

# **BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN PEQUEÑAS COMUNIDADES**

**EDUARDO S. GROPELLI - JULIO V. MUESATI –  
BEATRIZ G. PAMPINELLA - ORLANDO O. GIAMPAOLI**  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA - UNL  
SGO. DEL ESTERO 2829 (3000) SANTA FE, ARGENTINA  
TEL.: 0342 - 4571164  
E-MAIL: grop@ar.inter.net

## **CURRICULUM ABREVIADO DE LOS AUTORES**

### **Eduardo S. GROPELLI**

Ingeniero Químico egresado en 1981 de la UNL. Desde 1983 comienza su especialización sobre Fuentes Renovables de Energía, como pasante en IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) en SP (San Pablo – Brasil). Becado en 1985 por el Gobierno Italiano, para realizar el “Curso Superior de Fuentes No Convencionales de Energía”, durante seis meses en Sogesta (Grupo ENI) Urbino-Italia. Becado en 1989 por el Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología para realizar el “Curso de Tratamiento Biológico de Residuos Orgánicos Líquidos, en IPT. Director del Proyecto CAI+D de la UNL (Programación 93-94, N°33-178) “Desarrollo de Sistemas de Producción y Aprovechamiento de Residuos Agropecuarios y Basura Orgánica Domiciliaria por Digestión Anaeróbica, con Producción de Biogás y Abono Orgánico. Asistió a “Talleres y Seminarios Latinoamericanos de Digestión Anaeróbica”: 1984 en Montevideo-Uruguay, con presentación de trabajos en 1998 en Viña del Mar-Chile y 2000 en Recife-Brasil. Entre 1998-1999 dirigió el proyecto de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU), incorporando un Biodigestor Anaeróbico, para Gdor. Crespo (Prov. Santa Fe), primera experiencia en su tipo en el País, financiada con un crédito del Banco Mundial. En 1999 asistió al “II Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste”, organizado por la IAWQ-Universitat de Barcelona-España, presentando comunicación técnico-científica sobre la mencionada planta. Complementa su actividad, la presentación de una veintena de trabajos técnicos en diversos Congresos Nacionales e Internacionales. Responsable de “Área de Biogás” en el Grupo de Energía No Convencional de la FIQ.

### **Julio V. MUESATI**

Presidente Rotary Club Santa Fe Los Constituyentes Período 1997/1998. Secretario de la Gobernación del Distrito 4830 Período 1995/1996 y 1996/1997. Director de Servicio en la Comunidad de Distrito Períodos 1997/1998 –1998/1999. Disertante en las Conferencias del Distrito 4830 en los años 1995-96-97-98-99-2000. Disertante Invitado en Rotary Club Alicante (España) y Rotary Club Lake Havasu (USA). Disertante de la Conferencia del Distrito 4770 en Caldas Novas (Brasil). Gobernador de Distrito Período 2000/2001. Instructor de Asistentes de Gobernador Instituto Rotario de Mendoza. Miembro Coordinador Internacional del Programa Iniciativa Mundial Período 2001/2003. Coordinador del Programa Polio Plus para Argentina - Uruguay y Paraguay 2002/2003.

### **Beatriz G. PAMPINELLA**

Arquitecta egresada en 1999 de la UNL. Desde 1986 colabora en tareas de diseño para el proyecto de la “Planta Integral para el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Gdor. Crespo (Prov. Santa Fe)”. Especializada en diseño asistido por computadora en tres dimensiones, realiza todos los planos de detalle para la construcción de la mencionada planta. Colabora en la preparación de los distintos trabajos presentados en congresos nacionales e internacionales, realizados por el Grupo de Energía No Convencional de la FIQ – UNL.

### **Orlando O. GIAMPAOLI**

Ingeniero Químico egresado en 1994 de la UNL. Desde 1989 se incorpora al Grupo de Energía No Convencional de la FIQ, en el diseño y construcción de biodigestores para el ámbito rural. Participa como integrante del grupo en más de quince proyectos de instalación de biodigestores “didáctico-demostrativos” mediante un convenio que se realiza (1993) entre la FIQ y el Rotary Club Santa Fe “Los Constituyentes” del Distrito 4.830. Colabora del desarrollo de todos los trabajos de investigación durante el proyecto CAI+D 33-178, que posibilitara el desarrollo de biodigestores a escala urbana para RSU, y sus correspondientes comunicaciones técnico-científicas en los diversos eventos ya mencionados. Asiste a los “Seminarios Latinoamericanos de Digestión Anaeróbica” de Uruguay (1984) y Chile (1998).

**PALABRAS CLAVES:** Digestión Anaeróbica, Residuos Sólidos, Biogás

## RESUMEN

Con el propósito de lograr experiencias demostrativas a escala real para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios (RSU) con "tecnología apropiada" para pequeñas comunidades, de hasta 6.000 habitantes, fue posible concretar la construcción de un biodigestor anaeróbico en la Comuna de Emilia (Provincia de Santa Fe), mediante el aporte de los aspectos tecnológicos por parte del Grupo de Energía No Convencional de la FIQ, y la colaboración humana y financiera del Rotary Club, a través de sus distintas organizaciones. La instalación se ubica dentro del predio que ocupa la Escuela Agrotécnica Particular Incorporada N°2.050 "Monseñor Zazpe", donde residen semanalmente 100 alumnos; junto a sus docentes durante todas las actividades diarias. El equipo proyectado permite tratar todos los residuos orgánicos de la escuela y el casco urbano de la localidad, con una población estable de 800 habitantes. El biogás producido se utiliza como combustible alternativo, para distintos fines dentro de la misma escuela y el residuo orgánico estabilizado como mejorador de suelos en la chacra que el establecimiento educativo también posee.

## INTRODUCCIÓN

En tanto exista vida humana en el planeta, siempre se van a existir residuos, porque son el resultado de "nuestras necesidades de producir y consumir alimentos".

Se producen en las explotaciones tamberas, como consecuencia de los ordeños. En los criaderos de aves (tanto parrilleras, como en tinglados de gallinas ponedoras), también en establecimientos de cría y engorde de cerdos. Posteriormente en los centros de concentración y distribución de frutas y hortalizas, donde siempre alguna fracción se deteriora y debe ser descartada. Finalmente en cada vivienda de todo pueblo o ciudad, por la necesidad de cocinar diariamente, se acumulan desechos orgánicos que deberían ser adecuadamente retirados y tratados, para no producir contaminación. Un porcentaje importante sobre el total de los residuos es "orgánico", lo que también implica que son "biodegradables", y la naturaleza tiene sus propias soluciones para esto. Frecuentemente el mal manejo ambiental de estos residuos produce por fermentación de la materia orgánica su "auto-combustión" con la consiguiente incineración a baja temperatura de otros residuos, como por ejemplo los plásticos, que producen dioxinas y furanos (compuestos de naturaleza cancerígena que no se descomponen fácilmente en el ambiente); como también la generación de nubes de humo denso que han producido en repetidas ocasiones accidentes automovilísticos de magnitud, con el saldo negativo de pérdidas de vidas humanas y daños importantes en los vehículos. La cuestión es que los residuos no se acumulen, se debe hacerlos circular, recolectarlos adecuadamente, y procurar los medios para que la naturaleza pueda actuar sobre ellos.

Manifiestan los científicos, que la vida en la Tierra comienza con desarrollo de los primeros microorganismos, aproximadamente hace unos 3.400 millones de años, cuando todavía no existía oxígeno en la atmósfera. La vida aparece a nivel de bacterias, denominadas "anaeróbicas", que tienen la capacidad de consumir materia orgánica, para sobrevivir, en ausencia total de oxígeno, esto debido a que han desarrollado un mecanismo de respiración, por el cual producen una mezcla denominada biogás, con buena proporción de metano (conocido comúnmente como "gas natural") y anhídrido carbónico y que es combustible. La naturaleza tiene este inmenso ejército de "descomponedores", integrado por millones y millones de individuos que se alimenta con la materia orgánica residual. Esta flora anaeróbica, todavía existe en la actualidad (por ejemplo en el fondo de los pantanos, en los intestinos de los mamíferos, etc.) puede ser utilizada para el tratamiento de nuestros residuos y así contribuir al saneamiento del ambiente. Si se facilita un lugar adecuado, que puede ser un tanque cerrado, el cual se llama "Biodigestor" y se alimenta materia orgánica residual, estas bacterias van a consumir "nuestras basuras", con el beneficio de obtener: energía, a través del biogás combustible y un residuo estabilizado con características similares al "humus". La naturaleza aporta lo suyo, le corresponde a cada comunidad, con su buena predisposición, el tratamiento de los residuos y lograr su adecuado "reciclaje". Se logra también una valorización de los mismos a transformarlos en productos de suma utilidad, como es la producción de un combustible renovable.

## DETALLES DEL PROYECTO

### **Recolección Diferenciada de los Residuos:**

Para lograr las mejores condiciones que permitan realizar el reciclaje de la fracción orgánica contenida en los residuos de pequeñas comunidades, se impone como muy conviene implementar una campaña de "separación en origen", desde la puesta en funcionamiento del biodigestor anaeróbico. Esta alternativa permitirá tener en bolsas separadas, por un lado la materia orgánica (húmeda, que rápidamente fermenta) y por otro todos los elementos factibles de reciclar (papel, cartón, vidrio, plásticos, aluminio, latas, trapos, etc.)

### **Experiencias Desarrolladas a Escala Laboratorio<sup>(1)</sup>:**

El desarrollo de las condiciones operativas para lograr la estabilización de distintas muestras de residuos orgánicos, por digestión anaeróbica, fue posible sobre la base del desarrollo del Proyecto CAI+D, N°33-178, Programación 93-94, (Expte. No 351.320/6, 13-08-93); que la Universidad Nacional del Litoral aprobara y financiara, para ser llevado a cabo en el Laboratorio del Grupo de Energía No Convencional, denominado: "Desarrollo de Sistemas de Producción y Aprovechamiento de Biogás a partir de Basura Orgánica Domiciliaria, por Digestión Anaeróbica, con Uso Racional de Energía y Obtención de Fertilizante Orgánico."

Se han realizado varias experiencias a escala laboratorio, en un biodigestor para funcionamiento continuo, a una temperatura de 35°C (valor óptimo para la flora anaeróbica mesofílica) permitieron obtener resultados de conversión de materia orgánica en biogás, a distintas velocidades de carga que posibilitaron un funcionamiento estable, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°1.

**Tabla N°1: Producción de Biogás con Experiencias a Escala Laboratorio**

<b>Sólidos Secos (%)</b>	<b>SV /ST (%)</b>	<b>Velocidad de Carga (Kg SV / m3d * Día)</b>	<b>Producción de Biogás (Lt NPT / Kg Sólido Fresco)</b>	<b>Conversión de Biogás (Lt PTN / Kg SV)</b>
09,24	92,84	4,50	54,20	631,8
12,18	91,40	2,45	73,50	660,2
12,50	92,40	3,30	69,80	604,3
12,79	93,30	3,27	76,80	643,6
13,00	90,67	3,60	75,40	639,7
16,37	89,53	4,40	99,30	677,5
17,43	88,23	4,22	86,90	565,1
17,60	95,80	2,44	98,40	583,6
18,00	90,00	3,80	97,50	601,8
18,35	87,57	3,35	108,70	674,4
19,68	90,98	3,11	118,10	659,6
20,68	90,33	4,17	104,30	558,3
22,38	88,84	3,63	127,60	641,8
24,78	92,49	2,50	137,00	597,7

Los valores con porcentaje de sólidos secos menores corresponden a fracciones orgánicas de basura domiciliaria donde predominan fundamentalmente los vegetales. En tanto que los valores mayores, por lo contrario, casi no contienen restos de vegetales dado que poseen un elevado porcentaje de sólidos secos; como ser pan, fideos, carnes, etc.

### **Generación de Residuo Estabilizado:**

Se debe tener en cuenta el porcentaje importante de agua contenido en los residuos orgánicos domiciliarios separados en origen, por lo que la digestión anaeróbica es una buena alternativa para llevar a cabo la estabilización de estos residuos. En consecuencia, una baja cantidad de residuos estabilizado será obtenida, del orden de los 100 Kg de sólidos secos por cada tonelada materia orgánica fresca que ingresa al biodigestor.

### Balance de Materias Primas y Producción de Biogás para la Comuna de Emilia:

Luego de realizar una valoración de los residuos disponibles en la escuela y en el casco urbano de la comuna, se obtuvo el siguiente balance, por lo que la producción de biogás factible de obtener se presenta a continuación.

Tabla N° 2: Cuantificación de Residuos y Conversión en Biogás

TIPO DE RESIDUO	Kg. FRESCOS por Día	Kg. de SÓLIDOS SECOS por Día	Kg de SÓLIDOS VOLÁTILES por Día	PRODUCCIÓN DIARIA de BIOGÁS M <sup>3</sup> /Día
Estiércol Aviar Ponedoras (Escuela)	5,00	1,75	1,58	0,225
Estiércol de Cerdos (Escuela)	15,00	2,70	2,16	0,900
Residuos Orgánicos Comedor (Escuela)	6,00	1,14	1,03	0,600
Residuos Orgánicos Domiciliarios de 800 Habitantes	240,00	45,60	41,04	24,000
<b>TOTALES</b>	<b>266,00</b>	<b>51,19</b>	<b>45,81</b>	<b>25,725</b>

La potencia calorífica del biogás es de aproximadamente 5.500–5.600 Kcal/m<sup>3</sup>. En consecuencia la producción diaria equivale aproximadamente a unos 12 Kg de gas de garrafa (propano-butano).

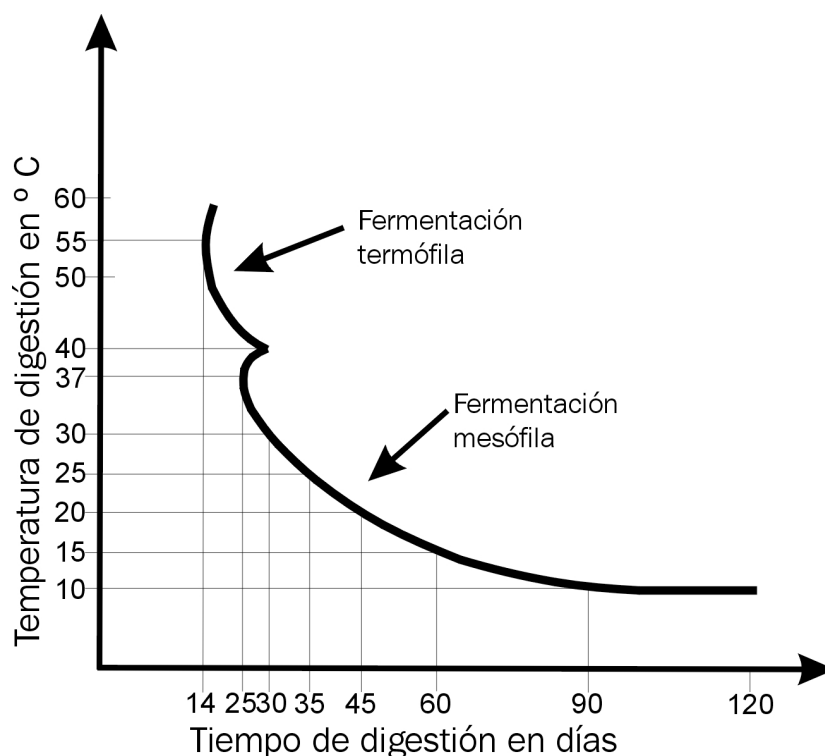
### Adopción de las Condiciones Operativas para el Diseño del Biodigestor:

Durante el período comprendido entre 1920 y 1935, el proceso de digestión anaeróbica fue objeto de su investigación con detenimiento<sup>(2)</sup>, dado que comenzó a utilizarse masivamente para el tratamiento de los barros sedimentados en las instalaciones de tratamiento de líquidos cloacales, que comenzaban a construirse en ciudades de distintos países. Se aplicó calefacción a los digestores y se introdujeron mejoras, tanto en el diseño de los biodigestores, como de los elementos complementarios. Esto determinó que se realizara una buena cantidad de experiencias, cuyos resultados han permitido contar con buena información en relación con los rendimientos factibles de lograr, como a los tiempos necesarios para realizar la estabilización de los sólidos a cada temperatura de trabajo.

La familia de bacterias anaeróbicas mesofílicas, tiene un rango de actividad que llega hasta los 45°C, con su nivel de temperatura óptimo de 35°C a 37°C. Este tipo de flora es la que se desarrolla generalmente en todos los biodigestores a pequeña escala o de tipo rurales, los que por simplicidad constructiva y de funcionamiento no se calefaccionan, y se los construye habitualmente enterrados a efectos de mantener la temperatura lo más constante posible. La duración de la digestión, que permite el agotamiento de los sólidos volátiles disminuye con el aumento de la temperatura hasta llegar al óptimo. Luego en la medida que se consiga desarrollar la flora anaeróbica termofílica, cuanto mayor sea la temperatura del medio, menor es el tiempo necesario para la digestión, hasta llegar al mínimo de tiempo a los 55°C, para luego volver a aumentar el período de digestión, junto con la temperatura, hasta el cese de la actividad por no adaptarse más a tan altas temperaturas.

Si bien se puede apreciar que se tiene una notable reducción de los tiempos de duración de la digestión con las bacterias termófilas, no se ha aplicado masivamente en la práctica este nivel de temperatura, dado que requiere de un control muy ajustado de las variables del proceso. Se debe precalentar la alimentación hasta la temperatura de trabajo, además de tener que suministrar el calor necesario, en forma permanente, para compensar las pérdidas del biodigestor hacia el exterior. La salida de régimen se produce rápidamente con el cambio de sólo algunos grados en el control de la temperatura.

**Fig. N° 1 : Tiempos de Digestión para Diferentes Temperaturas**



G.M. Fair y F.W. Moore presentaron datos experimentales<sup>(2)</sup> de los tiempos necesarios para la digestión de los barros sedimentados de los líquidos cloacales urbanos para distintas temperaturas, tal como se observa en la Fig. N°1. En función de esta información se puede tomar referencia de los tiempos de digestión necesarios o recomendados como de uso "práctico"<sup>(2)</sup>, para cada temperatura a la que se desarrolla la digestión, tal como se resume en la Tabla N°2.

**Tabla N° 2 : Tiempos de Digestión Recomendados**

Temperatura (°C)	10	15	20	25	30	35
Tiempo de Digestión Recomendado (Días)	90	60	45	32	30	25

Toda materia orgánica residual que se destine como alimentación para un biodigestor generalmente está compuesta por una importante cantidad de agua, y una fracción sólida, caracterizada por su concentración de sólidos totales (ST). Experimentalmente se ha llegado a la conclusión de que trabajando con mezclas que en la alimentación contengan entre 7 % y 9 % de sólidos totales<sup>(2)</sup>, se puede obtener los mejores resultados en la digestión anaeróbica.

Para calcular el volumen de agua necesario para diluir la materia prima, hasta la proporción adecuada, es imprescindible estimar el contenido de sólidos del residuo a utilizar. Por ejemplo, para los residuos orgánicos domiciliarios se tendrá un porcentaje promedio de 18% -19% de sólidos totales (ST) y para el caso del estiércol bovino fresco este contiene entre un 17% al 20%; en consecuencia se deberá agregar aproximadamente un litro de agua por cada Kg de residuo fresco introducido, a fin de obtener una mezcla con 8 % de sólidos totales. En resumen, la carga diaria al biodigestor tendrá un volumen del orden de 550 litros (0,55 m<sup>3</sup>/Día).

Con la premisa que la propuesta tecnológica a diseñar para esta pequeña comunidad sea lo más simple posible, desde el punto de vista constructivo, operativo y de mantenimiento; se adopta un tiempo de residencia de 45 días para los barros en digestión. Este criterio toma en cuenta la construcción de un biodigestor totalmente enterrado, dado que luego de los primeros sesenta (60)

centímetros de profundidad la tierra, en la zona de instalación, mantiene una temperatura aproximadamente constante de 18 °C.

Finalmente, para las condiciones operativas seleccionadas, el volumen mínimo del biodigestor deberá tener unos 25 m<sup>3</sup> (0,55 m<sup>3</sup>/Día x 45 Días). Pero teniendo en cuenta el crecimiento poblacional tanto de la Escuela como de la Comuna, se estima como volumen necesario a futuro unos 40 m<sup>3</sup>; esto significa que se sobredimensiona en un 60 %.

### **Utilización de la Suspensión Estabilizada de Residuos Orgánicos Domiciliarios, como Abono Orgánico, Mejorador de Suelos:**

El residuo orgánico del biodigestor anaeróbico alimentado por residuos sólidos urbanos clasificados (fracción biodegradable), se presenta como una suspensión de barros en agua estabilizada biológica y fisicoquímicamente. Es decir no seguirá degradándose biológicamente, o lo hará muy lentamente en el suelo desde los compuestos orgánicos remanentes hacia compuestos más mineralizados. Desde el punto de vista físico, el barro que posee un porcentaje del 4 % al 6 % de sólido seco total; que dejándolo en reposo luego de un prolongado período de tiempo no presenta separación de fases, es decir que no decanta, debido al pequeño tamaño de las partículas y propiedades fisicoquímicas de la suspensión. Es una masa bastante homogénea de color pardo-oscuro, relativamente estable, dado que sufrió una degradación anaeróbica y con buen poder fertilizante. Se ha comprobado que el nitrógeno fósforo y potasio del estiércol originario permanecen en el residuo después de la fermentación metánica. Por ejemplo, un estiércol que posea 0,75% del nitrógeno produce en el fertilizante un 1,50% de nitrógeno. El fósforo está en relación de 0,20 en el estiércol y 0,35% en el fertilizante; y el potasio de 0,40 al 0,70%. Además el fertilizante es más rico que el "humus" y de granulación más fina que el estiércol, lo que facilita su penetración y mezcla en el suelo. La materia orgánica está prácticamente con "humus activo", mejorando el suelo inmediatamente después de su aplicación.

Pueden destacarse las siguientes ventajas:

- Debido a su pH  $\cong$  7,5 funciona como corrector de acidez, eliminando el aluminio tóxico y liberando el fósforo de sus sales insolubles de aluminio y hierro. Con la elevación del pH se dificulta el desarrollo de hongos patógenos.
- Posee partículas cargadas negativamente, que intervienen en el intercambio iónico, en la absorción superficial y en la coagulación. Su poder de fijación de sales es mayor que el de las arcillas, siendo responsable directo de la mayor parte de la nutrición de las plantas con hasta un 58% del total del intercambio de bases en el suelo.
- Su poder de fijación es tan grande que evita la solubilidad y lixiviación excesiva de las sales, manteniéndolas en forma aprovechable para las plantas, cuyo delicado sistema radicular es el único que puede aprovechar estas nutrientes.
- Mejora la estructura del suelo, dejándolo más trabajable y facilitando la penetración de raíces. Estas raíces al introducirse profundamente resisten mejor los periodos de sequía.
- Estabiliza la aglomeración de partículas del suelo, logrando que resistan la acción disgregadora del agua, absorbiendo las lluvias más rápidamente y evitando la erosión y conservando la humedad por más tiempo.
- La estructura porosa permite mayor aireación de la zona de raíces, facilitando su respiración y crecimiento.
- El CO<sub>2</sub> del aire penetra en el suelo formando ácido carboxílico que solubilizará las sales que habitualmente se encuentran en forma insoluble, facilitando su asimilación.
- Favorece el desarrollo microbiano y las bacterias se multiplican por millones dando vida y salud al suelo.
- La intensa actividad bacteriana fija nitrógeno atmosférico, transformándolo en sales aprovechables.
- Facilita la multiplicación de bacterias radiculares, que se fijan en las raíces de las leguminosas, mejorando su desenvolvimiento.
- El biofertilizante está prácticamente curado, pues ya sufrió fermentación y no posee las desventajas del estiércol.
- Al estar en forma líquida es de fácil aplicación.
- No exhala mal olor.
- No existe la posibilidad de quemar las semillas.
- No tiene problemas de plagas pues sus semillas se han descompuesto en el digestor.

- No tiene más posibilidades de fermentar y no puede producir ácido oxálico, que es tóxico para las plantas.
- No ofrece condiciones para la multiplicación de insectos como mosquitos, etc.
- El biofertilizante no posee el problema de la Ley Del Máximo, pues su aplicación en cualquier cantidad, no elimina otros elementos, sino que actúa como conservador de ellos.

La cantidad de biofertilizante a usar por Hectárea puede variar, dependiendo de las condiciones del terreno. Las dosis se presentan en la Tabla N° 3.

**Tabla N° 3: Diferentes Aportes de Abono**

<b>Abonación</b>	<b>Lts / Ha. * año</b>
Pobre	20.000
Media	40.000
Fuerte	50.000
Muy Fuerte	60.000

La abonación es de fundamental importancia para la recuperación, la conservación de la fertilidad y equilibrio orgánico de los suelos.

La eliminación de agua de este residuo por evaporación para efectuar una reducción de volumen sería un proceso costoso (hay que eliminar el 94% – 96% de agua) excepto utilizando una fuente barata de energía, como lo es la energía solar. Esta es una alternativa viable, se pueden construir playas de secado impermeabilizadas en el fondo. Estas pueden ubicarse directamente sobre el suelo con rebordes laterales elevados a los fines de tener capacidad de almacenamiento. Pero se debe considerar el régimen pluvial de la zona, lo que implicaría techar las playas de secado con algún material transparente (por ejemplo, polietileno de 200 micrones de espesor, habitualmente utilizado en la construcción de invernaderos rurales) para permitir el paso de la radiación solar. Según datos de precipitaciones en la provincia de Santa Fe la evaporación diaria es cercana al 1 mm en promedio durante los meses de invierno y de 4 mm en los meses de verano. Si no se coloca una cubierta protectora hacia la lluvia, no se logrará el secado del mismo, excepto en períodos de escasa precipitación. La cubierta fija transparente hace que se incremente el costo del secadero, ya que se necesita una superficie considerable para efectuar el secado del barro.

Pero siempre que sea posible se recomienda el uso de la suspensión estabilizada en forma directa sobre el suelo, como ser para abonar un monte de frutales con una dosis diaria, según sea en invierno o verano, tal que solo se reponga la evaporación diaria de agua desde el suelo. De esta manera los nutrientes solubles contenidos en los residuos quedarán disponibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas.

#### **Características Constructivas del Biodigestor Utilizado:**

Se proyecta la construcción de un biodigestor que se denomina habitualmente tipo: “desplazamiento horizontal”, con una geometría “alargada”, donde toda la materia orgánica introducida circula en “flujo pistón”. Esto permite que cada porción del residuo que ingresa cumpla el tiempo de residencia proyectado dentro del biodigestor antes de salir por el otro extremo adecuadamente degradado. Se construye enterrado, para evitar las variaciones de temperatura, fundamentalmente durante el invierno. Para el caso de Emilia se ha podido lograr una profundidad de 2,50 m en la excavación, en función la ubicación de la napa freática del lugar. La sección transversal es de forma aproximadamente cuadrada (2,30 m x 2,05 m) y la relación “largo/ancho” es de 5:1. El biodigestor diseñado trata de ser lo más simple posible tanto en lo relativo a su construcción como a su operación y mantenimiento.

La cámara de digestión se compone de una loza de hormigón en el fondo, paredes laterales de mampostería (en pared de 0,15 m), con suficientes encadenados y refuerzos en hormigón armado, para lograr una adecuada estructura. La cubierta superior es fija, construida en parte mediante loza

de hormigón (50%) y un sector con tapas removibles (50%) en lo posible en acero inoxidable, que permite acceder al interior en caso de necesidad para trabajos de mantenimiento.

El biogás con destino al consumo se conduce por cañería de polietileno subterránea de 2" a más de cien (100) metros de distancia, con la presión lograda dentro del biodigestor (40 cm de columna de agua como máximo). Se instala también un gasómetro (2,50 m<sup>3</sup> de volumen) para la acumulación de parte del biogás producido diariamente.

Los sólidos orgánicos, sin trituración previa, ingresan por una cámara de carga hacia el interior del biodigestor por gravedad en forma de suspensión o "barro", diluyendo con agua todos los residuos hasta el 8%. El residuo digerido se retira por el otro extremo, descargándose con el auxilio de una bomba de tipo sumergible, con rotor "triturador", apta para manejar caudales con sólidos en suspensión.

La agitación del biodigestor se realiza colocando tres (3) agitadores de accionamiento "manual" construidos en acero inoxidable, distribuidos adecuadamente a lo largo de toda la longitud del biodigestor. También se aprovecha la bomba sumergible para reciclar una parte (30%) de la suspensión ya digerida hacia la entrada del biodigestor con el fin de mejorar el pH de ingreso, mezclar la materia orgánica que se alimenta con la flora anaeróbica, y lograr un buen grado de agitación en la masa en digestión en su etapa inicial.

## **CONCLUSIONES**

La construcción del biodigestor desarrollado por el Grupo de Energía No Convencional de la FIQ - UNL, con el financiamiento por un valor de \$ 12.000, a cargo de los distintos niveles de organización de Rotary (participando en los aportes el Club Santa Fe "Los Constituyentes", dos Clubes de Nueva York y la Fundación Rotaria de Rotary Internacional), ha permitido concretar esta experiencia a escala real para el tratamiento de los RSU orgánicos de la Comuna de Emilia (Prov. de Santa Fe) para sus 1.000 habitantes. Teniendo en cuenta que la construcción puede realizarse con materiales de construcción comunes (ladrillos, cemento, piedra hierro, etc.), participación de mano de obra local y solo con la necesidad de parte de los trabajos en carpintería metálica; sin duda el diseño propuesto significa un decisivo aporte en favor de la "autogestión", para la solución de algunos de los problemas ambientales en pequeños municipios y comunas. La posibilidad de realizar un paso de escala en forma modular, permite alcanzar razonablemente una escala para tratar los residuos sólidos orgánicos de una localidad de hasta 6.000 habitantes. También con este tipo de emprendimientos se aportan experiencias demostrativas en favor de un mejor aprendizaje en la escuela agrotécnica; que con el apoyo de la comunidad y la toma de conciencia permitirá resolver de manera "sustentable" y permanente en el tiempo la problemática de sus residuos sólidos urbanos.

## **BIBLIOGRAFIA**

(1) GROPELLI E.; Giampaoli, O.; Gonzalez, J.; Fertonani, D.; Granados, R.; Pfeffermann, L.; Gaspar C.; Pampinella, G.; Klimovsky, F. - "Full-Scale Plant for Treating Municipal Solid Wastes from Gobernador Crespo Town – Santa Fe – Argentina" -II International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes.

Organizado por: Universitat de Barcelona, IAWQ (International Association on Water Quality).  
Barcelona – España, 15-17 de Junio de 1999.

(2) "El Camino de la Biodigestión, Ambiente y Tecnología Socialmente Apropriada". 191 pp.  
Groppelli E., Giampaoli O., Capatto J. – ISBN 987-508-165-5.  
Libro editado por el Centro de Publicaciones de la UNL – Octubre 2001.

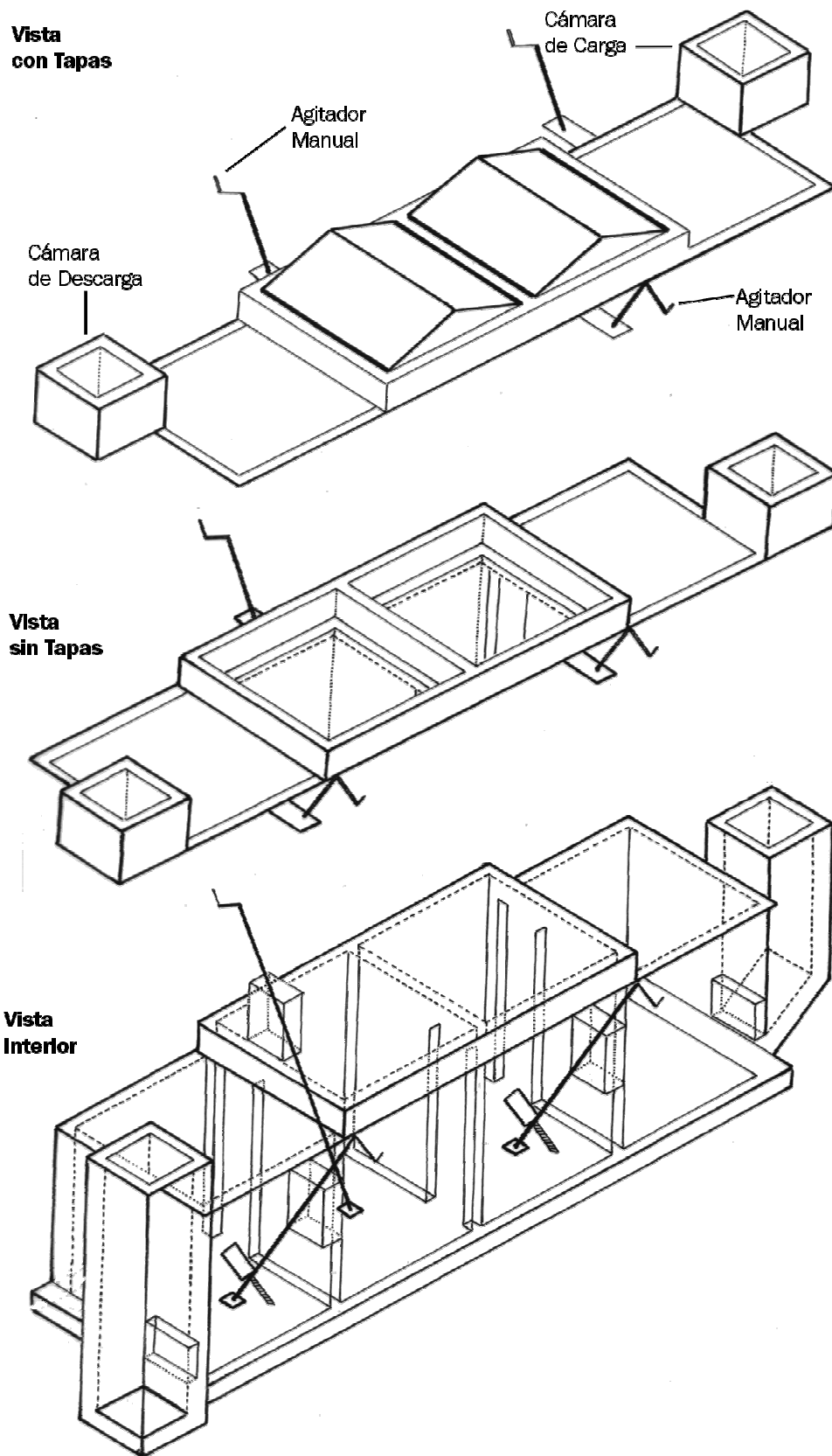


Fig. N° 2: Perspectiva del Biodigestor de "Desplazamiento Horizontal"

