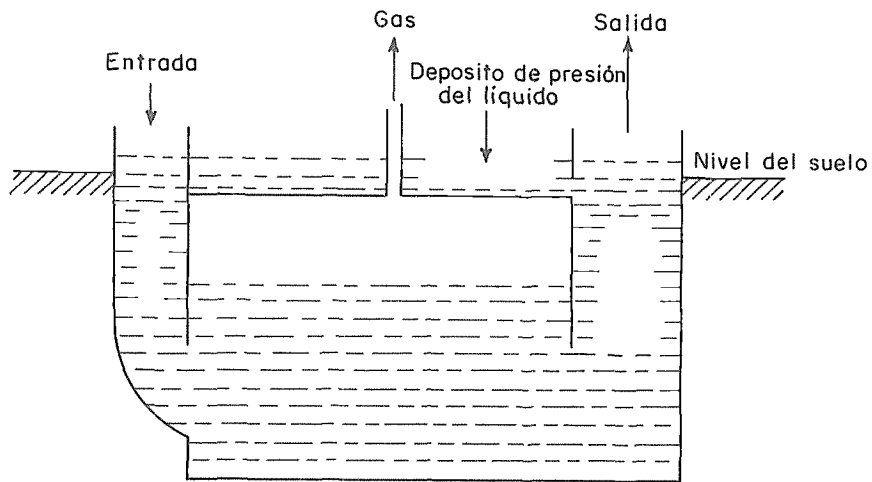


Figura 8. Disposición general de una instalación de biogas rectangular con un depósito de presión del líquido en su parte superior.

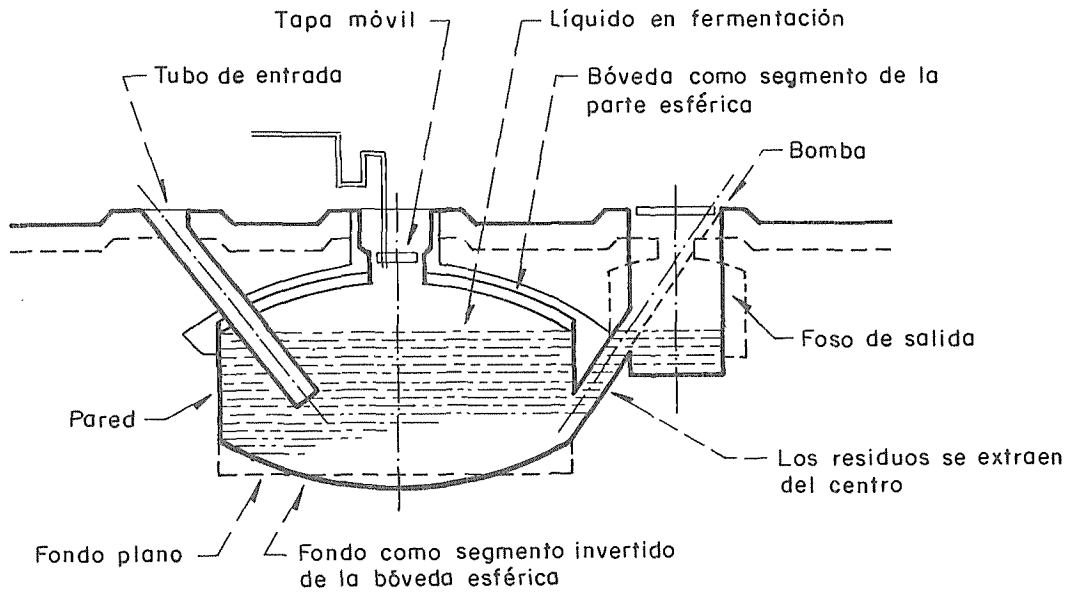


Figura 9. Forma básica de una unidad de biogas china.

Como el depósito se construye sin considerar los movimientos de flexión, la pared y la bóveda deben ser independientes; se considera que la pared y el fondo están articulados. La elasticidad de la bóveda permite transmitir su carga directamente al suelo y reducir la de la pared.

La unidad de biogas básica tiene en su parte superior un registro con tapa de quita y pon que facilita el mantenimiento, permite extraer el fango al limpiar el digestor y evacuar el gas antes de limpiarla. Es también una válvula de seguridad en caso de cegarse el tubo de salida.

El tubo de admisión penetra en la unidad a mitad de altura y así alimenta las materias primas en el centro de la pared; es recto y estrecho, lo que representa una mejora respecto a los anteriores, que tenían una boca ancha y forma de campana en el fondo. Los materiales se cargan fácilmente y el tubo es conveniente para agitar el líquido en fermentación.

La abertura inferior del tubo de descarga está situada a mitad de la altura del digestor, lo que da por resultado que los huevos de los parásitos se depositen en la parte más profunda y no salgan con el efluente, lo que representaría un peligro para la salud (véase la sección 2.3.7). La boca ancha de la descarga debe cubrirse como medida de precaución y para mejorar las condiciones higiénicas.

Debido a la inmovilidad de la bóveda la presión del gas dentro del digestor aumenta mucho, hasta 10 kN m^{-2} (1 000 mm de agua), contra la del barril flotante que raramente excede de $0,7 \text{ kN m}^{-2}$. La presión varía con la producción y uso del gas; cuando la del depósito es superior a la atmosférica (cerca de 100 kN m^{-2}) los fangos del digestor pasan a la cámara de descarga y cuando disminuye en el espacio de almacenamiento de gas, vuelven al digestor. De esta manera la presión en el depósito se regula automáticamente. Este sistema se aplica en todas las unidades de biogas de tamaño familiar. Es una mejora respecto al depósito de líquido a presión situado en la parte superior en los sistemas rectangulares anteriores (Figura 8). La presión se regula todavía más aplicando en la salida de gas un tubo de polietileno de poco diámetro (1 cm aproximadamente). La presión se midió en una casa de la brigada de producción de Chang Ching (comuna del pueblo "siempre verde", provincia de Zhejiang) y resultó ser inferior a $0,5 \text{ kN m}^{-2}$ (5 cm de agua) en el punto de salida del quemador de gas.

Como se ha mencionado, los detalles de la forma de las instalaciones domésticas de biogas varían con la clase de suelo, nivel freático y materiales de construcción. En la provincia de Sichuan los tres tipos de estructura más comunes son:

- Depósito moldeado en el lugar (Figura 10)
- Depósito excavado en el lugar (Figuras 11 y 19)
- Depósito de mampostería (Figura 12)

En el caso de los depósitos moldeados en el lugar, las mezclas de hormigón convenientes se vierten para moldear las paredes, bóveda y base, mientras que los depósitos excavados se hacen en suelos apropiados (duros, arcillosos), con un mínimo de trabajo estructural. En ocasiones se combinan ambos sistemas colocando una bóveda moldeada en un depósito excavado. En los depósitos de mampostería se usan ladrillos, piedras y estructuras de cemento premoldeadas.

El grupo examinó planos de todas las formas citadas, cada una con sus variaciones según la capacidad o dimensiones de la unidad que se iba a construir. Cada plano de la unidad de biogas que aparece en las figuras 10-12, puede emplearse para construir instalaciones con una capacidad de 6, 8, 10 y 12 m^3 , variando algunos detalles según los materiales empleados. Los mismos planos pueden emplearse para unidades de 50 m^3 y 100 m^3 a condición de que hagan algunas modificaciones especificadas. Se dieron detalles completos de todas estas modificaciones que la FAO intenta incluir en un manual completo.

2.2.5 Materiales de construcción de unidades de biogas

En la unidad de biogas de bóveda fija, el principal problema que hay que resolver es el de la fuga de gas, que ocurre si la bóveda y las juntas no están bien hechas o enlucidas. La posibilidad de fugas refuerza la gran presión del gas que se forma.

Los materiales empleados en la construcción de depósitos en China son:

- i) Cal y arcilla: Es un material de construcción tradicional en China, que con las proporciones correctas de agua, compactación y curado se endurece y dura mucho tiempo. La mezcla contiene cal y arcilla en la proporción de 1 : 9 - 19 en peso. El contenido en humedad varía de 21% a 24%. El curado es muy dilatatorio.
- ii) Cal y hormigón: Esta mezcla es también tradicional y contiene cal, arena y grava en la proporción de 1 : 3 : 6 por volumen. Después de añadir el agua, los ingredientes se mezclan bien y antes de usarlos se quitan los terrones de cal visibles. Esto impide el "florecimiento" de la cal en las paredes del depósito, que es perjudicial para la estructura. La mezcla se vierte en capas sucesivas que se apisonan repetidamente para que queden muy compactas.
- iii) Hormigón de poca fuerza: Es una mezcla de hormigón con una resistencia a la compresión de 30 kg cm⁻² y una pasta de cal y arcilla. Generalmente se emplea para el cuerpo del depósito mientras que para las uniones y esquinas se utiliza 150 # de cemento.
- iv) Hormigón: Se hace con cemento portland y tiene una resistencia de # 400.
- v) Otros materiales: Además de los materiales citados en (i) - (iv), en la construcción de digestores también se emplean ladrillos, piedras, rocas, pizarra, etc., dependiendo su selección de lo que se disponga en el lugar. En tales casos el material aglutinante es un mortero de # 10 a # 15 hecho de cemento, arena y cal.

Depende de la clase de material que se use, la cantidad necesaria para construir una unidad de biogas y varía de 6 m³ a 8 m³. Como ejemplo podemos considerar la construcción de una unidad de biogas doméstica por la brigada de producción Chang Ching, de la comuna del pueblo de Hangzhou: cemento, 500 kg; grava, 1 200 kg; arena, 1 200 kg; cal, 25 kg; ladrillos, 50.

Esta brigada de producción obtuvo malos resultados empleando ladrillos, por lo que desde 1977 emplea hormigón, como lo indican las cifras anteriores.

En la brigada de producción de Cheng Hsiang (comuna del pueblo de Pin Niu, condado de Wu Cheng) se empleaba una mezcla de 5% de cal y 95% de arcilla para construir el digestor y ladrillos y cemento para la bóveda. De esta manera cada unidad necesitaba 200 kg de cemento, 300 kg de cal y 500 ladrillos, completándola seis hombres en dos días.

El costo de la construcción de unidades de biogas pequeñas, con una capacidad hasta de 10 m³ varía entre 30 y 60 yuan (de 18 a 36 dólares al tipo de cambio de octubre de 1978). Como todas las unidades se construían comunalmente, en estos costos no entra el de la mano de obra.

2.2.6 Métodos de construcción

Preferentemente todas las unidades se construyen en el suelo, encima de la capa freática, pero en ningún caso el nivel de ésta debe exceder la mitad de la altura de la pared del digestor. Por razones evidentes, los depósitos excavados están siempre encima del nivel de la capa freática.

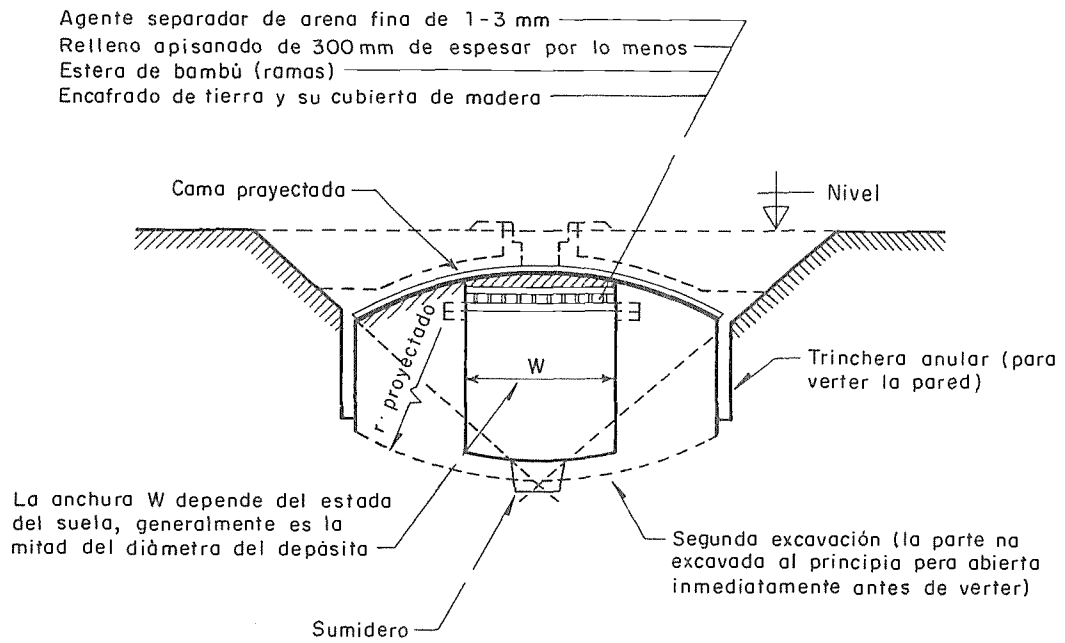


Figura 10. Plan de una unidad de biogas moldeada en el lugar (Sichuan)

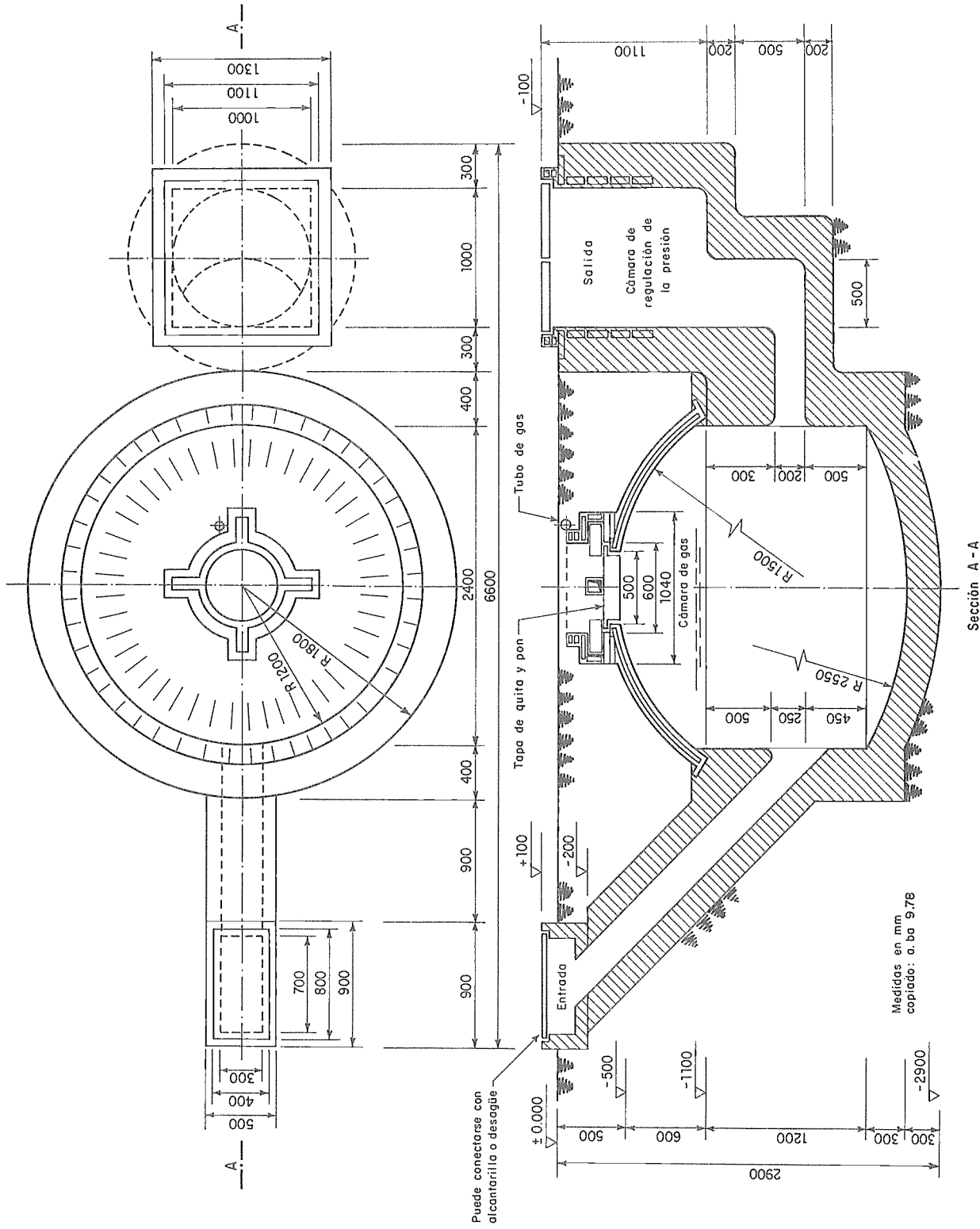


Figura 12. Plano de una unidad de biogas excavada con depósito de mampostería (Sichuan).

Se explican dos sistemas principales de construcción: en uno el depósito se construye con un desplazamiento mínimo de suelo, que se excava posteriormente de la estructura terminada; y en el otro primero se quita toda la tierra excavando un foso en el que se construye la unidad.

Las unidades excavadas en el lugar son una variante del segundo método y en vez de construir el depósito dentro de la excavación, al suelo se le da la forma del depósito de fermentación. A la construcción de estas unidades pone límite la clase de suelo.

Método 1 - Moldeado en el lugar

Primero, en el suelo duro se hace un foso circular poco profundo y en el fondo se hace una trinchera anular. Después se vierte hormigón en la trinchera para formar la pared exterior del digestor; esto es en efecto un cilindro de hormigón en el suelo.

La tierra que no se ha tocado dentro del anillo sirve como base para moldear la bóveda. Al suelo se le da la forma parabólica con ayuda de una cubierta de madera que a su vez se cubre de una estera de ramas de bambú sobre la que se apisona un relleno de tierra de 30 cm de espesor por lo menos. Finalmente se esparce una capa de arena delgada como agente separador para moldear la bóveda de hormigón (Figura 10).

La bóveda se moldea capa a capa hasta alcanzar el espesor necesario y, además, en bandas como se ve en la figura 13. Después de secarse, cuando la bóveda se ha endurecido, la tierra que queda debajo se excava por la abertura como se ve en la figura 10.

El fondo de la unidad se moldea dividiéndolo en bandas; la excavación se hace por orden numérico de bandas como se indica en la figura 14. Mientras se excava debajo del digestor se ponen ladrillos en diversos puntos de la circunferencia como soportes temporales de la pared. Cuando se completa la excavación el suelo se cubre de la mezcla de hormigón.

Método 2 - Excavación preliminar

Consiste en hacer primero un foso circular empleando un poste con una cuerda para determinar el radio (Figura 15).

A continuación se prepara el suelo en segmentos como en el método 1, seguido de la construcción de la pared y finalmente se moldea la bóveda en una estructura rellena de tierra que descansa en un apoyo de bambú de forma parabólica (Figura 16). El espacio fuera de la pared se rellena de tierra, capa por capa, alternándolo con el vertido de la pared.

Cuando en la construcción se emplean ladrillos, piedras, rocas, cemento prefabricado, etc., primero se hace la excavación general y después se construye el suelo y la mampostería. Si la bóveda es de ladrillo no se emplea una estructura parabólica. Los chinos emplean una manera muy sencilla de construir una bóveda de ladrillos utilizando dos cañas de bambú y una abrazadera. Las cañas mantienen la curvatura correcta de la bóveda y la abrazadera retiene los ladrillos mientras se ponen (Figura 17 y fotografías 21 y 22). La longitud de las cañas tiene que ser exacta y se calcula a partir de la altura y el diámetro del depósito de fermentación. El tamaño de la abrazadera es el suficiente para sujetar dos ladrillos a lo ancho.

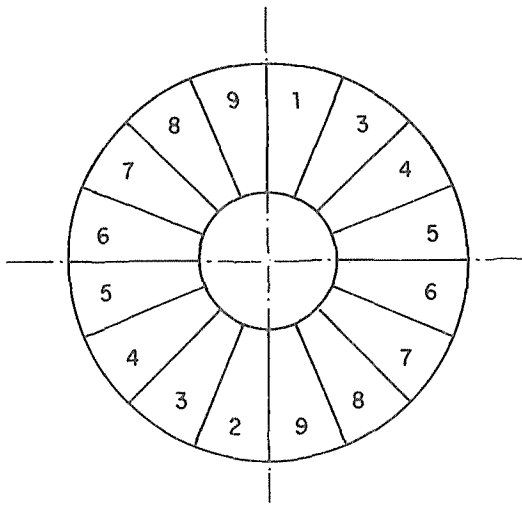


Figura 13. Moldeado de la bóveda de acuerdo con segmentos numerados.

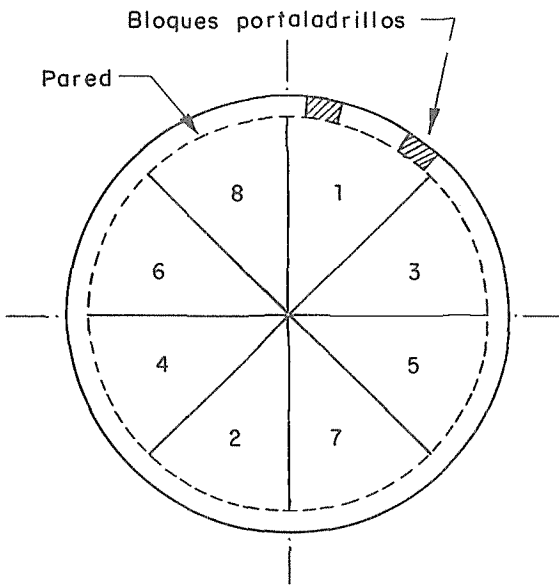
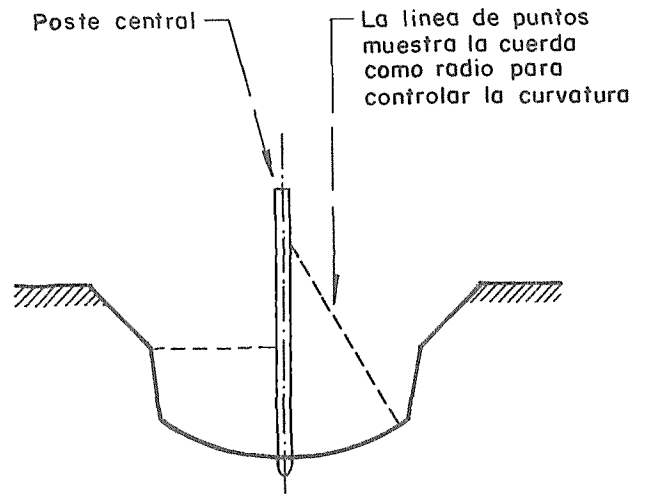


Figura 14. Excavación del fondo de acuerdo con segmentos numerados.

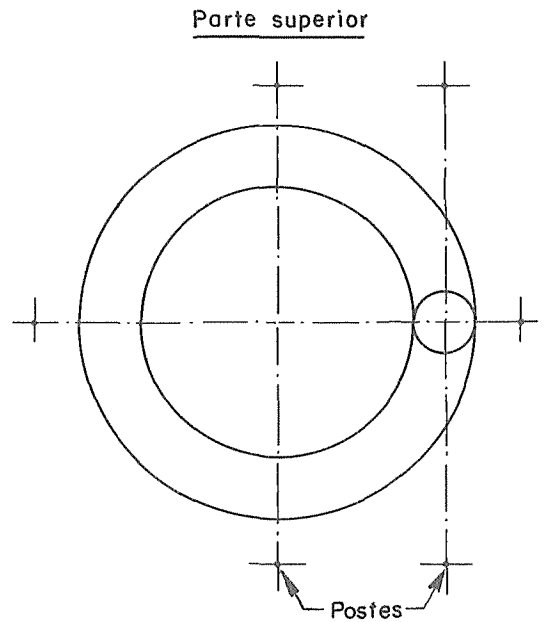


Figura 15. Empleo de un poste central con cuerda para la fijación inicial de la excavación de la unidad de biogas.

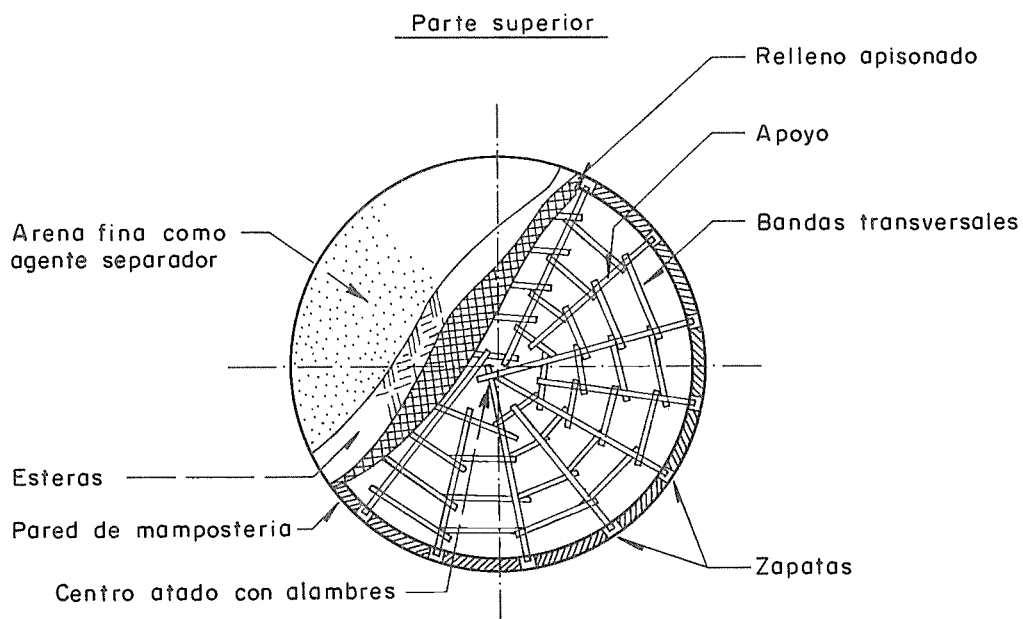
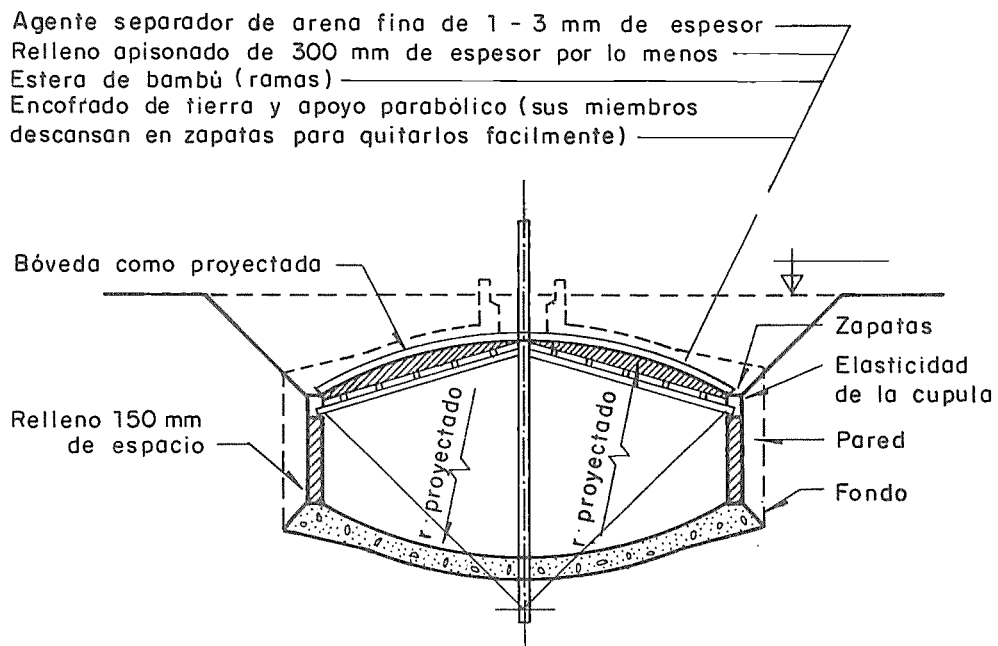


Figura 16. Excavación total con bóveda moldeada sobre un apoyo de bambú.

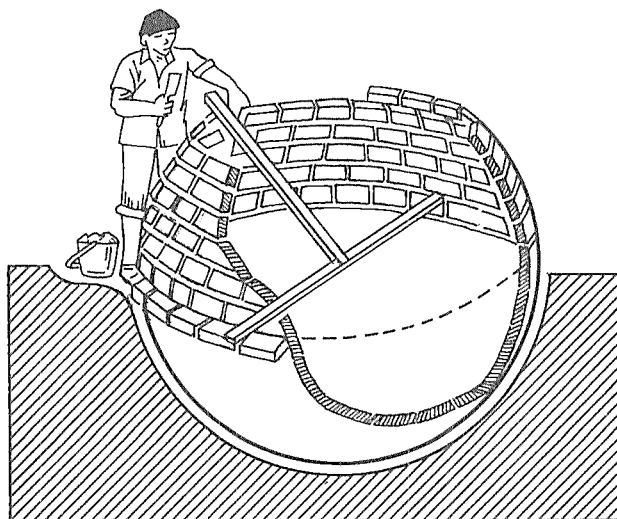


Figura 17. Método de construir una bóveda con ladrillos y empleando un poste para mantener la forma y el ángulo (véase la sección 2.2.6 y las fotografías 21 y 22).

Unidades de biogas excavadas

En la provincia de Sichuan se vieron dos variaciones de depósitos de fermentación excavados. Uno se había hecho en suelo primitivo (Figura 18) y el otro tenía una bóveda moldeada (Figura 11). Después de dar forma y apisonar el depósito de fermentación, se aplica enlucido directamente al suelo.

En todos los casos los tubos de entrada y de salida son de cemento y se ponen después de completar el depósito de digestión. En el punto donde el tubo de entrada atraviesa el arranque de la bóveda, se aumenta el espesor del cemento. La tapa se quita y se hace también de cemento y la abertura de la bóveda se refuerza con un anillo de cemento. En Wuxi, provincia de Jiangsu se dejaban espacios en el anillo en los que se insertaban ladrillos para retener la tapa en su sitio (Figura 12). Estos también se ven en las Fotografías 23 y 24.

Enlucido

Parte muy importante de la construcción es aplicar un buen enlucido a las paredes y la bóveda. El que no haya fugas de gas ni de agua depende de la buena calidad del enlucido. Los chinos prefieren un enlucido de varias capas con una final de lechada de cemento o una mezcla de cal y arena. Los procedimientos varían ligeramente en los distintos distritos, pero el aplicado en la comuna del pueblo "siempre verde" de Hangzhou es bastante típico. Se aplican tres capas de enlucido:

- la primera de cemento y arena (1 : 2,5) de 8 mm de espesor
- la segunda de cemento y cal (1 : 1) de 3 mm de espesor
- la tercera de cemento y cal (1 : 1) de 3 mm de espesor

Finalmente se aplica con una brocha una lechada de cemento puro o una capa muy delgada de enlucido hecho con cal y arena (1 : 1).

Antes de aplicar la tercera capa de enlucido se examina toda la superficie interior del depósito golpeándola con un palo. Si suena a hueco en algún lugar, se deshace y se aplica un enlucido más sólido. La unidad de biogas que se ve construir en las fotografías 21 y 22, aparece como en las fotografías 23 y 24 después del enlucido.

Los tubos de salida del gas, que son de metal, plástico o bambú, se ponen a través de la bóveda en el momento de la construcción.

En la comuna del pueblo "siempre verde" de Hangzhou se empleaba un procedimiento especial, posiblemente único, para construir las unidades de biogas domésticas. En primer lugar la unidad era esférica y no tenía depósito de fermentación de paredes rectas (Figura 19). Este tipo de construcción se debía a que la capa freática era demasiado alta para emplear los métodos usuales. El procedimiento se ve en la figura 20. En primer lugar, la mitad inferior de la esfera se hacía en el lugar, encima del suelo seco. A continuación la mitad superior o bóveda de la esfera se hacía de ladrillos y se enlucía, quedando la unidad de biogas parcialmente encima del nivel del suelo. Inmediatamente junto a la esfera se hacía una segunda excavación que se llenaba o se dejaba llenar de agua. La esfera se ponía a flote encima de la excavación y se hundía llenándola de agua. Una vez en su lugar, el agua se extraía por medio de bombas y la construcción se complementaba de la manera acostumbrada.

2.3 Funcionamiento y mantenimiento de unidades de biogas

2.3.1 Insumos

La cantidad de gas producido guarda relación directa con las materias primas que se empleen para la digestión. En China las materias primas empleadas para la producción de biogas doméstico son de dos clases:

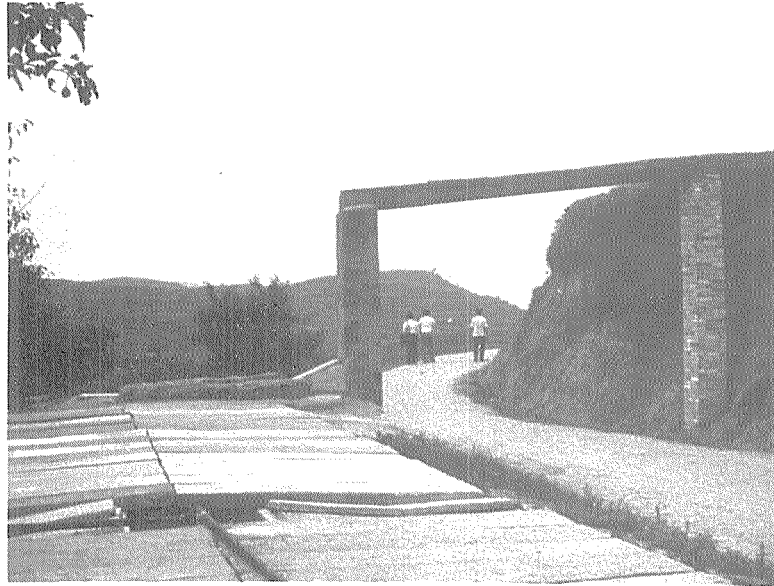
- i) origen del carbono: hojas, hierbas, desechos agrícolas
- ii) origen de nitrógeno: desechos humanos y animales.

Para las unidades de biogas mayores también se emplean basuras urbanas y descargas de las fábricas.

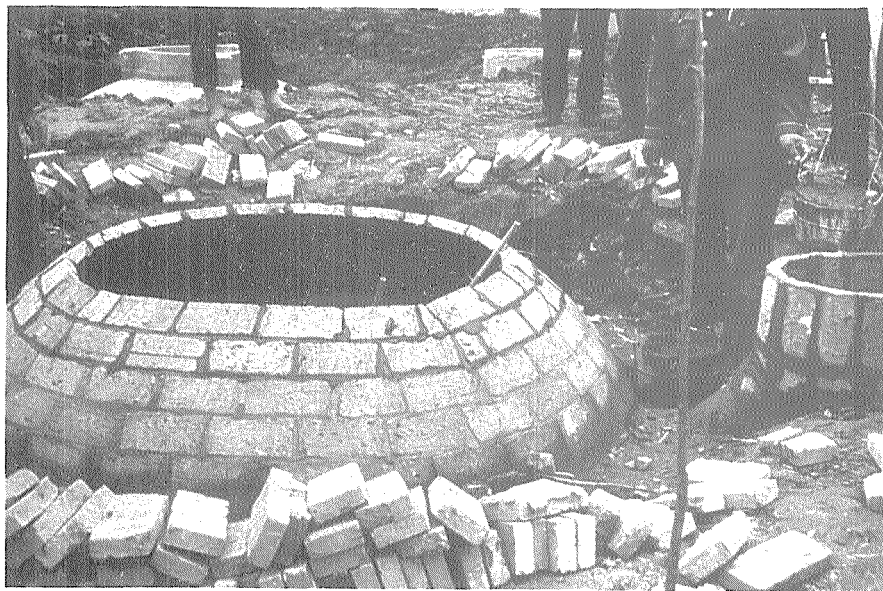
Según la disponibilidad, las materias primas se combinan de distintas maneras. La mezcla mas común es de 40-50% de aguas negras y excrementos de animales (principalmente cerdos), 10-15% de hierbas y residuos agrícolas y el resto agua. Esta mezcla en ocasiones tiene solo un 10% de aguas negras y el resto son deyecciones animales, pero algunas veces tiene 20 y aun 30% de aguas negras. La proporción carbono-nitrógeno varía entre 1 : 15 y 1 : 25 y la de sólidos a líquidos es 1 : 15 a 1 : 20. Si se anade más agua la producción de gas disminuye debido a la menor absorción de nutrientes por las bacterias de metano.

2.3.2 Carga

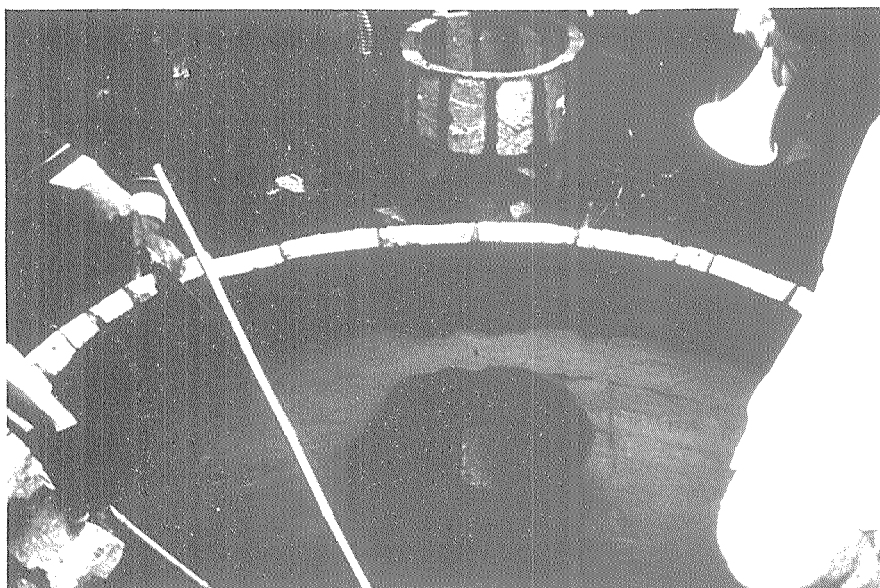
Como se ha mencionado anteriormente (sección 2.2.4), las unidades de biogas domésticas chinas son de carga discontinua, es decir: algunos si no todos los ingredientes se mezclan en cantidades suficientes para llenar la unidad de una vez. En casi todos los casos las materias de carbono se cargan discontinuamente mientras que las de nitrógeno se anaden a diario poco a poco, aunque en ocasiones el material aportador de carbono se mezcla a general con deyecciones animales antes de la carga, pero aun así, las aguas negras y más deyecciones animales se adicionan a diario.



Fotografía 20. "Acueducto" de hormigón para el transporte de las deyecciones del ganado a los grandes digestores de biogas debajo de las tapas de hormigón (Huerto estatal, condado de Tehyang, provincia de Sichuan).



Fotografía 21. Construcción de la bóveda de una unidad de biogas con ladrillos y empleando canas de bambú para mantener la forma y ángulo correctos. Obsérvese el clavo que atraviesa la cana para sustentar el ladrillo mientras se aplica el cemento y, en la parte superior de la derecha, las abrazaderas de alambre que sujetan temporalmente los ladrillos recién puestos. La salida de la unidad está en la extrema derecha (comuna del pueblo siempre verde, Hangzhou).



Fotografía 22. El ladrillo que se está poniendo descansa en el clavo que atraviesa la caña. Obsérvese la cámara de entrada conectada con el interior del depósito.



Fotografía 23. La unidad de biogas que se ve en construcción en las fotografías 21 y 22 después de su enlucido inicial. La salida está en el plano anterior y la entrada en el posterior.

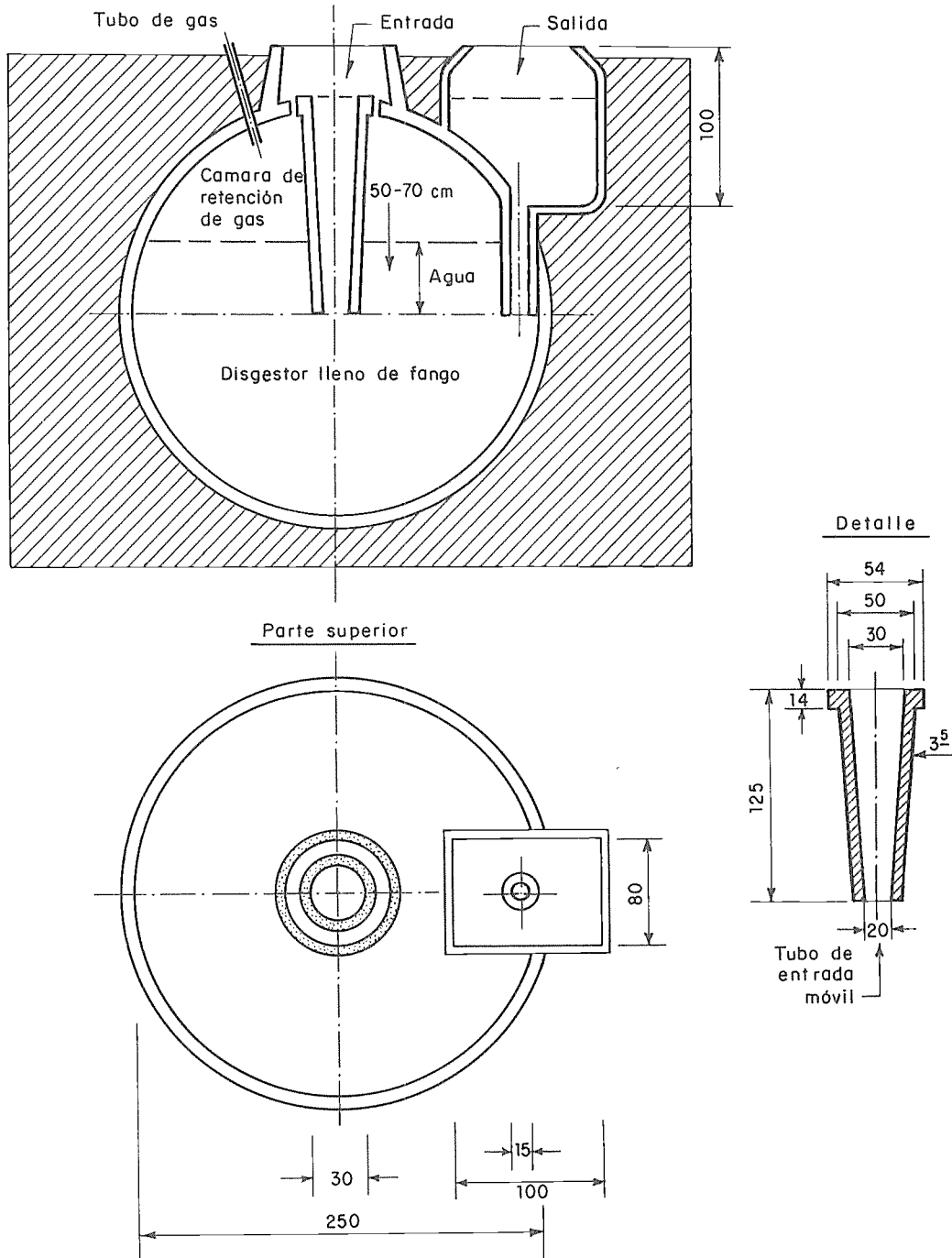


Figura 19. Plano de una unidad de biogas esférica (Comuna del pueblo "siempre verde", Hangzhou).

Con frecuencia la carga a granel depende de las circunstancias, pero generalmente se hace de dos a cuatro veces al año. En la comuna del pueblo de Liang Chu (Hangzhou, provincia de Zhejiang) se ponen 1300 kg de paja en el digestor tres veces al año; en la comuna de Pin Niu los digestores se cargan cada cuatro a seis meses.

Las materias aportadoras de nitrógeno, como lavados de letrinas y cuadras, se adicionan a diario. No hay que tomar medidas especiales excepto conectar los tubos de entrada del digestor. En el caso de tres en uno (sección 2.2.3), por ejemplo, todos los días llega una cantidad de excremento al digestor, de manera que una cantidad equivalente de materia digerida pasa a la cámara de salida. Esto facilita la carga, impide la pérdida de calor y mejora las condiciones sanitarias.

En algunas partes de China (por ejemplo, el grupo de producción de la séptima brigada de producción de la comuna del pueblo de Yunghsing, condado de Nianyang) la materia que aporta carbono, como paja y hierba, se mezcla con efluentes de biogas antes de cargarla en el digestor. El período de compostado dura de diez días a varias semanas y produce gas inmediatamente después de la carga. En tales casos, el pH se ajusta adicionando cal o cenizas.

Por lo menos en una comuna (Hangzhou) las unidades de biogas domésticas se cargaban con materias de carbono aportadas personalmente y deyecciones humanas, pero con la comuna aportando las de animales, debido a que las familias no tenían animales por lo que las deyecciones de los cerdos se transportaban a diario de las granjas de la comuna.

2.3.3 Mezclado interno

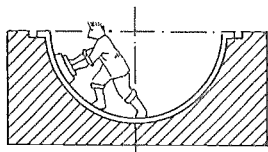
El objeto de agitar las materias orgánicas en fermentación en una unidad de biogas es deshacer la espuma que se forma en la superficie y mezclar los fangos que se depositan en el fondo. Esto estimula la actividad bacteriana (sección 2.1.1) y da por resultado una mayor producción de gas. El grupo de estudio no vió ninguna unidad doméstica que dispusiera de medios de agitar el contenido. Se sabe que la agitación aumenta la producción de gas, pero los chinos afirman que en unidades tan pequeñas la adición diaria de materia prima crea la agitación necesaria. En la estación estatal de cría de cerdos cerca de Hangzhou, se presentó la oportunidad de ver un mecanismo de agitación movido a mano, incorporado experimentalmente en una unidad de biogas grande (50 m³) (Fotografía 25).

2.3.4 Vaciado

La adición diaria de basuras de letrinas y cuadras dá por resultado la descarga de efluente descompuesto en la cámara de salida. El efluente se saca con cubos de madera y se usa en los campos o se utilizan canaletas de poca altura. En una ocasión el grupo vió una bomba sencilla de construcción casera para vaciar la cámara de salida. La bomba (fotografía 26) consistía tan solo en un tubo de polietileno de unos 6 cm de diámetro con un buzo de cuero y un tubo de descarga de 3 cm de diámetro.

En las grandes unidades de biogas la cámara de salida se vacía con bombas accionadas por electricidad o biogas (fotografía 27) y el efluente de la descarga se rocía directamente en los campos (fotografía 28).

La cámara de digestión de una unidad de biogas se vacía de fangos antes de cada carga periódica con materia prima fresca. Esto se hace a mano y la frecuencia del vaciado es de dos o tres veces al año, según el sistema de carga. En realidad la cámara de digestión no se vacía completamente, sino que se deja del 20 al 25% de los fangos para que activen bacteriamente la materia que se va anadiendo.



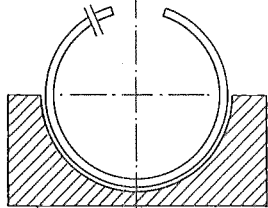
1 excavar la mitad del esferoide

mitad inferior de la esfera, 1:2:4 cemento, arena, grava; la grava es de 10-15 mm ϕ ; espesor del hormigón 4 mm



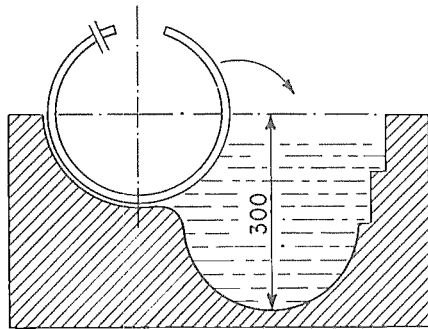
2 poner el hormigón

la parte superior de la esfera es de ladrillo, con una capa de cemento y arena (véase fig.17). De no emplearse ladrillos: 1:2:5 de cemento; enlucido de arena de 8-10 mm de espesor exterior



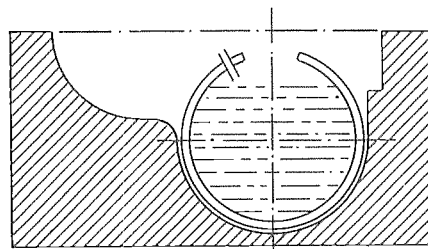
3 construcción de la mitad superior del esferoide

dentro, cubrir tres veces de: primero, 1:2,5 de cemento+arena, 8 mm de espesor segundo, 1:1 de cemento+ cal, 3 mm de espesor tercero, enlucido de 3 mm de espesor



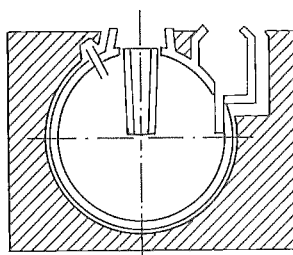
4

excavar otro foso profundo, llenarlo de agua, poner a flote el esferoide en la posición correcta



5

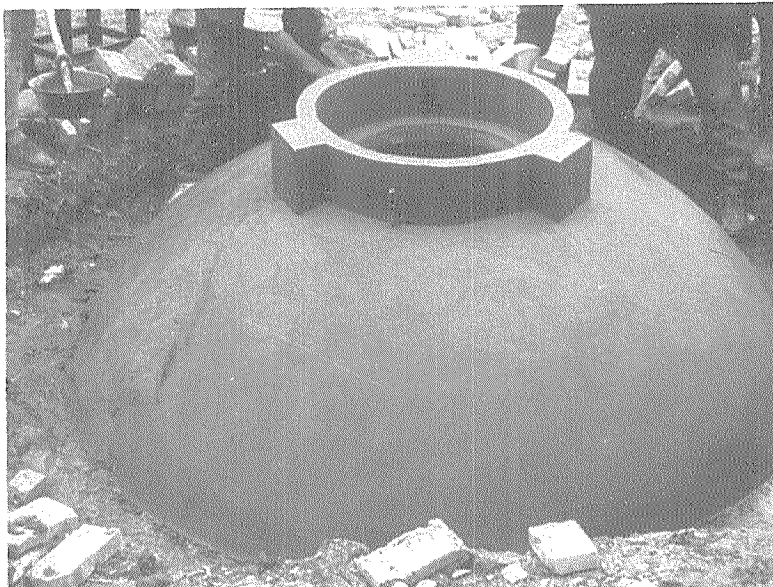
llenar el esferoide de agua; cuando está en posición vaciar el esferoide y el foso



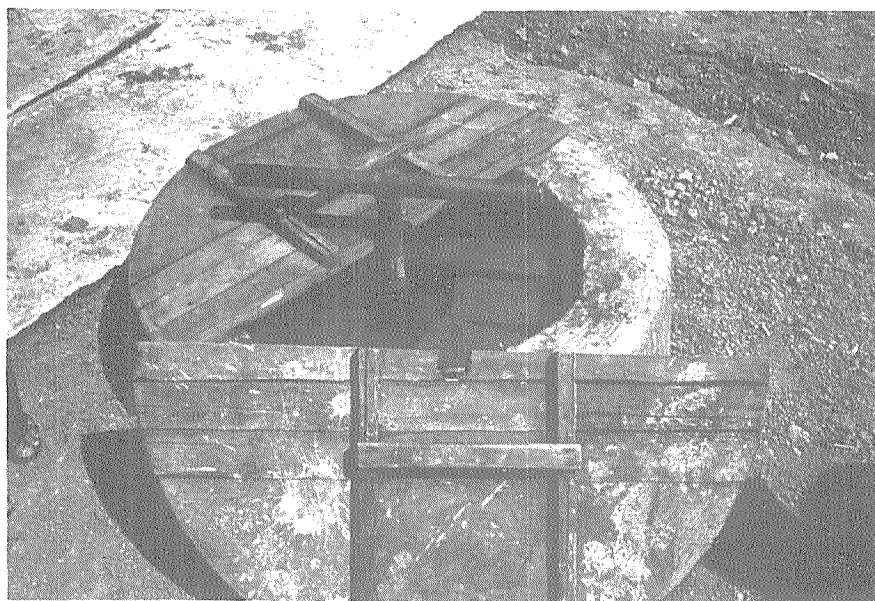
6

instalar el tubo de entrada y la cámara de salida

Figura 20.
Manera de construir el digestor de biogas esférico en lugares con un nivel freático alto (Comuna del pueblo "siempre verde", Hangzhou).



Fotografía 24. La bóveda de la unidad de biogas de la Fotografía 23 completamente terminada en espera de la tapa del registro. Obsérvese el anillo de refuerzo en la parte superior, dotado de ranuras para los ladrillos que sujetan la tapa. El tubo de salida de gas se puede ver inmediatamente delante del anillo.



Fotografía 25. Manivela del mecanismo de agitación que pasa por el centro de una gran unidad de biogas en la granja de cría de cerdos cerca de Hangzhou.



Fotografía 26. Bomba de mano de manufactura doméstica para vaciar la cámara de salida de una unidad de biogas. El efluente bombeado pasa de la bifurcación en forma de barril a una canaleta que lo conducirá a una huerta.



Fotografía 27. Una bomba accionada a gas extrae el efluente de una gran unidad de biogas para rociarlo directamente en los campos (Comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu).

2.3.5 Mantenimiento

Como el modelo chino de digestor de biogas está casi por completo bajo tierra y no tiene piezas móviles, el mantenimiento normal es casi insignificante. Cada vez que se vacía la unidad se comprueban el enlucido y las uniones antes de llenarla de nuevo y, según los materiales que se empleen, puede ser necesario renovar el tubo de salida de gas.

2.3.6 Medidas de precaución

- i) Presión. Independientemente de las dimensiones de la unidad de biogas, como medida de seguridad se instala un manómetro, que consiste en dos tubos de vidrio de 1 m de longitud y 1 cm de diámetro cada uno, conectados por un tubo de caucho en forma de U. Contienen agua coloreada. Un extremo del manómetro se conecta al suministro de gas con una junta en T y el otro se deja abierto o conectado a una jarra invertida a través de un tapón de caucho con dos agujeros (figura 21).

El manómetro indica si hay pérdidas de gas y la cantidad de éste en la unidad. Además protege la estructura de presiones excesivas. Cuando aumenta mucho la presión del gas, el agua pasa a la jarra por el tubo C y si queda aun gas, saldrá por el tubo D. La presión baja en el depósito automáticamente. Cuando disminuye la presión dentro del depósito, el agua de la botella regresa al manómetro.

- ii) Toxicidad y explosión

Como el biogas es combustible hay que tomar medidas de seguridad e impedir la entrada en el depósito con llamas desnudas; además, el metano es explosivo si se mezcla con aire en la proporción de 5% a 15% en volumen. Una concentración de 30% basta para anestesiar a una persona, mientras que si es de 70% puede asfixiar. Por tanto, el depósito se tiene que ventilar muy bien antes de entrar en él para limpiarlo, mantenerlo, etc. Un procedimiento usado por los chinos consiste en respirar por un tubo cuyo extremo queda fuera del depósito. Antes de entrar en las grandes unidades de biogas en la estación de cría de cerdos de Hangzhou se mete un pollo vivo para comprobar que la atmósfera no es tóxica. La figura 22 muestra las precauciones que se toman en China antes de entrar en un depósito de biogas.

2.3.7 Control de las enfermedades

La aplicación de basuras brutas, aguas negras e incluso deyecciones animales a los suelos agrícolas plantea problemas de difusión de enfermedades. La digestión de los excrementos en el depósito de biogas reduce considerablemente este peligro para la salud al destruir los agentes patógenos, bacterias, etc., causantes de enfermedades.

En China se ha investigado extensamente la eficacia del tratamiento en instalaciones de biogas desde el punto de vista sanitario. Algunos de los resultados de las investigaciones de un año de duración se resumen a continuación:

- La comparación del líquido fecal introducido en las unidades de biogas con los efluentes demostró que el total de huevos de parásitos disminuyó en 93%, el número medio de lombrices intestinales en 99%, desapareció la esquistosomiasis y fue elevado el número de huevos de ascáridos muertos.
- Los huevos de parásitos pueden sobrevivir en una instalación de biogas 14 días en otoño y 37 en invierno.
- El 90% de los huevos de lombrices intestinales murió en menos de 30 días en invierno y el 99% de los huevos de filariasis durante el mismo período en verano.

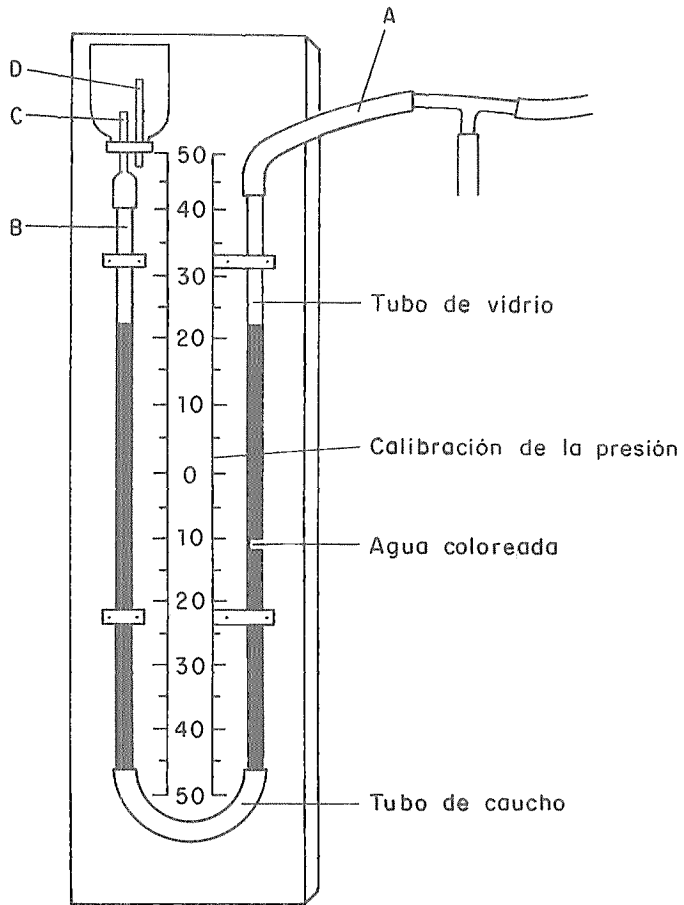


Figura 21. Manómetro de seguridad para el biogas.

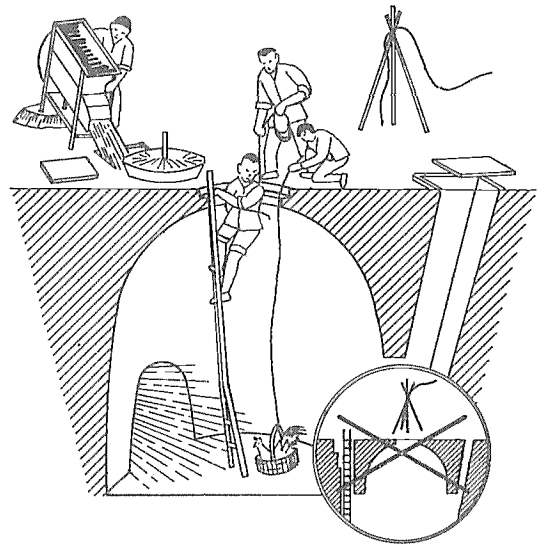
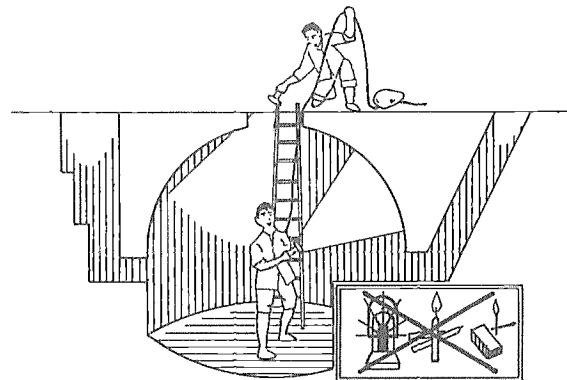


Figura 22. Lo que se tiene que hacer y no se tiene que hacer al entrar en una unidad de biogas.



- Los experimentos sobre viabilidad de las bacterias demostraron que se redujo el índice de E. coli, que el bacilo shigella y las espiroquetas, que son bacterias aerobias, murieron en dos días, pero que eran necesarios 44 días de digestión para destruir el bacilo paratifoideo B.

La dilución del material de entrada con agua da por resultado que las lombrices y los huevos se depositen en el fondo. La forma básica de las unidades de biogas chinas, en las cuales el tubo de descarga está a mitad de la altura del depósito, asegura que los parásitos no se descargan hasta que ha transcurrido tiempo suficiente para su destrucción. En general, todos los huevos de parásitos que se depositan con los fangos están muertos cuando se limpia el depósito.

2.4 Uso del biogas

2.4.1 Uso doméstico

El gas producido en unidades domésticas separadas se usa en la casa para cocinar e iluminación. El gas va a la casa por tubos de plástico o metal, generalmente esterrados. Una vez dentro de la cocina el gas pasa por un manómetro de seguridad (2.3.6 (i)) a los diversos utensilios. Cada casa o grupo de casas tiene sus propios dispositivos para observar los tubos de gas y regular el paso. Algunos de estos dispositivos eran bastante refinados y empleaban tubos de distintos colores según los usos del gas y llaves de plástico o metal (fotografía 29). En el otro extremo un solo tubo va a los quemadores y lámparas empleando dispositivos en T. El paso de gas se regula mediante una presilla grande de papel a modo de mordaza.

Cocinado

Los chinos han ideado varios quemadores de biogas, todos los cuales son sencillos y pueden hacerse localmente. Los quemadores son de arcilla y, a veces, de metal, según los materiales de que se disponga (figuras 23 y 24 y fotografía 30). Cada comuna e incluso cada grupo de producción, proyecta sus propios dispositivos y quemadores de los que se vieron varias clases y tamaños. Los dispositivos se mejoran constantemente y se distribuyen entre los usuarios para conocer sus opiniones antes de fabricarlos en gran cantidad.

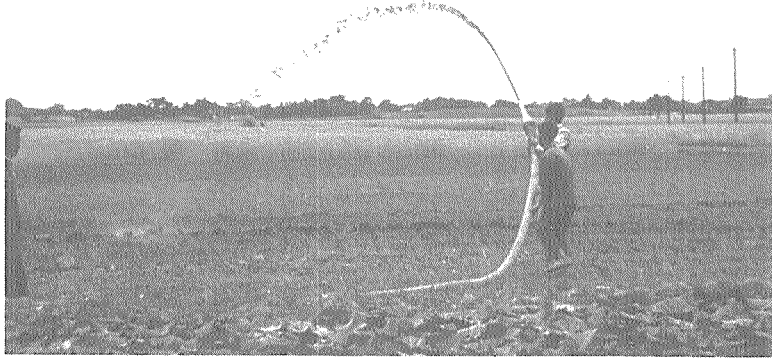
Las partes básicas de un quemador son una boquilla, una entrada de aire y una cámara de mezcla. La boquilla es un tubo de vidrio, metal, plástico o bambú (figura 23 y fotografía 31). El diámetro de la boquilla va de 0,5 a 0,8 mm. Moviendo la boquilla en el quemador se obtiene una mezcla conveniente de aire y gas en la cámara de mezcla antes de que pase al punto de quema. Los dispositivos se hacen para una mezcla de aire y gas de 1:8 a 1:10.

Los quemadores se ponen siempre dentro de un hogar profundo para obtener el calor máximo (fotografía 32). Todos los quemadores vistos por el grupo funcionaban bien mientras la vasija estuviera en su lugar, pero cuando se levantaba, el gas se apagaba.

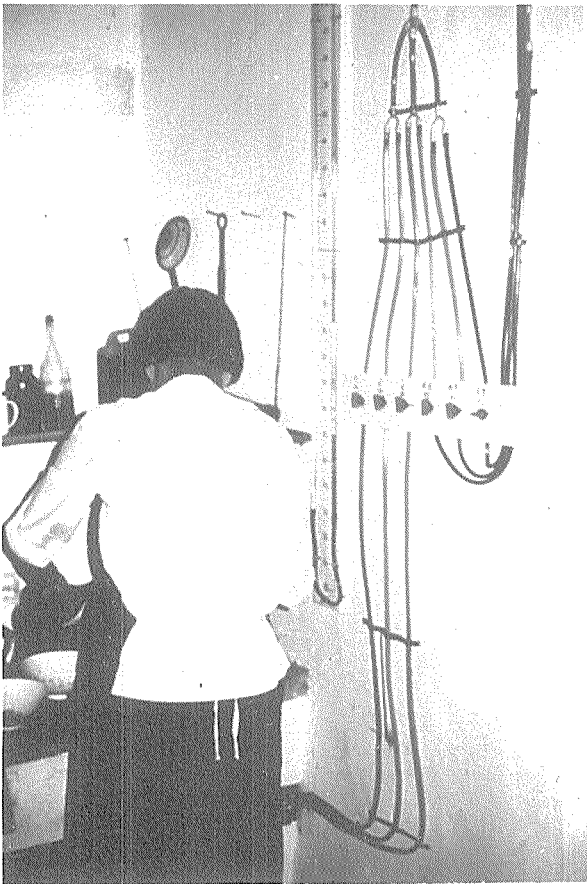
Iluminación

También en este caso las lámparas eran sencillas y hechas en el lugar con los materiales disponibles. En cuanto a los quemadores, las lámparas tienen boquilla, cámara de mezcla y entrada de aire, más un tubo venturi para poner la camisa. Las lámparas son de techo (suspendidas, figura 25) o de pie (figura 26) y las camisas se hacen de fibra de ramie revestida de nitrato de torio. El biogas ilumina aproximadamente lo mismo que una bombilla de 60 vatios.

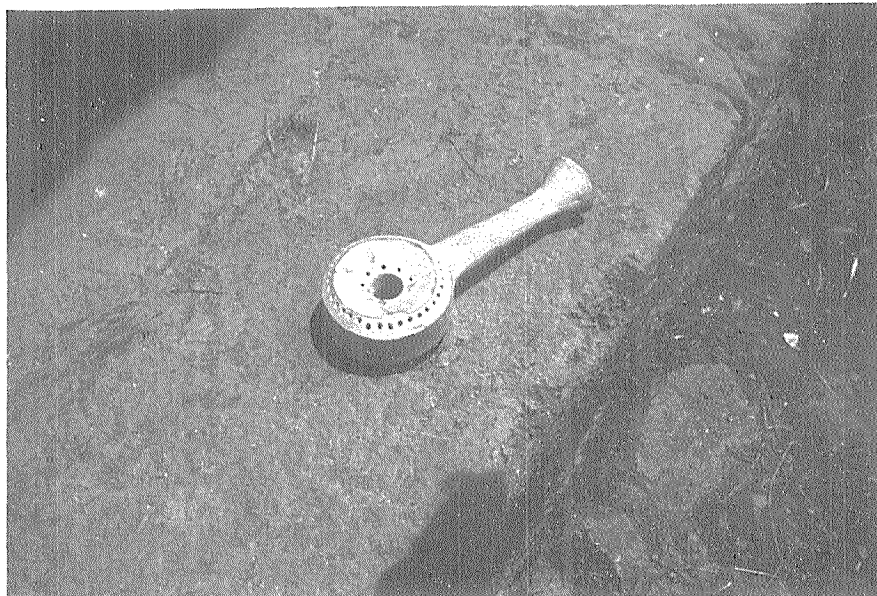
En la comuna del pueblo de Hsin Chao, provincia de Sichuan, los habitantes se las habían ingeniado para instalar dispositivos de encendido automático en los quemadores y cocinas. En el caso de las lámparas de techo, se había sujetado un encendedor de pedernal a un tubo secundario de gas regulado por una llave (figura 27) y situado inmediatamente



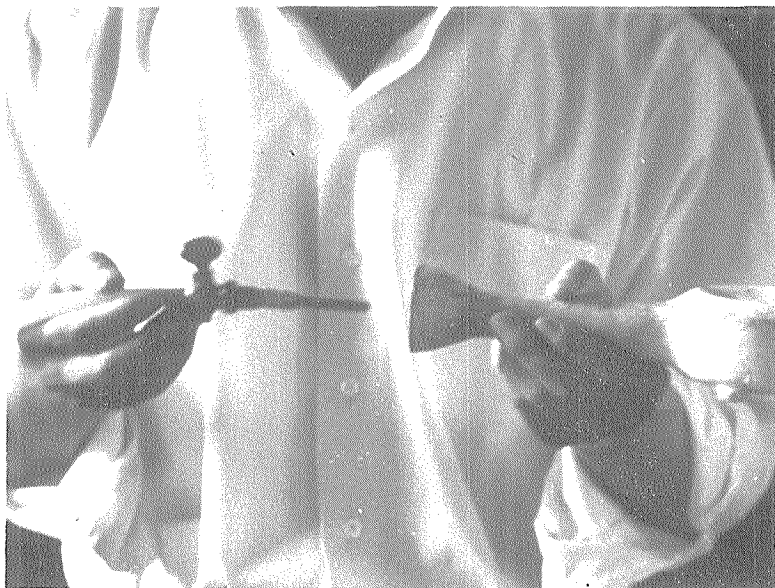
Fotografía 28. El efluente (véase fotografía 27) se distribuye como fertilizante en el campo del agricultor.



Fotografía 29. Dentro de una cocina china se muestra el ordenado arreglo de los tubos de gas. Cada tubo es de un color diferente dependiendo del uso final del gas y todos los tubos están conectados a un manómetro de seguridad que está situado a la izquierda. Una serie de llaves de plástico controla el flujo del gas (provincia de Sichuan).



Fotografía 30. Un quemador de biogas hecho localmente de arcilla (Comuna popular de Anshi, provincia de Zhejiang).



Fotografía 31. Muestra de una boquilla que se acopla en el quemador de biogas de arcilla de la fotografía nº 30.

debajo de la camisa. El mecanismo funcionaba tirando de una cuerda y cuando el gas estaba encendido cerrando el suministro de gas secundario. En los quemadores se ponía un encendedor de pedernal que los encendía directamente.

En la comuna del pueblo de Shu Ching, Shanghai, una unidad de biogas grande facilitaba gas para cocinar todas las comidas en una cocina comunal central.

2.4.2 Uso agrícola

En la agricultura china el gas se usa principalmente para accionar las bombas de riego. En diversos lugares el grupo vio campos regados por rociadores a los que bombeaba agua un motor accionado por biogas (fotografías 33 y 34).

En la huerta estatal del condado de Tehang, provincia de Sichuan, se observó el uso indirecto del biogas en el riego. Los motores de biogas elevaban agua a un gran depósito situado en la cima de una colina desde el cual se rociaban los campos con agua alimentada por gravedad.

Otro uso agrícola del biogas consiste en bombear el efluente de la unidad después de la digestión y rociándolo directamente como abono (fotografías 27 y 28).

Las grandes cantidades de biogas necesarias para accionar bombas de riego no se encuentran en las unidades domésticas pequeñas y se producen comunalmente en unidades mayores.

2.4.3 Otros usos del biogas

El uso más común e importante del biogas es para generar electricidad que se emplea en las casas, la agricultura y la industria.

No hay motores de biogas propiamente dichos de fabricación china, pero cualquier motor de combustión interna puede adaptarse para que funcione con biogas. El grupo vio en repetidas ocasiones motores de gasolina, kerosene y diesel oil modificados para funcionar con biogas. Es necesario substituir el inyector de combustible por uno que introduzca el gas, teniendo cuidado de hacer los ajustes necesarios para que entre la mezcla correcta de gas y aire.

En la ciudad de Fushan, cerca de Gaungzhou, la municipalidad transforma el gas en electricidad empleando dos motores, uno de 120 hp que anteriormente funcionaba con kerosene y el otro de 80 hp que utilizaba diesel oil. Ambos se modificaron para emplear una mezcla de gas y aire de 1:7. Normalmente basta un m³ de biogas (con 70% de metano) para accionar un motor durante dos horas o generar 1 kW de electricidad. Durante el verano se produce gas suficiente (de las basuras de la ciudad de Fushan) para generar 630 kW de electricidad (solo la mitad en invierno) que se alimenta a la red principal de electricidad.

En la estación de cría de cerdos de Hangzhou se ha adaptado un motor diesel de 12 hp para producir 8 kW de electricidad, que es suficiente para 100 personas. Los motores modificados no funcionan siempre por completo con biogas; por ejemplo, mediante un sistema de goteo se alimenta 0,0004 kg s⁻¹ (1,6 kg por hora) de diesel oil.

Otros usos directos del gas son para el accionamiento de establecimientos pequeños de elaboración de cereales, tallarines y té, una fábrica de tuercas y tornillos y una destilería (fotografía 36) en la que el biogas no sólo calentaba el alambique sino también los tamices metálicos que calentaban las cámaras de fermentación del grano.

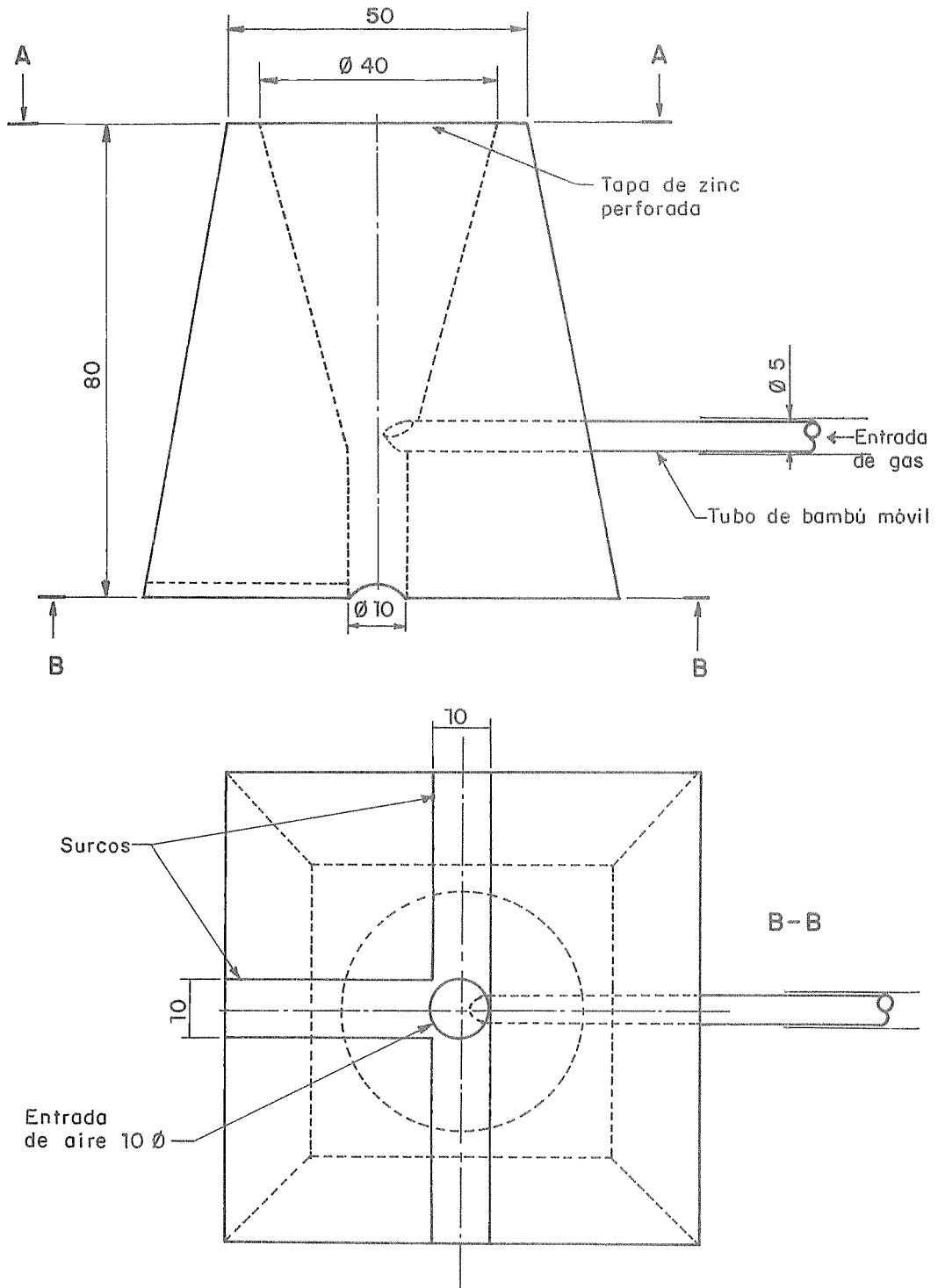


Figura 23. Detalles de un quemador de biogas sencillo, de construcción casera.

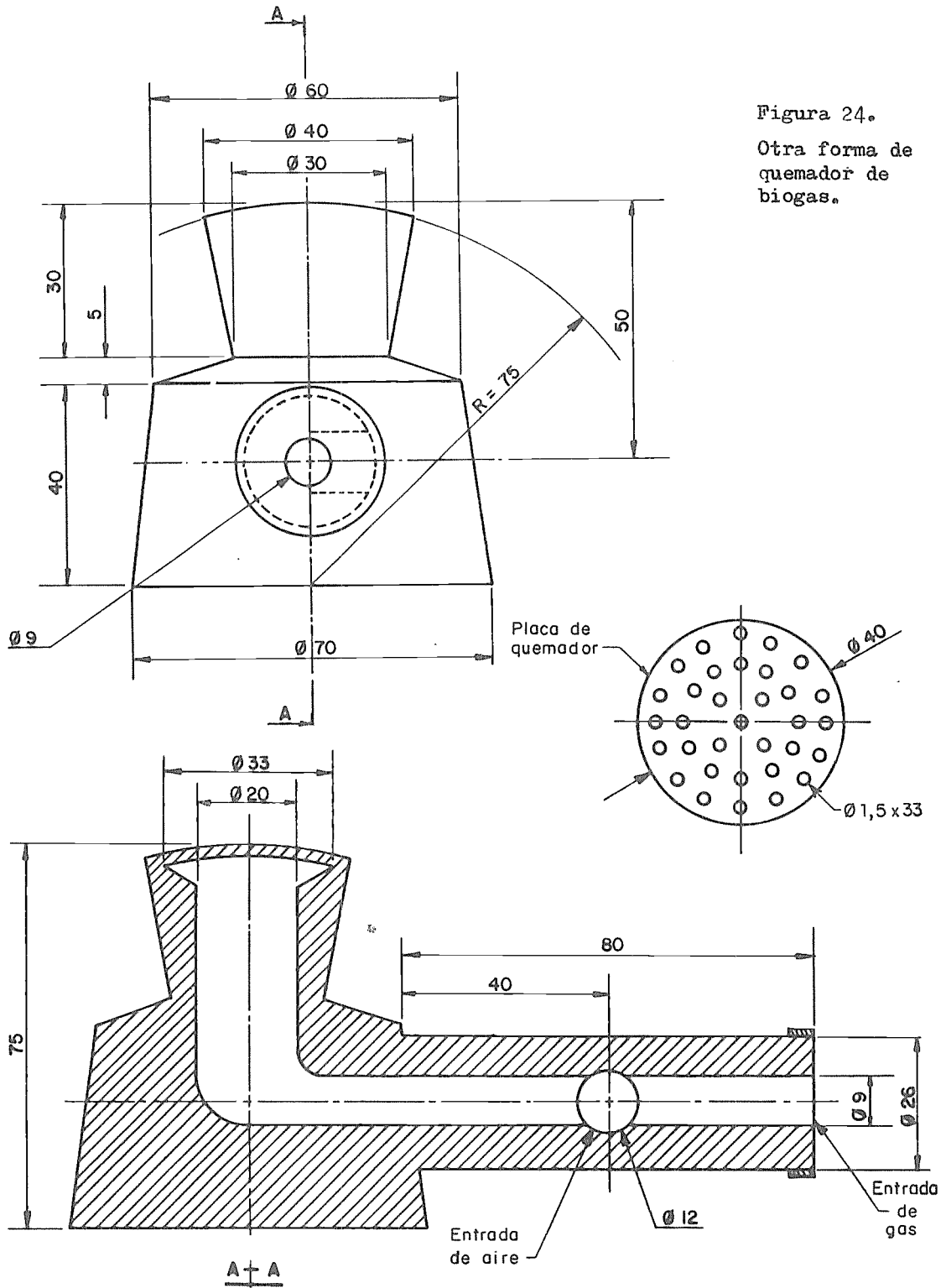


Figura 24.
Otra forma de quemador de biogas.

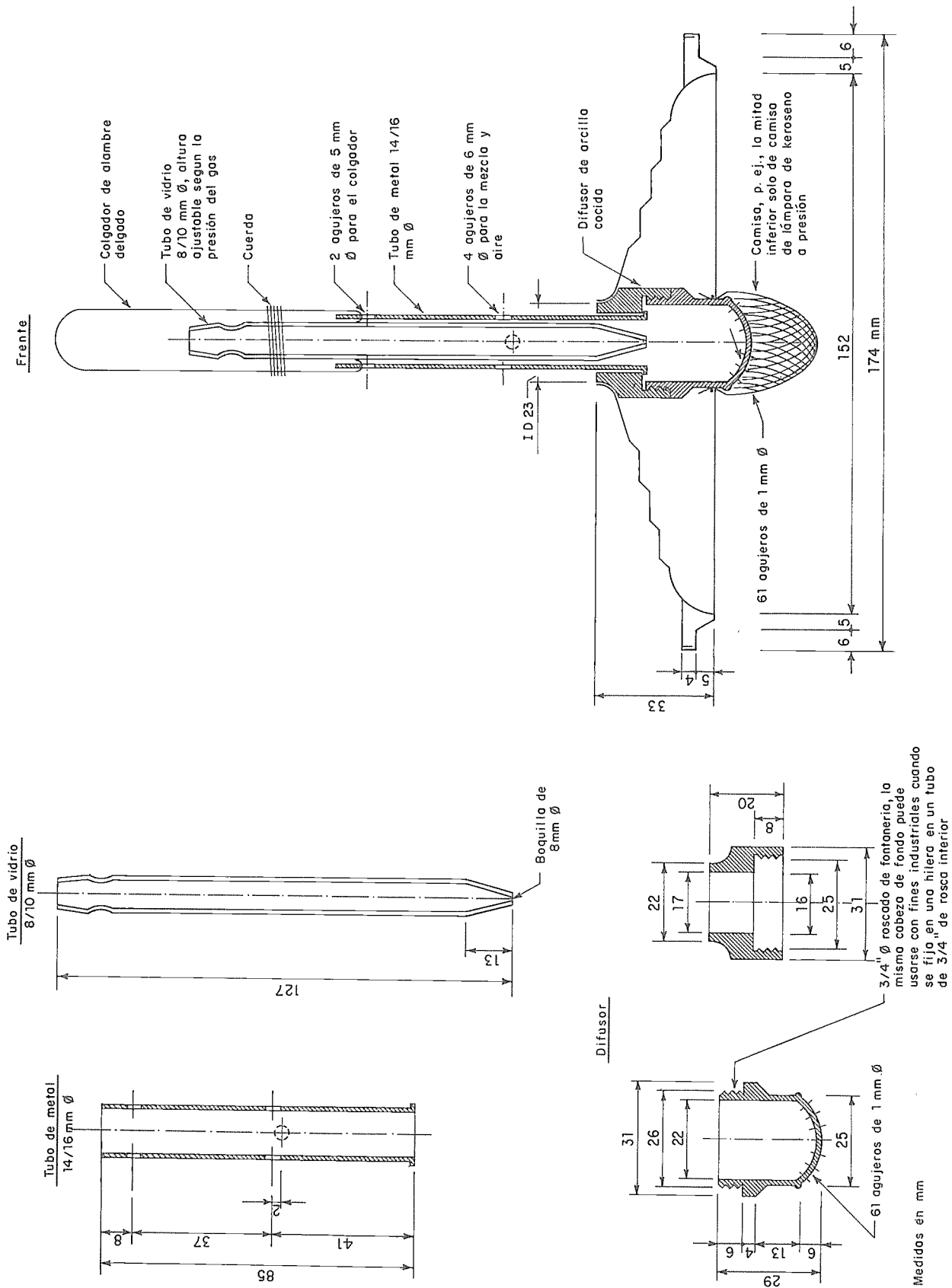


Figura 25. Detalles de la construcción de una lámpara de biogas (modelo colgante).

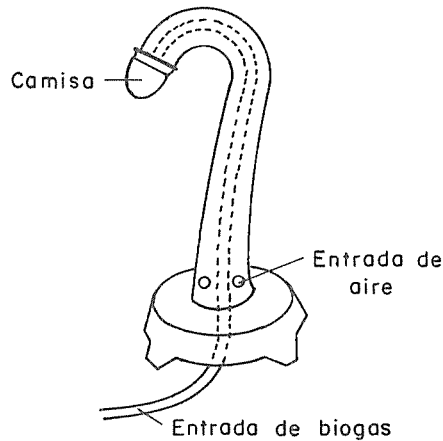


Figura 26.
Modelo de pie de lámpara de biogas.

2.5 Uso agrícola de los efluentes

En casi todos los demás países la instalación de biogas se considera como proveedora de combustible para obtener energía, pero para los chinos es más importante como fuente de abono orgánico. En más de una ocasión se dijo que las unidades de biogas eran "mini fábricas de abonos". Se cree que ésta puede ser la razón de que los chinos no den demasiada importancia al rendimiento de los dispositivos accionados por gas.

2.5.1 Abonado de los cultivos

El efluente de una instalación de biogas es de dos clases debido a la naturaleza de la materia prima que se emplee. Una es una especie de lechada que se extrae a diario de la cámara de salida y la otra es un fango que se deposita en el fondo y que solo se obtiene cuando se vacía el depósito periódicamente.

Ambas clases son excelentes nutrientes de las plantas y acondicionadoras del suelo. El efluente se emplea como abono superficial de los campos y se aplica a mano o se rocía directamente en el caso de la lechada (fotografía 28).

Algunas veces el efluente se aplica directamente a los campos sin más tratamiento o se enriquece primero con amoníaco líquido o una fuente de fósforo o se hace un composte en un foso con paja y sedimentos.

Las cifras dadas en la ciudad de Mianyang, provincia de Sichuan, respecto al aumento de los nutrientes en el efluente con relación a los insumos, fueron de 14% de nitrógeno total y 19,3% de fósforo total. Estos datos se obtuvieron comparando los resultados de la digestión de biogas con los del composte aerobio en un período de 30 días.

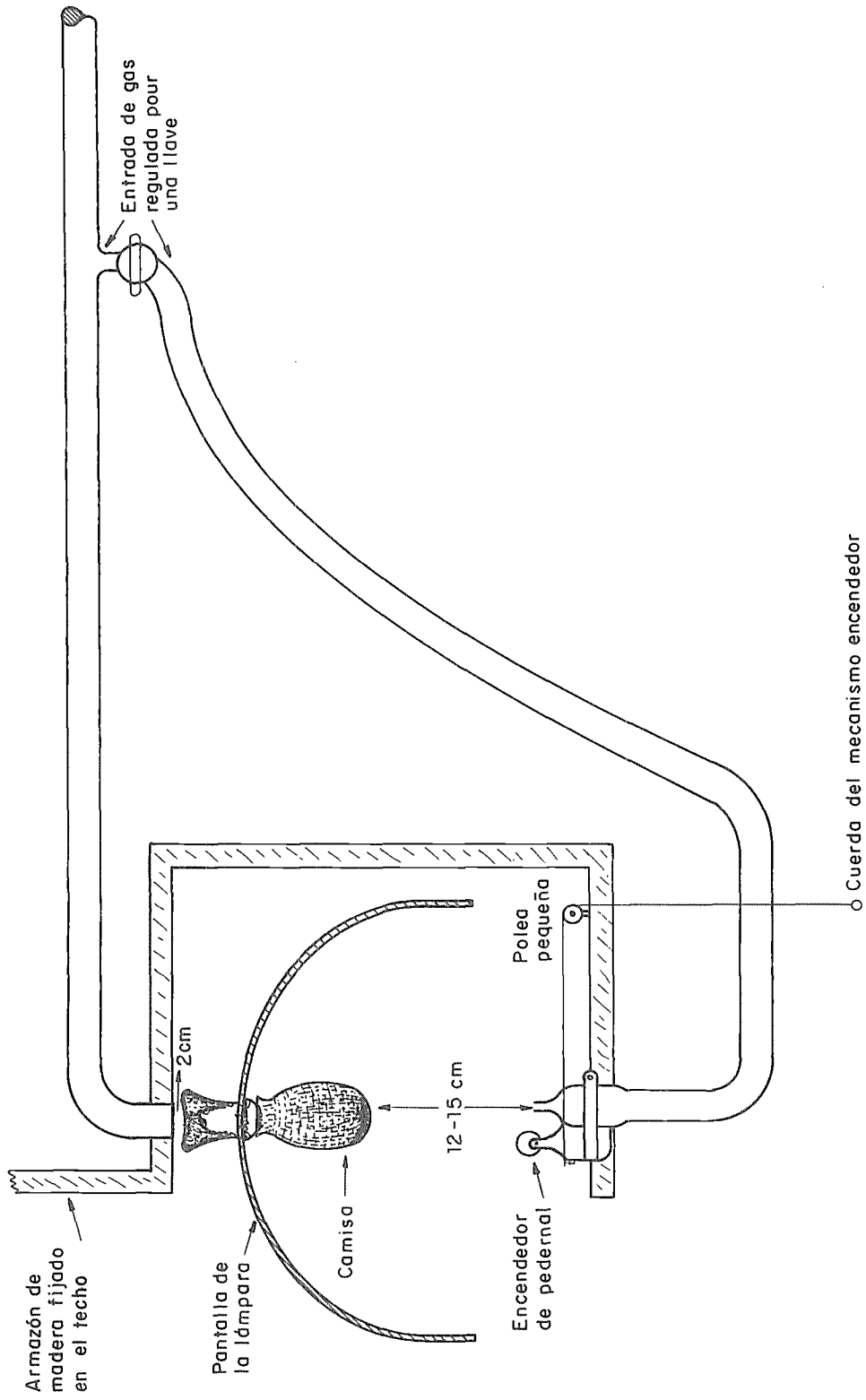
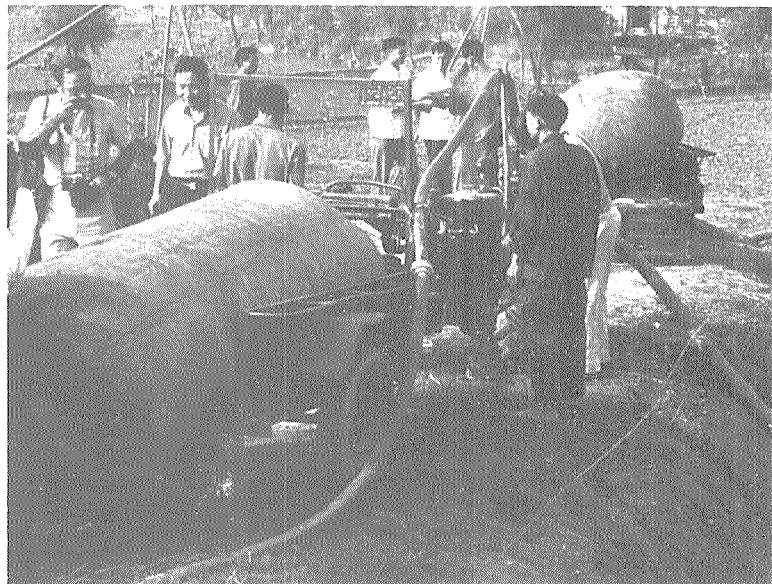


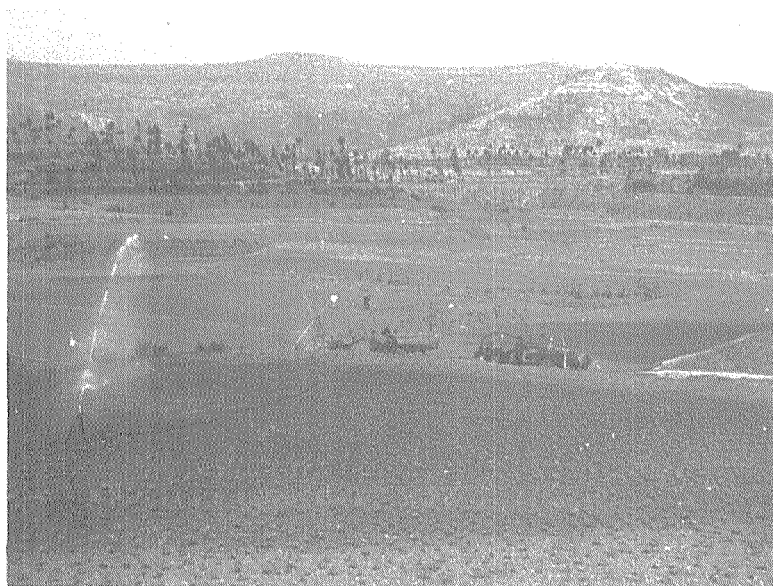
Figura 27. Encendedor de pedernal de lámparas de biogas (Comuna del pueblo de Hsin Chao, provincia de Sichuan).



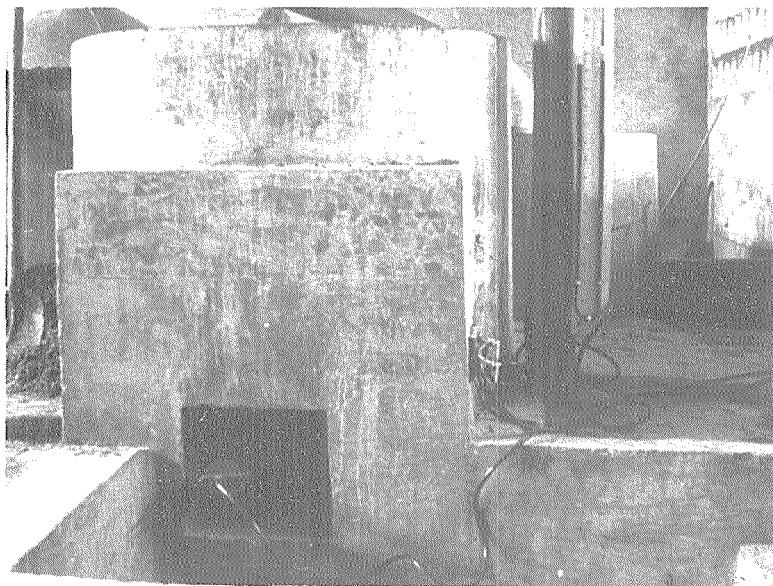
Fotografía 32. Cocina china con los quemadores de biogas en hogares profundos para obtener el máximo rendimiento.



Fotografía 33. El biogas almacenado en recipientes de plástico se emplea para accionar las bombas de riego (Mianyang, provincia de Sichuan).



Fotografía 34. Rociadores de riego accionados por biogas como se detalla en la fotografía 33.



Fotografía 35. Alambique grande calentado por biogas. Obsérvese el manómetro que tienen todas las instalaciones de biogas de China (comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu).

Independientemente del método de aplicación, se dijo que siempre se obtuvieron mayores rendimientos como resultado de la adición de efluentes de la unidad de biogas. En la comuna del pueblo de Liang Chu, condado de Yahang, se observó que un factor principal en el aumento del rendimiento de arroz (10% en 1977 fue la aplicación de efluente. En la ciudad de Mianyang el aumento medio de la producción agrícola en 1976 fue un 13,2% mayor que en 1975 y se dijo que se debía enteramente a la aplicación de efluente. En casi todas las comunas visitadas se mencionaron resultados análogos.

La cantidad de efluente obtenido como abono orgánico depende del tamaño de la unidad de biogas y de la cantidad de insumos. Una instalación de 7 m³ rinde 20 000 kg de abono orgánico al año (comuna del pueblo de Liangohu). Un agricultor del 10^o grupo de producción de la 5^a brigada de producción de la comuna del pueblo de Weicheng, provincia de Sichuan, llevó un registro de los insumos y la producción de su instalación de 9 m³ y observó que, además de gas, obtenía anualmente 30 150 kg de lechada y 15 500 de fangos que empleaba en sus arrozales y trigales.

2.5.2 Forrajes complementarios

El grupo observó solamente una vez el uso de efluente (la parte líquida) como forraje complementario en la comuna del pueblo de Pin Niu, Changzhou, donde se mezclaba con azolla como aditivo alimentario para cerdos (fotografía 12).

2.6 Problemas de la tecnología del biogas

2.6.1 Funcionamiento durante la época fría

Aunque en China trabajan satisfactoriamente varios millones de instalaciones de biogas, no por eso dejan de tener problemas. En todas las regiones visitadas disminuía la producción de gas en los meses de invierno. Mientras que el producido en el verano en una unidad pequeña basta para preparar tres o cuatro comidas diarias y para la iluminación, en invierno, excluida la luz, solo se pueden preparar dos comidas.

Debido a las limitaciones que pone la temperatura a la producción de gas (sección 2.1.1), las instalaciones tienden a concentrarse en el sudeste del país y en la provincia de Sichuan. En la ciudad de Fushan, provincia de Guangdong, sur de China, la producción de gas en invierno (293 K = 20^o C) era la mitad que en verano. En la provincia de Sichuan las instalaciones solo funcionan de ocho a diez meses al año.

No se dijo lo que se hacía para solucionar el problema, aunque se habló de una unidad de biogas construida recientemente a 3 000 m de altitud en el altiplano tibetano, pero de la que todavía no se tenían noticias.

2.6.2 Presión del gas

Como se ha mencionado en la sección 2.2.4 la presión del gas en el depósito es alta y fluctúa según se va formando éste. Estas fluctuaciones no permiten un buen rendimiento de los dispositivos, que están contruidos para trabajar a una presión constante.

Aunque los problemas no se consideran graves en China, será preciso regular la presión de alguna manera si los motores y artefactos van a rendir el máximo. 1/

1/ Como resultado del viaje de estudio, Nepal ha construido recientemente un regulador de la presión, que se pone en el tubo de gas y deja pasar este a la presión constante de cerca de 1 kN m⁻² (8 cm de agua).

2.6.3 Otros problemas

Otros problemas relacionados con las instalaciones chinas de biogas son:

- no se dispone de medios de interrumpir la formación de espuma en el depósito
- la lechada de la cámara de salida hay que quitarla a mano o con una bomba
- es necesario abrir periódicamente el digestor para quitar los fangos.

Entre los problemas de la tecnología del biogas que aun no se han solucionado satisfactoriamente, pero que no son característicos de la unidad, están la purificación del gas para impedir la corrosión de contadores, motores, etc., y mejorar las medidas para evitar peligros a la salud. Como se ha dicho en 2.3.7, las bacterias facultativas, como la paratifoidea B y E. Coli pueden sobrevivir mucho tiempo en el depósito. Esto hay que investigarlo mucho más a fondo.

2.7 Unidades de biogas grandes

Aunque el viaje de estudio era esencialmente para examinar las unidades de biogas domésticas pequeñas, el grupo tuvo la oportunidad de visitar varias grandes. Estas son comunitarias y se emplean siempre para generar la electricidad que se usa en los hogares, agricultura e industria.

Las grandes unidades no son siempre circulares ni tienen un depósito de gas abovedado. Algunas son rectangulares con techo plano y otras consisten en varios depósitos grandes conectados.

En la ciudad de Fushan, cerca de Guangzhou, las basuras se convertían en biogas para producir electricidad y abonos agrícolas. Las basuras se recogen en carretas y se llevan al lugar donde se almacenan en fosos especiales antes de cargarlas en 35 digestores de 45 m³ de capacidad cada uno; se digieren durante 15 días y el gas se envía a grandes recipientes de plástico, de los que existen dos de 125 m³ cada uno. A su debido tiempo el efluente se carga en lanchas que se envían por el río a las explotaciones. Se informó que 60 m³ de basuras producen 60 m³ de lechada y 420 m³ de gas (en verano).

En la comuna del pueblo de Pin Niu, cerca de Changzhou, la brigada de producción Cheng Hsiang había construido dos unidades conectadas de 600 m³ de capacidad cada una (figura 28), alimentadas con paja de arroz y las deyecciones de 40 vacas y 200 cerdos. El gas se empleaba para accionar una destilería y generar electricidad y el efluente se bombeaba directamente a los campos.

Cerca de la ciudad de Mianyang, provincia de Sichuan, se vieron dos digestores redondos de 174 m³ y 180 m³ de capacidad respectivamente. El insumo nitrogenado eran las deyecciones de 30 cerdos y con el gas se generaba electricidad para accionar industrias pequeñas elaboradoras de arroz y fábricas de tallarines.

En la provincia de Sichuan se visitó una unidad de biogas redonda de 268 m³ de capacidad que por no estar terminada fue posible entrar en el interior. La estaba construyendo el 10º grupo de producción de la 5ª brigada de producción de la comuna del pueblo de Weicheng. Para la construcción se había aplanado un montículo moviendo 230 m³ de tierra. Si iban a construir, además, un molino y una descascaradora, cochiqueras para 100 cerdos y viviendas para los trabajadores.

En el momento de la visita se habían completado la construcción básica. El depósito era de bloques de piedra y tenía una bóveda tradicional, aunque muy grande. Las dimensiones aproximadas se dan en la figura 29. De interés especial era la forma de la salida, un túnel largo situado en el fondo del depósito por el que se llegaba a una abertura final en terrazas de tierra.

La salida tenía una puerta abatible que se podía abrir a mano bajando las escaleras. En un lado de cada peldaño había una piedra cóncava con un agujero cerrado con un tapón de piedra. Los agujeros estaban conectados verticalmente con el túnel de salida mediante tubos de 5 cm de diámetro.

Mientras funciona la unidad el depósito y la escalera se llenan hasta cierta altura de materias primas. Si se bajan las escaleras para abrir la puerta abatible y vaciar la lechada, se quitan los tapones de piedra de los peldaños y la lechada desciende al túnel de salida.

Se intentaba emplear paja de arroz, hierbas y desechos vegetales como fuente de carbono y deyecciones de cerdo para el nitrógeno y renovar las materias primas una vez cada seis meses.

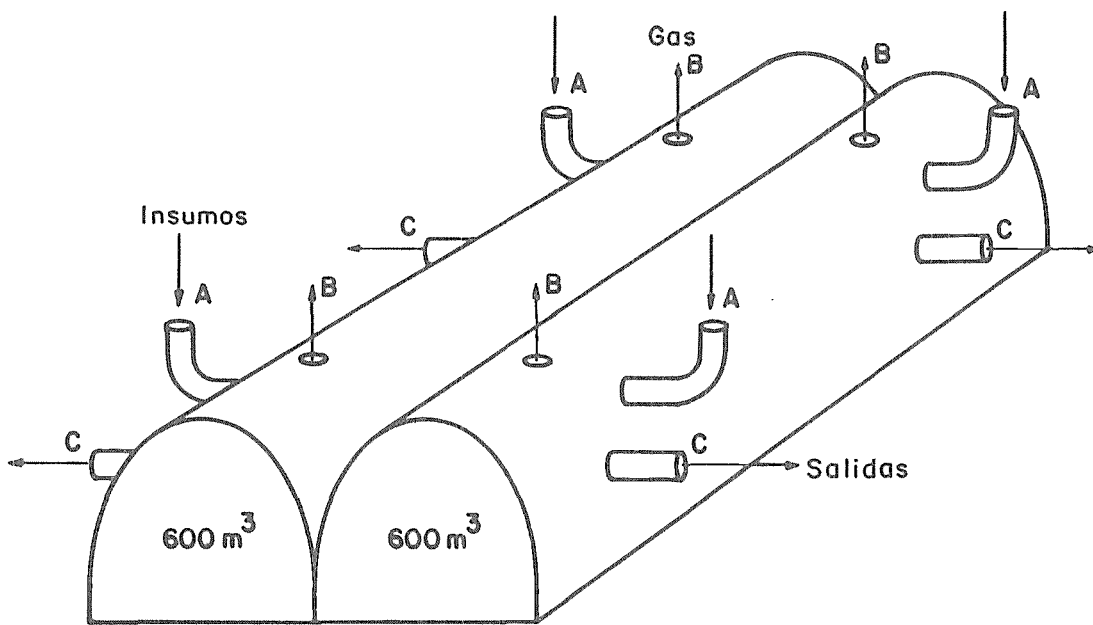


Figura 28. Plano de grandes digestores de biogas conectados de 600 m³ cada uno (Comuna del pueblo de Pin Niu, provincia de Jiangsu).

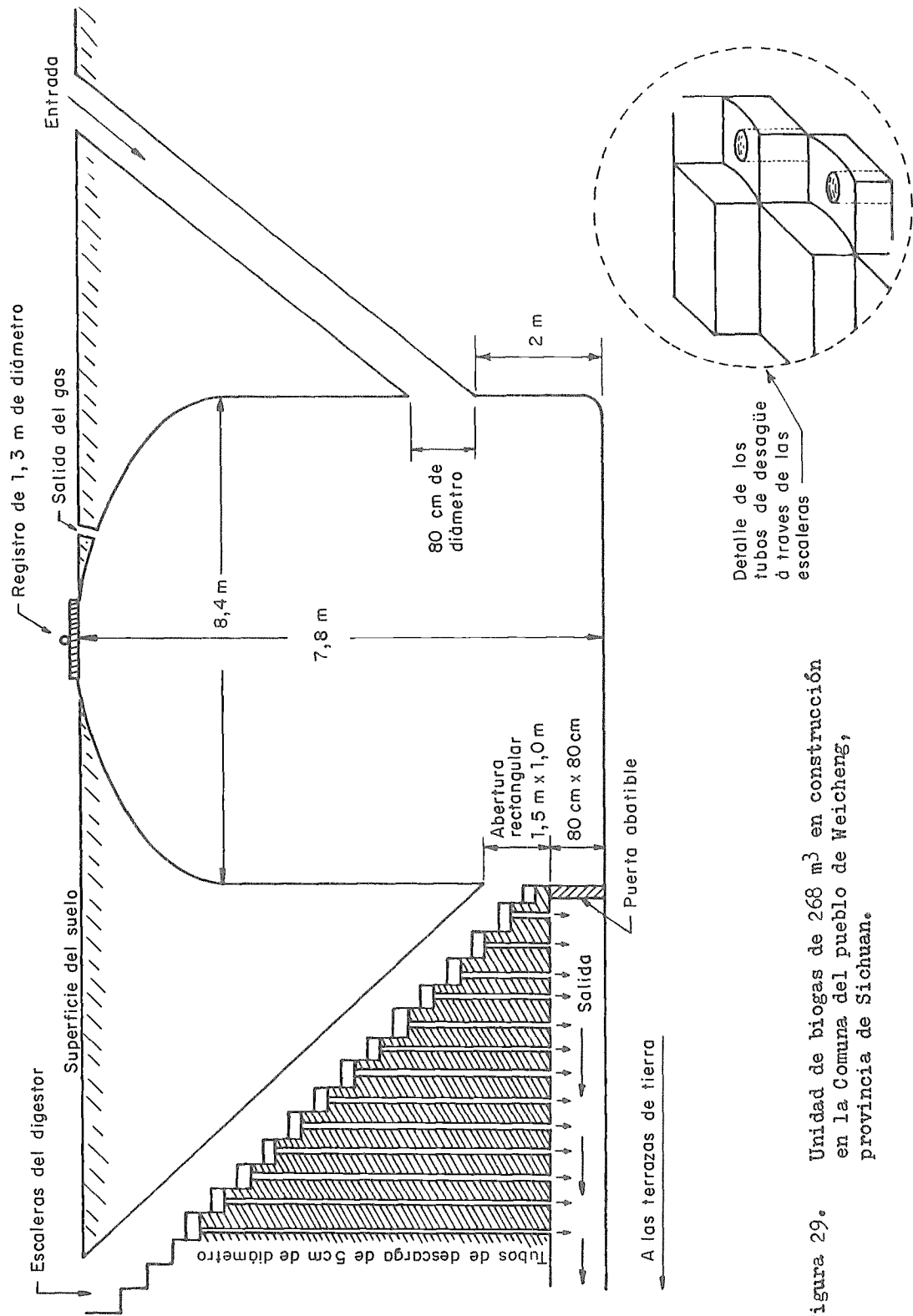


Figura 29. Unidad de biogas de 268 m³ en construcción en la Comuna del pueblo de Weicheng, provincia de Sichuan.

3.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Extensión de la tecnología de la azolla

A raíz del viaje de estudio PNUD/FAO sobre el reciclaje de desechos orgánicos en China (Boletín de Suelos de la FAO, 40, 1977), se envió a varios otros países asiáticos informaciones sobre el uso de la azolla en la agricultura. En algunos casos esto fue suficiente para iniciar programas nacionales de investigación con variedades locales de la planta. Además, la FAO siguió el estudio enviando un consultor a varios países asiáticos para dar cursos cortos de instrucción en la propagación y empleo de la azolla.

Aun antes de que se hiciera el actual viaje de estudio, se había despertado en la región el interés por las posibilidades agrícolas de la azolla y en algunos casos se había iniciado una labor práctica. No obstante, se espera que como resultado del presente estudio se comiencen actividades extensivas del cultivo de la azolla.

Los informes de los participantes en el estudio demuestran que en muchos casos los gobiernos han tomado medidas positivas para aprovechar plenamente la experiencia de China. Por ejemplo, en muchos estanques de minas de estaño de Malasia ha comenzado el cultivo de la azolla como composte y forraje. No obstante, se ha aprendido que no basta con transferir la tecnología china que necesita buena regulación del agua y mucha mano de obra y por eso se investigan actualmente modificaciones del sistema.

En la India aumenta el cultivo de la azolla, que se propaga por todos los estados que tienen climas propicios. En Nepal se ha comenzado a coleccionar variedades locales de azolla y a ensayar su rendimiento, capacidad fertilizante y de fijación del nitrógeno. Algunos países, entre ellos Lao, Bangladesh y Nepal, han pedido a la FAO ayuda para organizar cursos de capacitación de agentes de extensión en el cultivo de azolla, que llevarán a proyectos de demostración. Los consultores de la FAO han demostrado en Afganistán que no es posible cultivar la azolla debido a las bajas temperaturas del invierno y, más especialmente, a la escasísima humedad.

Es evidente que los países de Asia que no conocían la azolla y sus posibilidades están interesadísimos en adquirir conocimientos y experiencia.

Se propone que la primera medida en todos los casos sea la identificación de variedades locales de azolla e investigar su capacidad de fijar nitrógeno y de multiplicarse, resistencia a la temperatura, acidez/alcalinidad, salinidad, enfermedades, etc. En todas las fases de la investigación deberá mantenerse contacto con otras personas que efectúan trabajos similares, especialmente las que trabajan en centros bien establecidos.

Cuando llegue el momento de aplicar a gran escala las investigaciones sobre el cultivo de la azolla, se habrán de tener presentes las conclusiones a que se llegó en Malasia al efecto de que puede ser mejor adaptar la tecnología china a las condiciones locales que introducirla sin modificaciones.

No hay duda de que la azolla crece bien en casi todas partes de Asia y lo hará mejor cuando la investigación aumente su tolerancia a la temperatura. Es una fuente potencial de nitrógeno y de abono verde, particularmente para el arroz, que podría aliviar en cierto grado la dependencia en fertilizantes minerales nitrogenados. También podría aumentar mucho y muy económicamente los forrajes disponibles. Por tanto y de manera general su proliferación debe estimularse.

Por otro lado no conviene exagerar, porque como ha dicho el Sr. T.A. Lumpkin de la Universidad de Hawaii: "La azolla no es la panacea. Puede ser útil para eliminar las malas hierbas y para aportar nitrógeno al arroz, pero no es tan obicuo como el arroz ni aportará todo el nitrógeno que se necesita en todas partes".

3.2 Extensión de la tecnología del biogas

No es nueva la idea de utilizar los materiales orgánicos de desecho para producir biogas y abono y su tecnología no es exclusivamente china. El valor de lo que se hace en China se debe al concepto nacional de divulgar mucho la tecnología; a que las unidades de biogas sean relativamente baratas, gracias al empleo de materiales locales y a la mano de obra comunal; y a la forma básica única de las unidades en las que el digestor actúa también como depósito de gas.

En todos los demás países de Asia, con la posible excepción de India, no existía (en el momento de escribir estas líneas) una política nacional para introducir la tecnología del biogas, lo que casi ciertamente se debe a desconocimiento de los muchos beneficios que se pueden obtener.

En algunos países, p. ej. Pakistán y Bangladesh, las tentativas de iniciar la producción de biogas no han dado resultado y se ha perdido el interés. La falta de éxito se debió principalmente a la mala tecnología y en parte a los costos excesivos. Ambos defectos se pueden remediar en parte gracias al viaje de estudio en China y Bangladesh, se ha comenzado un nuevo programa de biogas basado en la experiencia China.

Adoptando la unidad de biogas china se ha eliminado la parte más costosa, que es el depósito de gas flotante. Aunque es verdad que el depósito tiene algunas ventajas sobre el sistema chino - mejor control de la presión del gas, por ejemplo - el gran ahorro de costos las compensa de sobra. Además, es evidente que la investigación eliminará los actuales defectos del sistema y también puede dar por resultado la construcción de modelos más baratos del depósito flotante por lo que no se recomienda que se abandone por completo esta tecnología a favor del modelo de bóveda fija.

Como resultado inmediato de los viajes de estudio, varios países han iniciado la construcción o ampliación de la tecnología del biogas.

En la India, que solo construía depósitos flotantes, se han preparado varias modificaciones del modelo chino y se han construido muchas unidades para hacer demostraciones.

En Malasia se va a construir un digestor de biogas del modelo chino como actividad cooperativa entre el Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícolas y la Universidad de Agronomía. En las zonas donde existen minas de estaño se preparan sistemas agrícolas integrados con la producción de biogas, azolla, cultivos y ganadería.

Lao ha pedido ayuda de la FAO para construir unidades de biogas de demostración junto con la cría de cerdos. En Nepal se han organizado seminarios nacionales sobre el biogas que comprenden demostraciones de material Chino como cocinas y lámparas y ha comenzado la publicación de un boletín sobre el biogas para los trabajos de divulgación.

Como en el caso del cultivo de la azolla, la tecnología del biogas china no se puede transferir en su forma actual sin hacer modificaciones. Incluso en China, diferentes regiones tienen distintas tecnologías. Se han de tomar en consideración varios factores, entre ellos los puramente físicos como el tipo de suelo, nivel freático y clima, además de los económicos e incluso los ideológicos.

En este informe se han examinado casi todos o todos los factores físicos, lo que debería ayudar a los interesados a decidir la tecnología que van a adoptar. ^{1/} Se han dado detalles de seis diferentes modelos de unidades de biogas, con lo que debería ser posible seleccionar uno básico adaptado a las condiciones locales. Los otros factores (económicos e ideológicos) variarán de país en país y tendrán que ser examinados por cada gobierno,

^{1/} La FAO se ocupa actualmente de preparar un manual con detalles de todos los aspectos prácticos de la tecnología del biogas a pequeña escala empleada en China.

pero no existen razones para no adoptar los modelos pequeños en toda Asia por ser un medio de obtener combustible y fuerza motriz baratos para las comunidades agrícolas, con la mejora del ambiente resultante.

3.3 Generalidades

Los países de Asia están en diferentes fases de desarrollo con respecto a las tecnologías del cultivo de la azolla y de la producción de gas. Por tanto, los programas futuros deben prepararse de acuerdo con las necesidades y capacidades relativas. Se propone que cada país formule un programa con los constituyentes siguientes:

- i) un plan para promover la zolla y el biogas como parte del desarrollo rural integrado;
- ii) proyectos a corto y largo plazo con objetivos específicos;
- iii) un organismo nacional de coordinación que asegure la cooperación de todos los departamentos y organizaciones competentes y que examine los progresos;
- iv) un sistema para divulgar la información entre todos los interesados;
- v) capacitar agentes de divulgación para que demuestren las técnicas entre los agricultores;
- vi) seminarios periódicos, que podrían ser nacionales o internacionales, para discutir los problemas y los progresos;
- vii) asignaciones para iniciar el trabajo práctico en lo referente a personal, equipo y suministros;
- viii) investigar todos los aspectos técnicos de la producción y uso del biogas;
- ix) investigar el empleo de los efluentes y fangos del biogas para mejorar el estado y fertilidad del suelo, destacando el uso complementario de fertilizantes minerales y abonos;
- x) estudio de los factores sociales y económicos que influyen en la producción de gas y en el uso de los efluentes;
- xi) investigar los peligros para la salud del uso de efluentes de biogas como fertilizantes;
- xii) investigar la propagación de azolla con objeto de seleccionar las especies y variedades más convenientes, mejorar su capacidad de fijar el nitrógeno y su resistencia a las condiciones desfavorables.

Algunos países tienen uno o más de los programas citados, pero no todos disponen de los medios para aplicar todos los constituyentes propuestos, particularmente los relativos a la investigación. En todos los programas que se adopten, la experiencia china tendrá un valor inmenso aún si no puede utilizarse inmediatamente en la práctica.

Es esencial dentro de la región la cooperación, la difusión de la información y también la ayuda práctica. Respecto a ello será de gran utilidad el proyecto internacional PNUD/FAO RAS/75/004 "Mejora de la fertilidad del suelo mediante el reciclaje de desechos orgánicos" (que inició este viaje de estudio).

LISTA DE PARTICIPANTES

BANGLADESH Sr. Ahmed Hussein
Especialista en producción de arroz
Instituto de Investigaciones del Arroz de Bangladesh
Dacca

FILIPINAS Dr. Felicidad Mañgali
Subdirectora regional
Oficina de Industria Pecuaria de Luzón Central (biogas)
Manila

INDIA Dr. R. Dwarikanath
Director de Agricultura
Gobierno de Karnataka
Madrás

IRAN Sr. Mohamed Nejad Shamlou
Especialista en ordenación de suelos y aguas
Instituto Edafológico de Irán
Teherán

Sr. Mansoor Olfati
Especialista en saneamiento de suelos
Instituto Edafológico de Irán
Teherán

LAO Sr. Khamsing-Sayakone
Director General
Ministerio de Agricultura
Vientiane

Sr. Oroth Chounlamontry
Director Técnico
Ministerio de Agricultura
Vientiane

MALASIA Sr. Nik Abdul Halim
Subdirector
Subdirección de Producción Agrícola
Secretaría de Agricultura
Kuala Lumpur

Sr. Kho Boon Lian
Investigador (Edafología)
Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícolas de Malasia
Kuala Lumpur

NEPAL
Sr. Dhruba Joshy
Edafólogo (biogas)
Secretaría de Agricultura
Kathmandu

Sra. Shanti Bhatteai
Edafóloga ayudante (azolla)
Secretaría de Agricultura
Kathmandu

PAKISTAN
Dr. G.R. Sandhu
Instituto Nuclear de Agricultura y Biología
Lyallpur

TAILANDIA
Sr. Chob Kanareugsa
Jefe de la Subdirección de Investigación de la Fertilización del Arroz
Dirección del Arroz, Secretaría de Agricultura
Ministerio de Agricultura y Cooperativas
Bangkok

Sr. Paitoon Nagalakshana
Jefe de la Sección de Enseñanza de Ingeniería Agrícola
Dirección de Ingeniería Agrícola
Secretaría de Agricultura
Ministerio de Agricultura y Cooperativas
Bangkok

FAO
Dr. P.R. Hesse
Jefe y Coordinador del grupo FAO/PNUD
Proyecto Regional sobre el Reciclaje Orgánico en Asia y el Pacífico

Dr. E.P. Taiganides
Director del Proyecto FAO/PNUD sobre Utilización de Desechos Animales
Singapore

Dr. H. Matsuo
Funcionario de Fertilidad de Suelos, Dirección de Agricultura
Sede de la FAO, Roma

ANEXO 2

PROGRAMA

- 21 mayo Llegada de los participantes a GUANGZHOU
- Presentación y discusión del Programa con el Dr. Yang Ching-jao, Jefe de la Oficina de Suelos y Fertilizantes, Pequín
- Comida de bienvenida ofrecida por el Sr. Wu Tung-kiang, Subdirector, Oficina de Agricultura
- 22 mayo Visita a la ciudad de Fushan: tratamiento de las basuras para producir electricidad via metano
- Guanzhou: discusión con el personal chino de contraparte sobre la azolla y el biogas en la provincia de Guangdong
- 23 mayo Viaje en avión a HANGZHOU
- Discusión introductoria
- Proyección de películas
- 24 mayo Comuna del pueblo de Anshi: azolla
- Discusión del grupo con miembros del Comité Revolucionario
- Comida ofrecida por el Sr. Chiao Hsiang-chung, Subdirector de Agricultura
- 25 mayo Comuna del pueblo de Luang Chu, Uhang: biogas
- Estación de cría de cerdos de Hangzhou: biogas
- Discusión del grupo
- 26 mayo Comuna del pueblo "Siempre verde", brigada de producción Chang Ching (Tan Shan Shin): biogas
- Viaje en tren a SHANGHAI
- Discusión introductoria
- 27 mayo Discusión con el Vicedirector de Agricultura y su personal, municipalidad de Shanghai
- Comuna del pueblo de Shu Ching, Shanghai: azolla, biogas
- Comida ofrecida por el Sr. Wang, Vicedirector de Agricultura
- 28 mayo Visita a la Exposición Industrial de Shanghai
- Viaje en tren a WUXI
- Discusión introductoria con funcionarios de la oficina de Agricultura y miembros del Comité Revolucionario
- Comida ofrecida por el Presidente del Comité Revolucionario de Wuxi

- 29 mayo Comuna del pueblo de Mai Tsun, Wuxi: biogas
Comuna del pueblo de Hsilang (brigada de Yang Shian), junto al lago Tai Tai Hu: azolla
Discusión del grupo
- 30 mayo Viaje en tren a CHANGZHOU
Discusión introductoria
Comuna del pueblo de Pin Niu, brigada de producción Chen Hsiang: biogas, azolla
Discusión con el personal de contraparte chino
- 31 mayo Comuna del pueblo de Hau Shi, brigada de producción Hsi, Kiang Yin: biogas
Discusión del grupo
- 1 junio Viaje en tren a NANJING
Discusión introductoria con el Comité de Recepción de la Oficina de Agricultura
Visita al Instituto Nacional de Investigaciones Edafológicas
Visita a la Academia provincial de Agronomía de Jiangsu
Comida ofrecida por el Sr. Yang Yung-sheng
- 2 junio Viaje en avión a CHENGDU
Discusión introductoria con el Director de la Oficina de Edafología
Fertilidad y especialistas
Comida ofrecida por el Director de Agricultura
- 3 junio Viaje por carretera a la ciudad de MIANYANG
Discusión introductoria con miembros del Comité Revolucionario
Comuna del pueblo de Yunhsing, 7ª brigada de producción: azolla
- 4 junio Comuna del pueblo de Wu Ching: biogas
Comuna del pueblo de Hsin Chiao: biogas
Huerto del condado de Teh Yang: biogas
Viaje por carretera a CHENGDU
Discusión del grupo

- 5 junio Comuna del pueblo de Tumen: azolla, biogas
Discusión con el personal chino de contraparte
- 6 junio Chengdu: seminario, biogas y azolla
- 7 junio Viaje en avión a PEKIN
Reunión con el Sr. Li Yung-kai, Director de la oficina de Asuntos Extranjeros, Ministerio de Agricultura y Montes
Comida ofrecida por el Viceministro de Agricultura y Montes
- 8-9 junio Discusión del grupo
Preparación del proyecto de informe
Comida de despedida ofrecida por el Jefe del grupo
- 10 junio Viaje en avión a GHANGZHOU
- 11 junio Viaje en tren a HONG KONG y regreso de los participantes a sus países.

PERSONAS CON LAS QUE SE TRATO

PEKIN

Ministerio de Agricultura y Montes

Hao Shih-chung, Viceministro, Agricultura y Montes
Li Yung-kai, Director de Asuntos Extranjeros
Chang Skih-chan, Jefe de la Dirección Internacional
Yang Ching-jao, Jefe de la Oficina de Suelos y Fertilizantes
Tsui Li-chuan, funcionario de la Dirección Internacional
Yang Yung-hsing, funcionario de la Dirección Internacional
Yin Pao-hsiang, funcionario de la Dirección Internacional

PROVINCIA DE GUANGDONG

Secretaría de Agricultura

Wu Tung-kiang, Vicedirector, Oficina de Agricultura, Guangzhou
Lei Ta-fang, Subjefe, Oficina de Agricultura, Oficina de Administración,
Guangzhou
Liu Liang-jung, Jefe de sesiones, Ciencia y Tecnología
Chen Hai-tao, Funcionario provincial de agricultura
Han Hung-kuang, miembro del personal

Secretaría de Asuntos Extranjeros

Chung Chung-chun, Jefe de Departamento, Guangzhou
She Fang, Director, ciudad de Fushan

Academia de Agronomía

Ke Yu-tao, investigador, Dirección de Suelos y Fertilizantes
Tuan Pin-yuan, ayudante de investigaciones, Dirección de Fertilizantes
Lu Jin-chum, ayudante de investigaciones, Dirección de Fertilizantes
Liu Shu-chan, Lector

Sanidad municipal y ambiental, ciudad de Fushan

Chin Chan, Jefe de administración

Comuna del pueblo de Hsinchiao

Sung Wen-kuei, Vicepresidente, Comité Revolucionario
Yang Fu-hiang, Jefe, 2^a brigada de producción
Liu Yi-hsing, Jefe, 2^o grupo de producción de la brigada 2

PROVINCIA DE ZHEJIANG

Secretaría de Agricultura, Hangzhou

Chiao Hsiang-chung, Vicedirector
Shu Yam, Jefe del departamento de ciencia y educación y Vicedirector
de la oficina administrativa para popularizar la tecnología del biogas
Chang Lin, técnico, oficina de Agricultura, Hangzhou
Pao Wei-han, técnico, oficina de Agricultura, Hangzhou
Tsai Shue-fang, técnico, oficina de Agricultura, Hangzhou
Hsu Chin-yin, técnico, condado de Yuhang

PROVINCIA DE ZHEJIANG Universidad de Agronomía de Zhejiang

Chien Tan-shu, Lector y Director de investigación microbiológica
Wu Chin-peng, Profesor

Condado de Jiang Yin

Chang Chen-hua, Vicepresidente, Oficina de Administración del condado
Chien Chin-hsu, Jefe de la oficina Agrícola
We Hseh-tang, Vicejefe, brigada de producción Huashin

Comuna del pueblo de Anshi

Yeh Yung-liang, Presidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Yu Chin-yin, Vice presidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Yeh Chi-mei, Director del Centro de Investigaciones Científicas

Comuna del pueblo "siempre verde", distrito de Kiungkhan

Hsiang Kwin-lin, Presidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Chin Hsueh-fen, Vicepresidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Chou Lian-ken, Vicepresidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Hsu Hsua-jung, Jefe del 10º grupo de producción de Changching

PROVINCIA DE SHANGHAISHI Secretaría de Agricultura

Wang, Vicedirector

Comuna del pueblo de Shu Ching

Tang, Vicepresidente del Comité Revolucionario del Pueblo

Comuna del pueblo de Machiao

Wang Yueh-hsing, Vicepresidente del Comité Revolucionario del Pueblo
Tsao Kwei-ti, Director de la fábrica de maquinaria agrícola
Tang Ping-hua, Director de la clínica de sanidad

PROVINCIA DE JIANGSU Secretaría de Agricultura

Yanh Yao-chung, Vicedirector, oficina de agricultura del condado de Wuxi
Shen Fu-lin, Oficina general de la provincia
Wong Yu-liang, Director de la oficina de biogas del condado de Wuxi
Chen Wen-kuang, Vicedirector, oficina del condado de Wuchin
Wang Chia-chun, Jefe de la estación experimental de biogas del condado de Wuchin

Departamento de Asuntos Extranjeros

Chou Lung-ken, miembro del personal, condado de Wuxi
Ho Cheng-lin, Director, ciudad de Changzhou
Cha Yao-chung, Vicedirector, oficina general del Comité Revolucionario del condado de Wuchin

Comuna del pueblo de Pin Niu

Chou Shou-hai, Jefe de la brigada de producción de Chengsiang

PROVINCIA DE JIANGSU

Instituto nacional de investigaciones edafológicas, Nanjing

Hsung Yi, Director
Win Chin-sia, Vicedirector
Huang Tung-mai, encargado
Huang Yu-shin, Investigador (fertilizantes bacterianos)
Chin Chih-pei, Investigador
Tang Yu-keng, Investigador auxiliar (hidrología)

Oficina general de la Universidad de Agronomía, Nanjing

Yang Yun-sheng, Director

PROVINCIA DE SICHUAN

Huang Liu, Vicepresidente, Comisión Científica Provincial

Secretaría de Agricultura

Chang Min, Vicedirector, Oficina provincial
Yu Ching-kuei, Subjefe, Oficina de promoción del biogas
Wang Shou-cjien, Subjefe, Departamento de suelos y fertilizantes

Instituto de Investigaciones Biológicas, Chengdu

Hsu Chi-chuan, técnico de biogas

Universidad de Agronomía, Chengdu

Liao En-chang, técnico de biogas

Condado de Miangyang

Hsueh Pin-kuei, encargado del Comité Revolucionario Municipal
Teng Tsou-you, Jefe de la oficina de asuntos exteriores de la ciudad
Lei Hsaio-chien, Jefe de la oficina de biogas de la ciudad
Liu Lung-hui, Vicepresidente, Comité Revolucionario de la comuna de Yunghsing
Pao Hsing-wu, Jefe de la 2ª brigada de producción, comuna de Yunghsing
Lo Ting-fang, Director del establecimiento de elaboración de cereales y aceite, comuna de Yunghsing
Chang Tao-chu, Presidente del Comité Revolucionario de la comuna del pueblo de Weichang
Lo Kuo-fan, Jefe de la 5ª brigada de producción, comuna de Weichang

Condado de Tehyang

Wu Teng-teh, Director, huerta estatal del condado

Condado de Chiakiang

Fan Min-chung, Presidente, Comité Revolucionario, comuna del pueblo de Tumen
Wang Fang-yau, Jefe de la brigada de producción Chiakiang de la comuna de Tumen

ANEXO 4

VISITAS DE INTERES GENERAL

Entre las partes puramente técnicas del programa se organizaron especialmente visitas de interés histórico, cultural y general:

- El monumento conmemorativo de Mao Tse-Tung
- La Gran Muralla
- Las tumbas de los emperadores Ming
- La plaza de la Paz Celeste de Tien An Men
- El Museo del Palacio Imperial (Ciudad Prohibida)
- El Palacio de Verano de Yiheyuan
- El puente del río Yangtze, Nanjing
- El Mausoleo del Dr. Sun Yat-sen, Nanjing
- El lago Tai Hu, Wuxi
- El centro de exposiciones industriales, Shanghai
- El lago y jardines West, Hangzhou
- Una fábrica de tejidos de seda, Hangzhou
- El manantial "Tiger", Hangzhou
- La pagoda Liu Ho, Hangzhou
- El templo Ying Lin, Hangzhou
- El centro de investigaciones folklóricas y artesanales, Fushan
- El templo Taoista, Fushan
- Un centro de recreo en las montañas, Guangzhou
- La casa, el jardín y el templo de Tu Fu, Chengdu
- Proyección de la película "Dream of the Red Mansions" y varios espectáculos culturales y conciertos.

BIBLIOGRAFIA

Ashton, P.J. and Walmsey, R.D. Endeavour, 35: 39.
1976

FAO. China: Reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura. Boletín de Suelos de
1977 la FAO 40, 106 páginas.

McGary, M.G. and Stainforth, J. (Eds) Compost, fertilizer and biogas production from
1978 human and farm wastes in the People's Republic of China. IDRC-TS8e.
International Development Research Centre, Ottawa. (Traducido del chino).

Mianyang Prefecture, Sichuan Province, Scientific Technology Committee. Production and
utilization of biogas (en chino).

Sichuan Province, Office for Popularization of Biogas. Biogas units in the countryside
(en chino).

Sichuan Provincial Institute of Industrial Buildings. Construction of marsh gas
1978 producing tanks (digesters) in simple ways.

Strasburger, E. Ueber Azolla, Jena.
1873

BOLETINES DE SUELOS DE LA FAO:

1. Soils of the arid zones of Chile, 1965 (I**)
2. A survey of soil laboratories in 64 FAO member countries, 1965 (I**)
3. Guide on general and specialized equipment for soil laboratories, 1966 (I**)
4. Guide to 60 soil and water conservation practices, 1966 (I**)
5. La selección de suelos para cultivo del cacao, 1966 (E** F** I**)
6. Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos, 1968 (E* F* I*)
7. A practical manual of soil microbiology laboratory methods, 1967 (I**)
8. Soil survey interpretation and its use, 1967 (I*)
9. La preparación de informes sobre levantamiento de suelos, 1970 (E** F* I*)
10. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y de aguas, 1970 (E** F* I*)
11. Investigaciones sobre fertilidad de los suelos en terrenos de agricultores, 1971 (E* F* I*)
12. A study on the response of wheat to fertilizers, 1971 (I*)
13. Land degradation, 1971 (I*)
14. Improving soil fertility in Africa, 1971 (F* I*)
15. Legislative principles of soil conservation, 1971 (I*)
16. Effects of intensive fertilizer use on the human environment, 1972 (I*)
17. Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura, 1976 (E* F* I*)
18. Interpretación de los análisis de suelos al formular recomendaciones sobre fertilizantes, 1973 (E* F* I*)
19. La interpretación de los levantamientos de suelos para las obras de ingeniería, 1974 (E* F* I*)
20. Legislación sobre fertilizantes, 1973 (E* I*)
21. Calcareous soils, 1973 (F* I*)
22. Approaches to land classification, 1974 (I**)
23. Management properties of ferralsols, 1974 (I*)
24. La agricultura migratoria y la conservación de suelos en Africa, 1974 (E* F*** I*)
25. Sandy soils, 1975 (I*)
26. Planning and organization of fertilizer use development in Africa, 1975 (I*)
27. Materias orgánicas fertilizantes, 1975 (E* F* I*)
28. S.I. units and nomenclature in soil science, 1975 (I*)
29. Land evaluation in Europe, 1976 (I*)
30. Conservación de suelos para los países en desarrollo, 1976 (E* F* I*)
31. Prognosis of salinity and alkalinity, 1976 (I*)
32. Esquema para la evaluación de tierras, 1976 (E* F* I*)
33. Soil conservation and management in developing countries, 1977 (I*)
34. Assessing soil degradation, 1977 (I*)
35. Organic materials and soil productivity, 1977 (I*)
36. Organic recycling in Asia, 1978 (I*)
37. Improved use of plant nutrients, 1978 (C* I*)
- 38/1. Soil and plant testing and analysis, 1980 (E*** F*** I*)
- 38/2. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations, 1980 (I*)
39. Guidelines for prognosis and monitoring of salinity and sodicity, 1978 (E*** F*** I***)
40. China: reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura, 1979 (E* F* I*)
41. China: propagación de la azolla y tecnología del biogás a pequeña escala, 1981 (E* F* I*)
42. Soil survey investigations for irrigation, 1979 (I*)
43. Organic recycling in Africa, 1980 (I*)
44. Watershed development with special reference to soil and water conservation, 1979 (I*)
45. Organic materials and soil productivity in the Near East (I***)
46. Blue-green algae for rice production - a manual for its promotion, 1981 (I*)

Disponibilidad: Julio 1981

C	- Chino	*	Disponible
E	- Español	**	Agotado
F	- Francés	***	En preparación
I	- Inglés		

Los Boletines de Suelos de la FAO se pueden pedir a los agentes de venta autorizados de la FAO o directamente a la Sección de Distribución y Ventas, FAO, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia