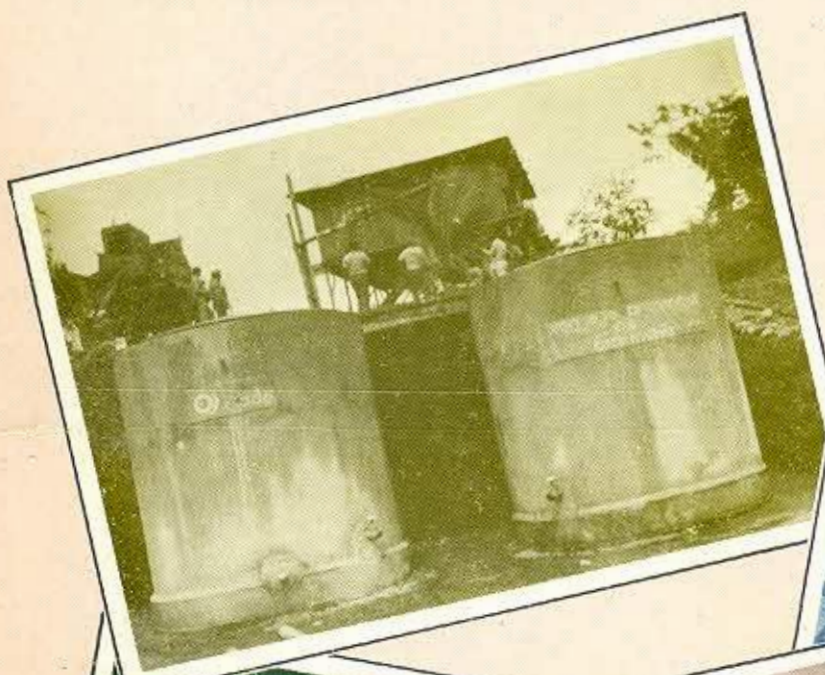




**ORGANIZACION
LATINOAMERICANA
DE ENERGIA**
SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 14

ENERO /MARZO 1980



degradación anaerobia de biomasa, la mas viable opción actual para uso masivo de la energía solar

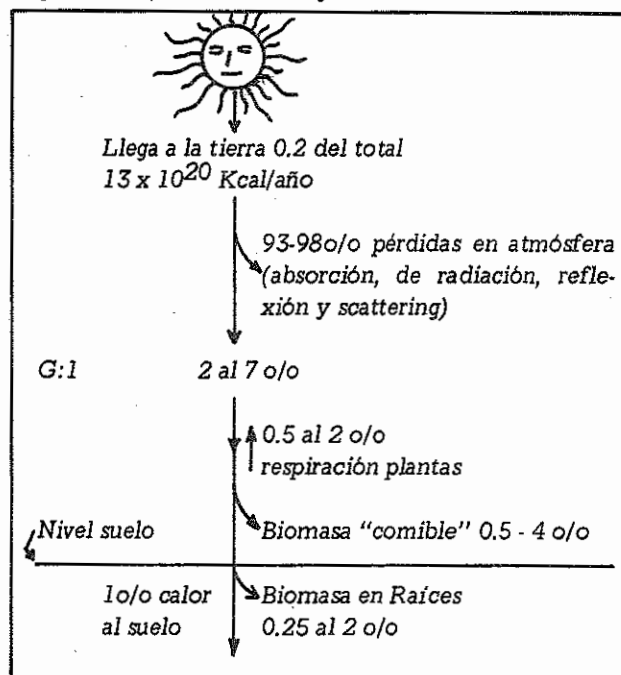
RESUMEN

Se dan algunas cifras respecto a la producción de biomasa en la tierra datos de eficiencia en la conversión de varios ecosistemas energía solar a energía bioquímica, comparando y discutiendo algunos de ellos. Se analizan varios de los procesos en que existen "desechos" orgánicos; se asocian a lo habitualmente hecho en diversas prácticas: municipales, industriales, agrícolas, pecuarias, acuícolas, etc. Se proporcionan diversos datos del proceso de degradación anaerobia, desde un punto de vista de optimización real, no parcial y/o circunstancial, enfatizándose en ejemplos de operación que nos indican la redituabilidad del proceso.

INTRODUCCION

En términos globales promedio, se considera que la radiación que llega al suelo es de unas. 500 cal/cm²/día.

Para obtenerse esto, es necesario considerar lo que sucede, visible en la Fig. 1



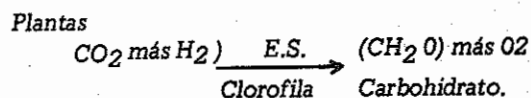
De ella se deduce que a nivel del suelo es factible aprovechar solo entre un 2 y un 7 o/o de lo total.

La Naturaleza nos ha dotado de mecanismos para fijar tal energía y poderla aprovechar. Desde siempre ellos han sido los ecosistemas. De hecho sólo existen las siguientes formas naturales de fijación:

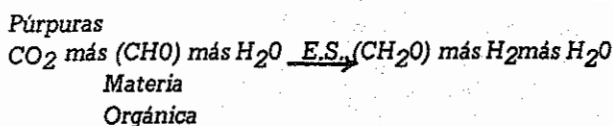
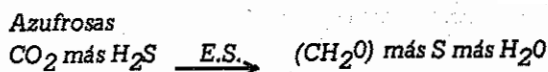
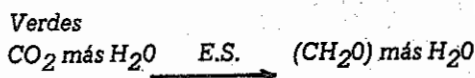
A) Fototropos (Plantas inferiores, superiores y algunas bacterias).

Estos organismos, en muy diversos arreglos "toman" la energía solar y la convierten a bioquímica. Las reacciones que se producen son las siguientes.

Jesús Arias Chávez, Físico
XOCHICALLI, México



Bacterias:



B) Energía en forma de calor

Esta energía se fija en diversos ecosistemas sirviendo a múltiples procesos naturales. Por simplicidad destaquemos 3 por su forma de liberación energética.

- I) Calor (cedido para ambientación)
- II) Energía Eólica
- III) Energía Hidráulica.

En los casos (II) y (III) también intervienen otros componentes de tipo gravitacional y topográficos, los cuales condicionan las formas y cantidades de liberación en cada sitio.

Así el hombre (y todos los seres vivos) han dependido de tales medios para su subsistencia: alimentación O₂, agua donde se regenere, temperaturas adecuadas, transportación, (Pólen, insectos, hormonas, de productos minerales deslavados y/o erosionados, etc.) generación de energía, etc.

De hecho los combustibles fósiles, que ahora depredamos, son una fantástica forma de acumulación energética del sol a través de la biomasa, la cual se almacenó durante milenios para que la consumamos en un instante

Por ejemplo en nuestro país inciden entre unos 4 a 8 x 10⁹ kcal/ha/año. Consideremos el valor más bajo y recordemos que alrededor del 1 o/o se convierte en energía de tipo bioquímico. Este parámetro es válido para praderas. No toda esta energía está disponible puesto que cerca del 25 o/o se "va" en la respiración quedando sólo algo así como 0.3 x 10⁹ Kcal/ha/año, o sea

300 G cal/ha/año - PPN

G cal - 10⁹ cal

que representaría la productividad primaria neta. Considerando factores climáticos adversos la anterior productividad, promedio nacional bajo, podríamos reducir a la cuarta parte en las tierras de labor, 8 o/o del territorio. Es decir,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{PPN} \\ \text{real} \end{array} \right\} - 75 \text{ G cal/ha/año (Tierra)}$$

Para el caso del ecosistema costero, la eficiencia es mayor pues se han medido de hasta un 86 o/o real en las 200 millas, en promedio. Sin embargo consideramos un conservador.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{PPN} \\ \text{real} \end{array} \right\} - 350 \text{ G cal/ha/año (Mar patrimonial)}$$

En cuanto a los demás ecosistemas, no de labor, se han medido productividades equivalentes o aún mayores a las tierras cultivadas. Como tenemos una gran faja desértica consideramos que la productividad promedio alcance tan solo 60 G cal/ha/año.

Simple cálculos nos llevan a las siguientes cantidades para nuestro país:

Áreas Cultivadas	1.200 x	10 ⁶ G cal
Mar Patrimonial	122.500 x	10 ⁶ G cal
No cultivado	15.000 x	10 ⁶ G cal
TOTAL	138.700 x	10⁶ G cal

Según datos de la comisión de Energéticos, nuestro país consumió en 1972.

4,000 x 10⁶ G cal

es decir 1/35 de lo que aún en promedio bajo se obtiene como biomasa (energía bioquímica disponible); lo que nos "comemos", que de ningún modo llega a 1×10^6 G cal, vemos que realmente no cuenta.

De lo anterior deducimos que la biomasa bastaría y sobraría para proveer de toda la energía que necesitamos, de poder transformarla de energía bioquímica a las utilizables.

Para éste y otros propósitos estudiemos la tabla 1.

Se observa de ella que, desde el punto de vista biológico, la conversión de biomasa es de los más eficientes, pudiendo llegar hasta el 70 o/o con un promedio de 55 o/o.

Por cuanto a la utilización de la energía del biogas para usos caloríficos mecánicos, y/o eléctricos, vemos según las mismas tablas que la eficiencia total desde biomasa a cada "producto" es:

Biomasa → Calor	41.25
Biomasa → Energía mecánica	22.75
Biomasa → Energía eléctrica	18.2

Tomando los valores promedios; los cuales pueden mejorarse.

Por el lado del concentrador solar de alta temperatura, para convertir desde sol hasta energía mecánica y eléctrica.

Sol → Vapor	40 - 60
Vapor → Energía mecánica	40 - 46
Sol → Energía mecánica	21.5
Sol → Energía eléctrica	17.2

De nuevo tomando promedios, mejorables me-
que antes.

Vía fotoceldas, los límites prácticos actuales, según la bibliografía, son de un máximo de un 12 o/o en conversión sol → electricidad.

En cuanto a generación eólica, vemos que puede lograrse hasta un 35 o/o de eficiencia en conversión a electricidad y en 44 o/o en conversión a energía mecánica.

Para analizar comparativamente los diferentes tipos de conversión comencemos de atrás hacia adelante.

Energía eólica:

Esta aparece con las más altas eficiencias. Seguramente por ello se ha usado históricamente y volverá a llegar a un uso adecuado al revalorizarse y modernizarse. Conviene aclarar varias cosas al respecto. La eficiencia de los procesos puede ser muy alta pero antes es básico contar con viento. Puede sonar obvio pero esto no ocurre ni tan frecuente ni tan intensamente como uno quisiera, menos en nuestro país que en otros (USA, Argentina, Australia, etc.). Así resulta un factor limitante en buena parte del interior del país, para usos de generación eléctrica ¿porqué separamos?

Resulta que para alcanzar las altas eficiencias citadas, es necesario equipo sofisticado, a efecto de lograr alta velocidad rotacional y así poder transmitir con el mínimo de pérdidas a generadores eléctricos, normalmente de altas RPM. (Nota.- Ponencia del Sr. José Arias Chávez, en relación al uso de veleros de cabotaje).

Aunque así también se obtendría gran eficiencia a conversión mecánica, tal solución no proporciona adecuada inercia para bombas o molinos. Además dados los perfiles aerodinámicos de alta eficiencia, que presentan poca área frontal al estar parados, requieren de un alto umbral, es decir de baja a media velocidad se desperdician.

Obviamente la sofisticación aumenta los costos. En una experiencia de más de un año con la SCT y Xochicalli, se bajó el costo de generación a \$ 2.61/kwh en 1975, medidos en la base aerogenerador a 8m. del generador eléctrico, en un lugar de buena intensidad y constancia de viento, valor promedio durante la experiencia. El problema comienza en la transmisión de un bajo voltaje (12-16-v), de C.C. y, paralelamente en la acumulación. Líneas de transmisión de más de unos 50 m. tienen costo prohibitivo. Tener que acumular 1 kwh es similarmente carísimo si no se tiene suficiente constancia.

Si no se usa de modo más o menos similar a la presencia del viento adecuado, tener baja capacidad de almacenaje redundará en pérdidas perennes de energía.

Para generar sólo energía mecánica se pueden efficientizar veleros, aerobombas y molinos de viento.

En el caso de estos dos últimos, para usos estacionarios, baja grandemente la eficiencia práctica al tener que usar aspas de gran área y baja eficiencia aerodinámica inherente. Además la transmisión intro-

duce su factor, pues no hay que olvidar que se requiere gran torque. Esto ayuda al margen de utilización de los equipos en cuanto a intensidad del viento. Sin embargo, la eficiencia baja alrededor del 15 o/o. Énfasis especial habrá de hacerse en bajar los costos de construcción y facilidad y costo de operación - mantenimiento.

Además no deja de ocurrir el que no se pueda trabajar por falta de viento al no tener acumulación. En este sentido deberá buscarse una combinación eólico-hidráulica, donde sea factible, para acumular energía potencial a buen costo y disponible cuando se requiera, dentro de los márgenes económicos adecuados. Por otro lado, esto exigirá la introducción adicional de una turbina para operar al abrir válvulas y generar electricidad o energía mecánica, según sea el diseño. Obviamente la complejidad y costo aumentan, bajando la eficiencia notablemente. Otra opción en estos sistemas será un híbrido que pueda generar energía mecánica y/o eléctrica en detrimento de la eficiencia de cada sistema separado, por lo ya dicho; la utilidad real lo hará mucho más factible.

Foto-conversión

Solo veremos el uso de fotoceldas. Es bien conocido el limitante económico para un uso masivo, que provea una cantidad apreciable de energía, aunque no se objeta su uso en condiciones muy específicas, donde es insustituible (satélites, estaciones, remotas, boyas, servo-mecanismos, etc.). A escala práctica su contribución para obtener cantidades adecuadas de energía, se ve limitada por dos factores:

- Económico Directo.
- Acumulación, que es limitante económico-eficiente-práctico.

Tendrá que seguirse investigando arduamente en el tema a efecto de ir minimizando costos. Una opción interesante es la de concentración de hacer solares en foto-celdas y enfriar, éstas con fluidos que nos provean de calor para otros usos, es decir, híbridos foto-generación-termo-generación. De cualquier modo las eficiencias de conversión aún no son adecuadas, existe problema de líneas de transmisión, el del costo (entre \$15 y \$25 U.S dólares en nuestro país) y el de la acumulación imponen barreras actualmente insuperables a su difusión y contribución notable.

Termo - conversión

Para alcanzar las eficiencias señaladas resulta evidente que se trata de vapor sobrecalentado. Esto implica una gran complejidad tecnológica y alto costo y dificultad operativa y de manutención asociados.

Otros factores imponen nuevas restricciones fuertes:

La calidad de concentración requiere de haces de luz solar directa, no difusa, de modo que en casi cualquier nublado no opera el sistema.

Se requiere de mecanismos complejos para orientación, es decir, para seguir automáticamente y de cerca la trayectoria del sol.

Son necesarias turbinas de vapor asociadas al sistema, para alcanzar la citada eficiencia, complejidad y costo extra.

Solo funcionan en días soleados, sólo durante algunas horas del día.

Se requiere usar la energía al generarse pues de otro modo se agregará la acumulación, con sus costos y problemas, etc.

Nuevamente se encuentran muchos obstáculos a la utilización masiva y en todo caso mucho habrá de trabajarse nuevamente en híbridos integrales con fotoceldas, como ya se dijo, y con generación de calor para otros fines.

Entrando al tema de biomasa, aparte de encontrarnos con eficiencias muy adecuadas para diferentes transferencias, podemos apuntar otros factores favorables.:

- Simplicidad en la adaptación de los sistemas de combustión actual al uso de biogás, aún a baja presión real.
- Factibilidad práctico-económico de (auto) construcción de digestores anaerobios para su generación de cualquier tamaño, desde para drenaje y basura domiciliaria (casa por casa), hasta enormes sistemas para establos colectivos, ciudades, etc.
- Generación descentralizada de energía y, como valiosísimos productos, nutrientes, fertilizantes y agua de riego o para acuicultura o nuevo crecimiento de biomasa, fertilizada.
- Altísima reutilizabilidad.
- Proporcionan descontaminación real, no circunstancial, entre otros beneficios sanitarios, etc.

Capítulo aparte, quiero remarcar que la biomasa que se produce, representa de acuerdo con lo anotado, un fantástico acumulador, de este modo pu-

diendo ocupar muchísimo más fácil, la energía transformada en el momento que se requiera, a costos bajísimos.

Por otro lado, como actuales subproductos, mal llamados desechos se obtienen enormes cantidades de biomasa, mucha ya inocularada para poder digerirse anaeróbicamente.

O sea que del 50 o/o que es aprovechable finalmente por el vacuno (en mantenimiento y producción 25 o/o - y en estiércol - 25 o/o), la mayor parte de energía se pasa a estiércol. Al mal manejarlo estamos tirando lo más por lo menos.

El enfoque de reusar lo que ahora tiramos no sólo servirá para descontaminar, sino que nos paga grandes dividendos.

Nuestro grupo ha trabajado en la optimización integral, práctica y económica del proceso de digestión (degradación) anaerobia, llegando a obtener sistemas de bajo costo y sencillez, alta eficiencia termodinámica y fácil (de hecho más fácil que tirar basura o

manejar estiércol ahora) manejo, en simbiosis constructiva, operativa; tal es el caso de lo que llamamos sistema unitario de tratamiento y reuso de agua y nutrientes (en cada casa o módulos, se tratan y reusan aguas desechadas y basura orgánica), los digestores para estiércoles y desechos agrícolas, acuícolas, forestales, las plantas dual de tratamiento y reuso para ciudades (fábricas autofinanciales a partir de drenajes y basuras), el oasis creciente, etc.

Más datos de los procesos, de su importancia, etc., pueden tomarse de la ponencia del Ing. José Arias Chávez, "Degradación anaerobia de desechos orgánicos, prioridad estratégica para el ecodesarrollo" que se presenta en este mismo seminario.

Concluimos que, con sistemas simples, de pequeños a enormes, podemos aprovechar no sólo la energía sino también los nutrientes acumulados en la biomasa, en el lugar y en el momento programado, a bajo costo, descentralizadamente, etc., todo lo cual nos lleva al título dado a este trabajo: "Degradación Anaerobia, de biomasa, la más viable opción actual para el uso masivo de la energía solar".

TABLA 1

o/o EFICIENCIA DE CONVERSION EN ENERGIA SOLAR COMPARADAS CON OTRAS			
TIPO CONV.	DEL PROCESO	CONV. A CALOR	CONVA ELEC-TRICIDAD
Baja temp. en sol → agua caliente		20	
Alta temp. colector solar		50 - 80	
Sol → vapor		40 - 60	
Foto celda:			5
CdS			12
Si			
viento → mec.	44		
viento → elec.			35
en sol → en. bio-química en plantas	0.3 - 3		
en. plantas → en herbívoro	5 - 10		
en herb. → en carnívoro	5 - 15		
en sol → en un bosque (madera)	0.5 - 3		
en madera → calor (vapor)		60 - 80	
biomasa → biogas	40 - 70		
biogas → calor		75	
bio → calor → mec.	25 - 40		
en mec. → en elect.			80
Desp. org. → elect. (vía biogas)			0.02-0.5
biomasa → metanol	55		
en calor → en. mecánica			
gasolina	67		
diesel	64		
(óptimos)			

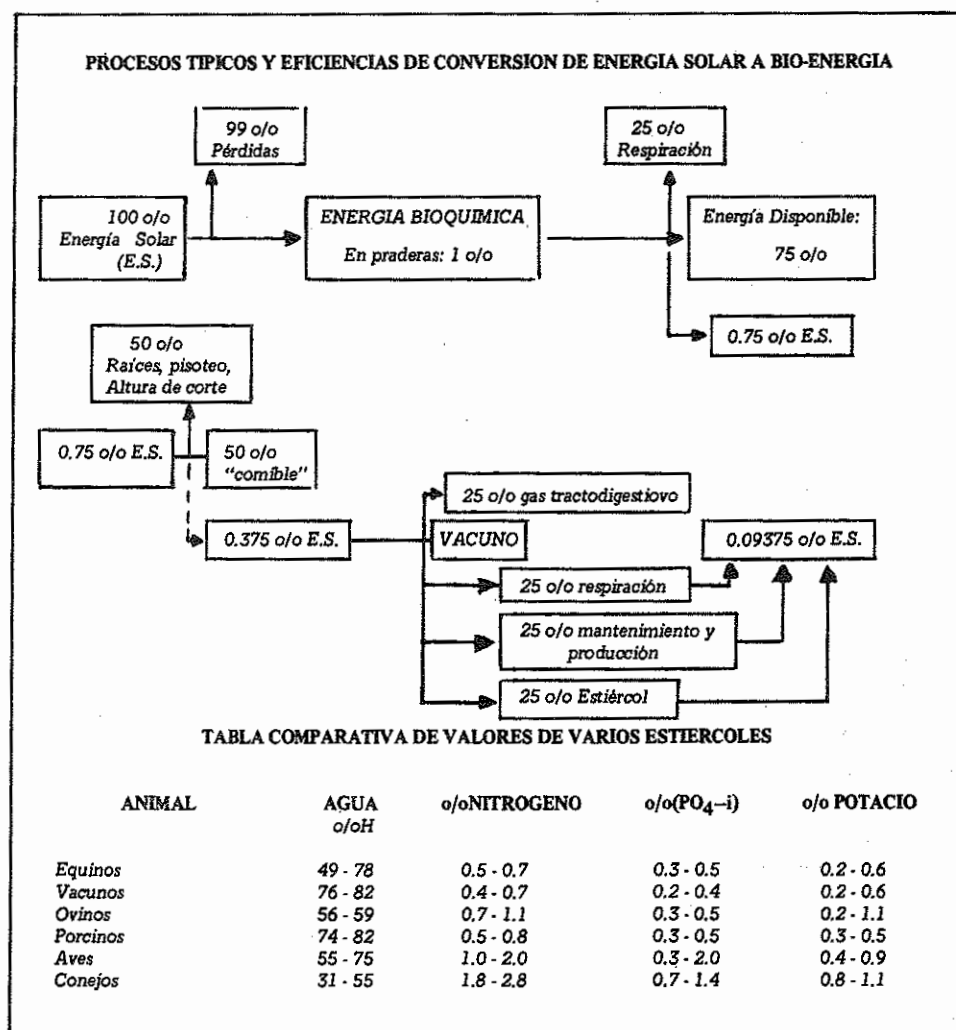
Nota.- En procesos bajo control extremo (laboratorio), ciertas algas pueden llegar a una eficiencia del 30 o/o.

Tomado del ENERGY, ED. PORTOLA INST.

- Tal es el caso de:
1. Desechos Agrícolas
 2. Desechos Pecuarios
 3. Desechos Acuícolas
 4. Desechos Agroindustriales
 5. Desechos Municipales
 - a) Basuras "sólidas"
 - b) Lodos de drenaje
 - c) De rastros
 - d) etc.
 6. Desechos de tipo orgánico de industrias.
 - a) Silvícolas
 - b) Papel
 - c) Alimentos
 - d) Caña
 - e) Etc.
 7. Desechos Domésticos
 8. Desechos Rurales
 9. Etc.

Casualmente (?) todos ellos son hoy contaminantes, absurda paradoja pues representan enormes cantidades de recursos, entre otros, energéticos. Un breve ejemplo se observa en la siguiente tabla.

TABLA II



POSIBILIDAD DEL USO DEL JACINTO ("LIRIO") ACUATICO

Dentro del Proyecto Xochicalli se comenzó a evaluar, por ello no se propone aún su adopción masiva, el tratamiento de aguas negras a base de jacinto acuático (*EICHHORVIA CRASSIPES*), dadas las increíbles propiedades de éste para tal efecto en nuestro país, aunado a su altísima reproducción. Obviamente que se deberá hacer en forma controlada para evitar aún más su proliferación en donde no convenga o se desee su existencia.

Se puede usar directamente al effluente de fosas -digestores y trampas de grasas para bajar la DBO, SST, diversos minerales, grasas, etc., para finalmente pescarse en una secuencia predeterminada (evitando el asemillado u otra forma reproductiva incontrolada, carga excesiva, etc.) y disponerse directa y/o indirectamente. En el primer caso se anexan las características nutrientes promedio con objeto de usarse como alimento de ganado; en el segundo caso se cargará a

digestores de metano pues se reporta que puede obtenerse gran cantidad de biomasa como lo es unos 25 Kg./m² (estanque)/día que pueden producir unos 140 lt. de gas metano y 0.5 Kg. de abono. Otra alternativa sería su directa disposición a tierra (temporal) a la que se le aplique un barbecho posterior, como mejorador (humus), fertilizante bajo, y como punta de riego debido a la gran cantidad de agua que almacena. Debe citarse que su disposición como alimento de ganado debe evaluarse pues al ser vehículo el caracol acuático y éste portador de la fasciola hepática, análisis de procesos para eliminarla se necesitarán.

De cualquier modo lo que sí es evidente es que debía promoverse una campaña masiva de recolección controlada para usarse en digestores y así tenga un uso rentable todo el que existe y representa un grave problema al país. Es decir, transformar lo que actualmente es considerado una plaga en una fuente de aprovisionamiento de energía (metano y fertilizantes) en prácticamente cualquier parte del país. O su "riesgo" e introducción a los suelos.

COMPOSICION DEL ALIMENTO DEL JACINTO DE AGUA

COMPOSICION GENERAL

Proteína Cruda	17.22o/o
Fibra cruda	15.18o/o
Contenido de Cen-	16.18o/o

COMPOSICION POR ELEMENTOS

Fósforo	0.7-1.0o/o	Magnesio	0.20-0.30o/o	Carbono	32.0-34.5o/o
Potasio	2.0-3.5o/o	Manganeso	0.005-0.008o/o	Hidrogeno	5.4- 5.8o/o
Sodio	1.5-2.5o/o	Hierro	0.025-0.050o/o	Nitrógeno	2.72-3.52o/o
Calcio	0.6-1.25o/o	Zinc	0.05-0.05o/o	Azufre	0.30-0.42o/o

CUANDO LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES O INDUSTRIALES NO CONTIENEN MATERIALES TOXICOS NI VENENOSOS, LOS JACINTOS DE AGUA COSECHADOS PUEDEN SER SECADOS Y CORTADOS PARA OBTENER UN PIENSO ADICIONAL DE ALTA PROTEINA

COMPOSICION DE PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Item	Harina de semilla de algodón	Harina de soja	Jacinto de agua
Análisis químico, o/o	39.1	44.5	17.5
Proteína cruda	13.7	6.2	15.5
Fibra cruda	1.18	0.70	1.40
Calcio	0.22	0.45	0.36
Fósforo			
Análisis de aminoácidos	5.40	6.49	4.19
Lisina	2.16	2.63	2.94
Histidina*	5.17	6.98	11.52
Arginina	19.22	12.18	10.24
Aspártico	4.86	4.26	3.77
Treonina*	4.94	5.51	4.94
Serina	13.66	19.36	22.80
Prolina	5.56	4.48	4.84
Glicina	6.33	4.58	4.32
Alanina	5.48	4.80	4.89
Valina*	1.31	1.37	1.59
Metionina*	4.40	4.90	3.69
Isoleucina*	7.80	7.98	6.58
Leucina*	3.55	3.94	3.51
Tirosina	5.10	5.37	6.01
Fenilalanina			

a Gramos de aminoácido por 100g de proteína: *Aminoácidos esenciales

Aunque la proporción de proteína y aminoácidos de la harina de jacinto es considerablemente menos que la de harina de semilla de algodón y de soja, la harina de jacinto es un producto derivado económico del tratamiento de aguas residuales.