

BIOGASIFICACION DE HIDROFITAS FLOTANTES:

UN RECURSO ENERGETICO RENOVABLE*

Ricardo FITZSIMONS, Rubén GORANSKY

Carlos LAURINO y Rubén H. VALLEJOS

CENTRO DE ESTUDIOS FOTOSINTETICOS Y BIOQUIMICOS

(CONICET, F. Miguel Lillo, UNR)

Suipacha 531 - 2000 Rosario - Argent.

RESUMEN

La construcción de las represas del aprovechamiento hidroeléctrico Paraná Medio originará la formación de dos lagos con una superficie total de 1.350.000 Ha. Se prevé que se producirá en ellos la acumulación de hidrófitas, particularmente el camalote, especie que actualmente ocupa un 8% de la superficie del Paraná. La biomasa vegetal deberá necesariamente ser controlada, preferentemente por métodos mecánicos, y posteriormente procesada. Dado que el camalote puede ser utilizado como sustrato para la fermentación metanogénica, la biomasa cosechada podría someterse a este proceso el que rinde una mezcla gaseosa combustible y un residuo apto como fertilizante. De esta forma se podrá disponer de un recurso renovable y simultáneamente solucionar el problema de las hidrófitas en los embalses.

1. INTRODUCCION

La biomasa, una de las bases fundamentales de nuestra economía, es ampliamente utilizada para alimentación humana, para alimentación animal, y como materia prima para una gran diversidad de usos industriales. Sin embargo, su participación en un sector de gran importancia como el energético es casi nula, a pesar de que una de las clases de biomasa, la residual, tendría posibilidades para este uso, en razón de su gran producción. De todas formas, su aplicación en esta área es sólo potencial, salvo contadas excepciones, dado que la biomasa residual presenta una característica negativa y crítica: su elevada dispersión geográfica. La biomasa residual es recolectada y procesada sólo en aquellos casos en que se acumula en zonas y períodos relativamente pequeños. Efectivamente, los residuos urbanos domiciliarios, el estiércol de tambos, de establecimientos de engorde de cerdos y de criaderos avícolas, y los residuos de industrias alimenticias deben ser recolec-

tados y procesados de alguna manera, y esta necesidad surge de los riesgos de contaminación ambiental derivados de la acumulación de materia orgánica. Sin embargo, aún en estos casos la biomasa residual no es utilizada para obtener un beneficio de ella, sino tan sólo para eliminar un material indeseable. Así entonces, se tiene que en nuestro país, en líneas generales, es la baja densidad de biomasa residual uno de los principales aspectos desfavorables para su utilización.

Teniendo en cuenta esta característica, nos referimos a un tipo de biomasa que, si bien no puede ser calificada como estrictamente residual, presentará varios aspectos favorables para su aprovechamiento, entre ellos, una elevada producción y una alta concentración local. Se trata de las plantas acuáticas, un tipo de vegetación que hasta el presente en nuestro país no han tenido casi ninguna significación y que pueden ser reconsideradas como materia prima de un recurso renovable de energía y fertilizantes, aprovechando su producción y recolección en los futuros embalses del Proyecto Paraná Medio.

2. LAS HIDROFITAS FLOTANTES

Si bien en los cuerpos de agua de gran parte del país hay vegetación acuática, su principal ocurrencia se da en el litoral fluvial, y en particular en el valle de inundación del río Paraná, desde la ciudad de Corrientes hasta la desembocadura en el Plata, es decir, los tramos medio e inferior, donde se presenta una gran variedad de hidrófitas.

Una primera clasificación las divide en sumergidas, emergentes y flotantes. Su distribución zonal se relaciona con la profundidad del medio; así, las emergentes ocupan la periferia, mien-

tras que las flotantes pueden ocupar toda la superficie del cuerpo de agua. Las sumergidas, si bien pueden distribuirse ampliamente, son muy sensibles a limitaciones en la intensidad de luz solar, causadas ya sea por hidrófitas flotantes o por la turbiedad de las aguas. En los tramos medio e inferior del Paraná ambos factores son muy significativos.

De la gran diversidad de hidrófitas presentes en esta división fitogeográfica, la más relevante es el camalote (*Eichhornia crassipes*), desde el punto de vista del crecimiento, reproducción y abundancia. Esta hidrófita flotante, originaria del Amazonas, se ha difundido por todo el mundo, invadiendo extensos cuerpos de agua dulce de climas tropicales y templados. Su presencia origina perjuicios de toda índole, y muy considerables, lo que ha llevado a que 52 países de todo el globo la han declarado como maleza, es decir, económicamente perjudicial. Inclusive se la considera una de las diez mayores plagas vegetales de todo tipo de ambiente.

Las características biológicas de esta especie han sido y son objeto de intensos estudios, y sería imposible referir aquí datos al respecto; nos limitaremos a describir sus características de crecimiento en nuestro país, los problemas relacionados con su ocurrencia, y las posibles formas de control y aprovechamiento.

Hemos realizado mediciones del crecimiento del camalote mediante el muestreo seriado de camalotales aparentemente homogéneos, en dos lagunas de la cuenca isleña del Paraná medio. En la Fig. 1 se observa el gráfico de crecimiento obtenido en uno de los sitios de muestreo; en los tres restantes se obtuvieron trazados muy similares. El ciclo biológico de crecimiento comienza en septiembre, y al cabo de tres meses la densidad de biomasa alcanza un máximo de 16,6 T/Ha (peso seco), que se mantiene constante hasta mediados de mayo. En el período de tres meses señalado, la tasa de crecimiento es de 0,17 T/Ha día (peso seco). Estudios complementarios han demostrado que esta tasa se mantiene esencialmente constante hasta marzo; a partir de entonces comienza a decaer hasta ser nula en junio. En los meses invernales hay disminución en la densidad de biomasa debido a la muerte de los tejidos aéreos por las heladas; las partes sumergidas en cambio sobreviven (a menos que las aguas se congelen, lo que no ocurre en la región considerada) y a partir de las mismas se produce el

rebrote al comenzar el siguiente ciclo biológico.

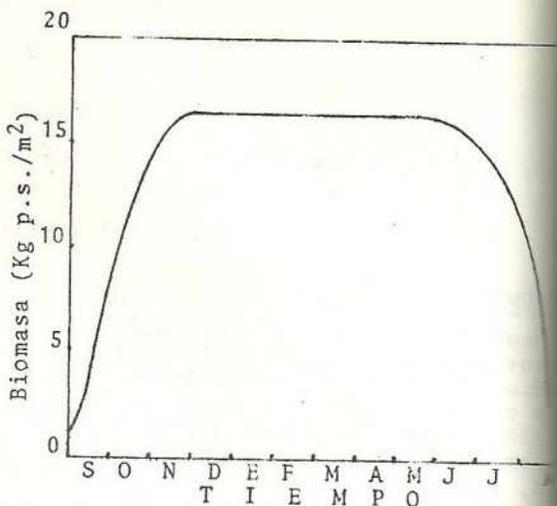


Fig. 1: Ciclo anual de biomasa del camalote

Este ciclo puede ser interferido por las periódicas crecientes del Paraná a fines del verano, como consecuencia de precipitaciones pluviales en la región del Alto Paraná y en las nacientes del río Paraguay. Si el nivel del río supera el albardón costero, la biomasa de hidrófitas flotantes acumulada en riachos y lagunas puede ser removida y desplazada aguas abajo a favor de la corriente. Esto resulta en la conocida observación de islotes flotantes en deriva a lo largo del curso del Paraná, y que son lo suficientemente densos como para soportar el peso de animales pequeños y medianos. Además, existe una fuente alóctona de camalote en el Paraná medio, y corresponde a la movilización de las hidrófitas desplazadas del Gran Pantanal, una extensa región de aguas bajas en las nacientes del Paraguay como consecuencia de las precipitaciones.

3. EL CAMALOTE EN EL PROYECTO PARANÁ MEDIO

En nuestro país, salvo contadas excepciones, las hidrófitas del Paraná nunca han sido un problema, principalmente debido a que las zonas invadidas no poseen interés económico. Sin embargo, esta situación cambiará totalmente a partir de 1991, cuando de acuerdo a lo previsto en el Plan Energético Nacional comience a operar la represa sur del Aprovechamiento Hidroeléctrico Paraná Medio. Este proyecto

se fundamenta en la construcción de dos presas sobre el Paraná para la generación de energía eléctrica en centrales de elevado caudal y baja caída. Estas presas, que se complementarán con cierras laterales, provocarán la formación de dos espejos de agua con una superficie total de 13.000 kilómetros cuadrados (Fig.2). Estos embalses constituirán excelentes ambientes para el crecimiento del camalote y otras plantas acuáticas. La acumulación de hidrófitas provocará inconvenientes, proporcionando a la magnitud de la vegetación, en el funcionamiento de las presas, ya sea turbinas, tomas de agua, esclusas de navegación, esclusas para peces, etc.



Fig. 2: Localización del Proyecto Paraná Medio (De ref.6)

En 1979 realizamos una estimación de la producción de hidrófitas flotantes en los embalses de Paraná Medio y de los beneficios que podrían obtenerse de esta vegetación utilizándola como sustrato para la fermentación metanogénica (1). Esta fermentación puede describirse como un proceso secuencial en el que

intervienen varios grupos de bacterias provocando la transformación del carbono orgánico en una mezcla gaseosa, llamada biogas, constituido por aproximadamente 60% de metano y 40% de dióxido de carbono. El residuo de la fermentación, constituido por materia orgánica de baja biodegradabilidad y nutrientes minerales contenido en el sustrato presenta propiedades que lo hacen apto para su uso como fertilizante. En la Tabla I se exponen los productos que se obtienen por fermentación de una tonelada (peso seco) de camalote. El biogas producido puede ser utilizado directamente como combustible, o bien purificado del dióxido de carbono por un proceso sencillo de manera de prácticamente igualar su poder calorífico con el del gas natural.

TABLA I: Productos de la fermentación anaeróbica de 1.000 kg (peso seco) de camalote.

Biogas	340 m ³
Metano	220 "
Dióxido de carbono	120 "
Residuo	500 kg
Materia orgánica	300 "
Nitrógeno	10-25 "
Potasio	20-30 "
Fósforo	3-5 "
Calcio	20-28 "
Magnesio	4-6 "

Nuestro cálculo se fundamentó en la estimación de dos parámetros principales: productividad y cobertura. Teniendo en cuenta nuestros datos sobre productividad obtenidos en lagunas isleñas, el posible medio ambiente que brindarán los futuros embalses, y datos bibliográficos sobre crecimiento del camalote adoptamos un intervalo de productividad entre 0,1 y 0,2 T/Ha día (peso seco). La estimación de cobertura por hidrófitas flotantes, es decir, la fracción de superficie de los embalses que será ocupada por plantas acuáticas se basó en datos bibliográficos de la extensión de la invasión por plantas acuáticas en lagos naturales y artificiales, y asumimos que la misma alcanzaría entre 10 y 20% de la superficie total. Este rango fue confirmado posteriormente en una evaluación realizada por Agua y Energía Eléctrica en base al relevamiento aerofotográfico de un tramo del Paraná de 300 km de largo y de margen a margen, con una superficie

de 10.200 km². En este estudio se encontró que un 8% de esa superficie se encuentra invadida por vegetación acuática flotante(2).

Los resultados de nuestras estimaciones se exponen en la Tabla II, en la que puede observarse la enorme trascendencia que pueden llegar a tener los embalses de Paraná Medio en la producción y aprovechamiento de biomasa vegetal. Presentamos los extremos del cálculo, definidos el inferior por una productividad de 0,1 T/Ha día (peso seco) y un 10% de cobertura, y el superior por 0,2 T/Ha día y 20%. De esta forma, el problema de las plantas acuáticas de los futuros embalses puede ser convertido en el beneficio de un recurso renovable.

TABLA II: Aprovechamiento de la biomasa de hidrófitas flotantes en los embalses del Proyecto Paraná Medio

	Estimación mínima	Estimación máxima
Biomasa 10 ⁶ t/año	79	316
Metano 10 ⁹ m ³ /año	1,1	4,3
% consumo	14	59
Residuo 10 ³ t N/año	55	225
% consumo	203	820

Es necesario destacar aquí que el problema fundamental del Proyecto en relación a las plantas acuáticas es el control de la vegetación. No se habla en cambio de erradicarlas, ya que esto es virtualmente imposible: en ninguno de los países donde ha sido declarado como maleza el camalote ha podido ser eliminado completa y permanentemente luego de invadir un ambiente acuático, sino que a lo sumo se lo mantiene en cierto nivel de producción, que depende de las condiciones ambientales, los métodos de control utilizados, la frecuencia de su aplicación, etc.(30).

Los métodos de control de malezas acuáticas se clasifican en químicos (aplicación periódica de herbicidas), biológicos (introducción de un agente biológico enemigo de las hidrófitas) y mecáni-

cos (empleo de cosechadoras acuáticas (4,5)). Los métodos químicos, si bien son los más baratos, ocasionan efectos secundarios de variada gravedad, entre los que se destaca la descomposición in situ de los vegetales muertos lo que origina problemas ecológicos que pueden llegar a ser irreversibles. En el caso de los métodos biológicos, por definición son los ideales, pero su estudio recién está en los comienzos, el mismo es caro y prolongado ya que debe existir certeza de no afectar el equilibrio ecológico regional.

Los métodos mecánicos requieren una inversión inicial considerable, además de los gastos de operación y mantenimiento. Sin embargo, los efectos laterales son mínimos, el control es seguro, los aspectos técnicos están muy desarrollados existiendo en el mercado gran diversidad de modelos, y ofrece una ventaja fundamental sobre los anteriores: la utilización de la biomasa producida.

4. ESTUDIO DE LA PROPUESTA

La alternativa de control y utilización que proponemos se está estudiando en el CEFOTI según lo establecido por convenio entre Agua y Energía Eléctrica y el CONICET, y cuyo objetivo es desarrollar un programa de contralor y aprovechamiento de la biomasa vegetal flotante, especialmente en camalote, en los embalses del Proyecto Paraná Medio. Los estudios que se llevan a cabo incluyen:

- 1) Fermentación de camalote en un reactor de 5000 litros de capacidad, sin regulación de temperatura e instalado bajo nivel, y de diseño, construcción y operación sencillos. Esta unidad ha sido instalada en terrenos de la Central Termoeléctrica Sorrento de Rosario y está en operación desde principios de junio del corriente año.
- 2) Planta piloto de fermentación anaeróbica. Fig. 3

La planta consta de una trituradora con sierras montadas sobre ejes longitudinales, dos tanques de alimentación con sistema de agitación calefaccionada con vapor, un tanque fermentador de acero con agitación y provisto de sistema de calefacción, sistema de descarga del fermentador a través de una bomba tornillo, pileta de decantación de efluente, sistema de reciclaje y servicios para calefacción y dosificación. Está equipada con registradores de pH y volumen de gas. Esta unidad, que también será emplazada en la Central Sorrento ha sido diseñada para

estudiar las principales variables del proceso (temperatura, agitación, tiempo de retención, reciclado, tasa de carga) y se encuentra actualmente en construcción, previéndose su puesta en marcha hacia septiembre de 1981.

tiene lugar la fermentación anaeróbica por acción de una población bacteriana cultivada y dosificada al reactor. El biogas producido es recogido en la parte superior, medido y finalmente quemado en una antorcha. Esta planta funciona

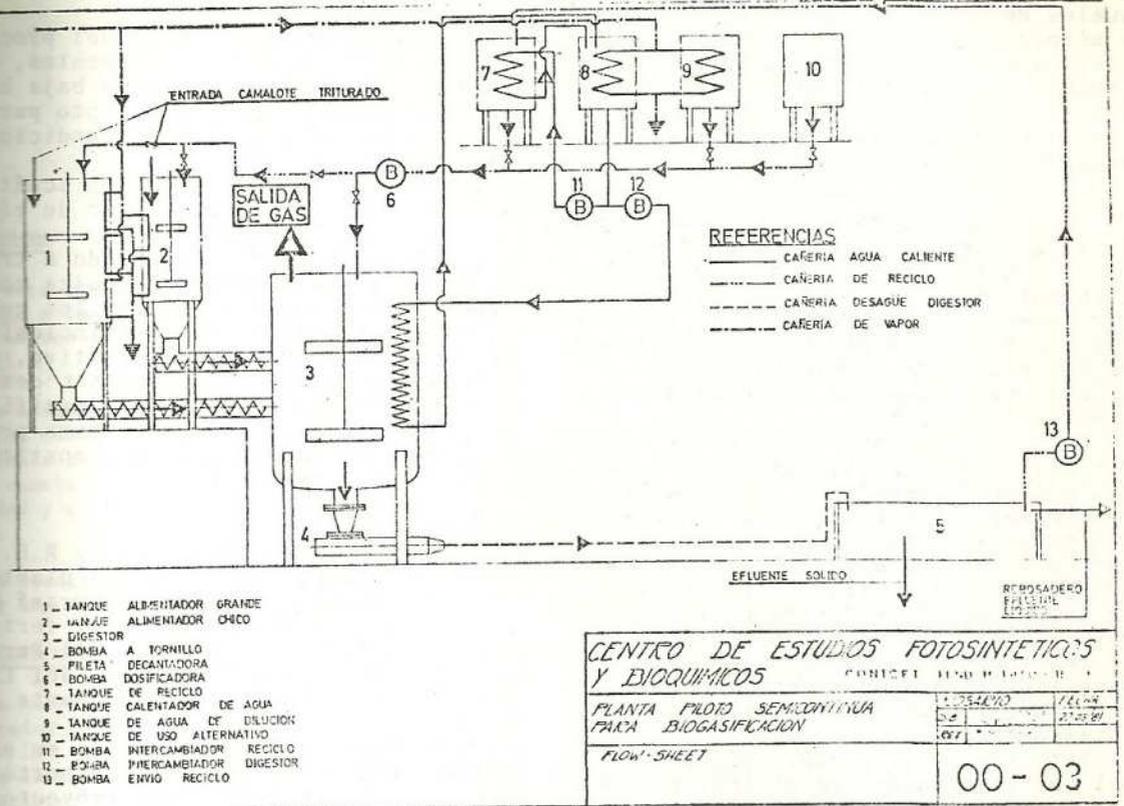


Fig. 3: Diagrama esquemático de la planta piloto de fermentación de camalote

El camalote tal cual es extraído de su medio natural es triturado para lograr un tamaño de partícula adecuado para su posterior fermentación. Luego es transportado a la tolva de carga donde se diluye a una concentración de 4 g ST*% con agua o reciclado del líquido sobrenadante del efluente y se lo calienta a la temperatura de trabajo. La suspensión es transportada de la tolva al fermentador por medio de un tornillo sin fin. Una vez en el reactor, que está calefaccionado para trabajar en el rango mesofílico y termofílico (30 a 60°C),

(*) ST: Sólidos Totales

trabaja con un régimen semicontinuo, con carga y descarga simultánea cada 24 horas. El efluente es descargado por medio de una bomba tornillo y conducido a una piletta de decantación donde se separa el líquido sobrenadante, que se recicla nuevamente al proceso previo acondicionamiento. Esto permite recuperar materia orgánica y biomasa bacteriana. Cabe señalar que el reactor es calefaccionado con agua caliente que es acondicionada en un intercambiador de calor con circulación de vapor. La investigación en esta planta permitirá realizar un estudio completo de todas las variables puestas en juego en el proceso para lograr sentar pautas para un proyecto en gran escala.

3) Propiedades del residuo de la fermentación. El estudio comprende etapas

sucesivas, utilizándose el producto obtenido de fermentaciones en escala de laboratorio y de los dos fermentadores descriptos anteriormente. Se está estudiando el residuo en lo referente a su respuesta inmediata (efecto sobre el rendimiento) y a su comportamiento en suelos de acuerdo a la dosis, momento y método de aplicación. Esta etapa se lleva a cabo en un invernadero construido en el CEFOTI con este propósito. Con la información suministrada por estas experiencias se planificará el trabajo bajo en parcelas y a campo.

El residuo de la fermentación, si bien es considerado como un subproducto cuando su objeto es la recuperación energética, podría en el caso que nos ocupa alcanzar una gran importancia, dado que el Proyecto Paraná Medio incluye la recuperación de 500.000 Ha de tierras que no son explotadas debido a las inundaciones provocadas por las crecidas periódicas del Paraná.

4) Estudios de laboratorio. Estos tienen por objeto determinar las condiciones óptimas de fermentación del camalote, determinar las constantes cinéticas del proceso, seleccionar cepas bacterianas que permitan una alta eficiencia del proceso, y desarrollar nuevos sistemas de fermentación. Por otra parte, las investigaciones sobre metanogénesis que se realizan en el CEFOTI desde 1977 han permitido fijar pautas precisas para el diseño de los fermentadores indicados anteriormente.

5) Estudios sobre productividad natural del camalote. Dado que el ambiente de las futuras represas será en algunos aspectos diferente al que brindan las lagunas isleñas, se deberá evaluar el crecimiento del camalote en aguas móviles y semidetenidas, y paralelamente a ello, determinar si el crecimiento resulta estimulado por efecto del cosechado de la cubierta flotante, y si es así, en qué medida. Los estudios correspondientes se realizan en cursos de agua cercanos a Cayastá (localidad situada a 70 km al norte de Santa Fe) y en la ribera de la Usina Sorrento en Rosario.

5. CONCLUSIONES

La alternativa propuesta por el CEFOTI en relación a la acumulación de plantas acuáticas en los embalses de Paraná Medio presenta las siguientes características:

- 1) Los embalses darán lugar a la producción de biomasa vegetal en elevada cantidad y circunscripta a una zona relativamente pequeña.
- 2) Las hidrófitas flotantes podrán ser cosechadas mediante el uso de maquinaria específica para ese propósito y la

biomasa colectada deberá ser transportada a la costa y procesada.

3) La fermentación anaeróbica del camalote permite obtener una mezcla gaseosa que puede ser utilizada como combustible tal como es producida o bien purificarse hasta equiparar su calidad con la del gas natural.

4) El residuo no fermentado del proceso es rico en nutrientes minerales, nitrógeno y materia orgánica de baja biodegradabilidad, y por tanto apto para su uso como fertilizante y acondicionador de suelos.

5) Se controlará la vegetación acuática eficazmente y con un mínimo de efectos laterales indeseables.

6) Los beneficios del procesado a través de la fermentación anaeróbica contribuirá al menos a compensar los gastos inherentes al control, e incluso podría brindar un balance positivo.

7) Nuestras actuales y futuras necesidades de energía y alimentos justifican plenamente el estudio de este procesamiento en función de que constituye un recurso renovable.

6. REFERENCIAS

- (1) R.H. Vallejos, C.N. Laurin y R.E. Fitzsimons. "Explotación de las plantas acuáticas en los embalses de Paraná Medio para la producción de gas y fertilizantes". Segundas Jornadas del Paraná Medio, Universidad Nacional del Litoral, 4-6 de octubre de 1979, Santa Fe (1979).
- (2) H.S. Massera. "La vegetación en el área de embalse de los cierras norte (Patí) y sur (Chapetón) del Proyecto de Aprovechamiento Integral Paraná Medio. Evaluación preliminar". Gerencia de Estudios y Proyecto Paraná Medio, Agua y Energía Eléctrica, Santa Fe (1979).
- (3) Anon. 1975. "Aquatic weed management workshop (Report)". 24-29 de noviembre de 1975, Khartoum, Sudan (1975).
- (4) D.S. Mitchell. "Aquatic Vegetation and its Use and Control". UNESCO, París (1974).
- (5) E.O. Gangstad. "Weed Control Methods for River Basin Management". CRC Press, Inc., West Palm Beach, Florida, USA.
- (6) L.R. Popelka. "Descripción particular del Proyecto Paraná Medio". Primeras Jornadas del Paraná Medio, Universidad Nacional de Entre Ríos, 24-26 de agosto Paraná, (1978).

* Trabajo financiado por Agua y Energía Eléctrica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.