

Tratamiento anaeróbico de la fracción orgánica municipal

Gloria Plaza* Patricia Robredo Osvaldo Pacheco †Antonio Saravia Toledo†
Orlando Jerez

INENCO[§]

Universidad Nacional de Salta

Buenos Aires 177

4400 - Salta.

Colaboración: María Rita Martearena, Elsa Scaroni, Mónica Camacho (Fac. de Cs. Exactas - UNSa), Ing. Eduardo Corbalan (INTA).

Resumen

Se caracteriza en laboratorio la fracción orgánica de los residuos domiciliarios. El material en estudio se obtuvo de un muestreo estadístico llevado a cabo en dos poblaciones, una urbana y otra rural distantes 15 km entre sí, en la provincia de Salta.

Se analiza el futuro comportamiento del proceso de biodigestión con el objeto de biodegradar esta biomasa en forma combinada aeróbica - anaeróbica para producir biogas y bioabono.

Se determinan las relaciones C:N:P que corresponden a ambas poblaciones analizando las posibles compensaciones con otros sustratos para garantizar el buen funcionamiento de la digestión.

Los valores de Azúcares totales/Proteínas para ambas poblaciones, previenen un comportamiento estable de la biodegradación anaeróbica, en contraposición de otros sustratos vegetales, tales como tomate (2).

1 Introducción

La fracción orgánica de los residuos domiciliarios es característica de cada población; por ello, a pesar de disponer de un nutrido material bibliográfico sobre la composición de esta fracción de otras poblaciones (2) (3), es necesario determinar la composición química y biológica para una comunidad en particular.

La fracción orgánica domiciliaria de la ciudad de Salta corresponde al 55,4 % de la producción total de residuos, siendo para Cerrillos, comunidad rural distante 15 km de la ciudad, de 49,2 %. La menor proporción para esta última comunidad es debido a que la

*Profesional del CONICET. Fac. de Ingeniería

†Fac. Ingeniería

†Fac. Cs. Exactas

§Instituto UNSa. CONICET

población aprovecha parte de sus residuos orgánicos para alimento de ganado y compost (4).

2 Digestión anaeróbica

La degradación anaeróbica de materiales orgánicos es un complejo proceso en el cual una gran variedad de microorganismos convierten de manera conjunta la materia orgánica compleja en metano, dióxido de carbono, agua, sulfuro de hidrógeno y amoníaco.

El proceso de digestión anaeróbica comprende las etapas de hidrólisis, fermentación, acetogénesis y metanogénesis.

En el proceso de hidrólisis, sustancias poliméricas no disueltas son convertidas en monómeros o dímeros disueltos. A esta etapa afectan diversos factores como temperatura del proceso, tiempo de retención hidráulica, composición del sustrato (% de lignina, carbohidratos, proteínas, y grasas), tamaño de partículas, pH, concentración de NH_4^+ , concentración de los productos de hidrólisis (ej. ácidos grasos volátiles). Para el caso de la digestión de residuos domésticos resulta una etapa limitante en la digestión anaeróbica.

La etapa de fermentación es un proceso microbiológico de degradación en el cual compuestos orgánicos pueden actuar como dadores y aceptores de electrones. Compuestos orgánicos complejos que se encuentran disueltos en el medio son convertidos mayormente en ácidos grasos volátiles. En esta etapa se generan protones por lo que es necesario un buen poder buffer en el sistema.

En la acetogénesis, productos de la etapa anterior reaccionan formando primordialmente ácido acético, como así también H_2 y CO_2 . Las reacciones ocurren siempre y cuando la presión parcial de hidrógeno sea no mayor que 10^{-4} atm (ΔG_o menor que cero). Esto sólo ocurre si el hidrógeno producido por los microorganismos acetogénicos es consumido por los microorganismos metanogénicos hidrogenotróficos (consumen hidrógeno y producen metano. Se produce un fenómeno casi simbiótico conocido como "Transferencia Interespecífica de Hidrógeno").

En la metanogénesis el 70% del metano es producido por las bacterias acetotróficas (*Methanotrix* y *Methanosarcina*), con mayor afinidad por el sustrato. El 30% restante lo producen las hidrogenotróficas a partir de H_2 y CO_2 , como así también a partir de formiato.

3 pH y Alcalinidad

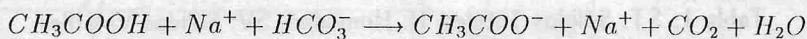
El pH óptimo para la metanogénesis a partir de una mezcla de ácidos grasos volátiles (VFA) está entre 6,5 y 7,5, considerándose como mínimo 5,9, aunque existen excepciones y posibilidades de aclimatación de las bacterias. Cuanto mayor sea la concentración de VFA, menor será el pH y aumentará en consecuencia la concentración de las formas no disociadas, que son las tóxicas. El poder buffer es necesario para neutralizar la producción de VFA, siendo el buffer ideal del sistema:



Los VFA, si bien son ácidos débiles, tienen capacidad buffer alrededor de 4,8, lo que no es suficiente para la digestión anaeróbica. Un aumento de la concentración de ácidos grasos

conduce irrevocablemente a una disminución de la alcalinidad de bicarbonatos.

Con un efluente determinado, y bajas condiciones estables de operación, el control del pH del sistema depende principalmente de $[HCO_3^-]$. Si hay suficiente alcalinidad de bicarbonatos en el sistema, la formación de VFA conduce a :



El pH sólo bajará cuando TODA la alcalinidad de bicarbonatos sea removida de la solución debido a la formación de VFA.

4 Experiencia en laboratorio

Con el fin de desarrollar una caracterización de la fracción orgánica municipal, se determinaron diariamente distintos parámetros para evaluar las cargas diarias que se realizarían en un sistema de tratamiento biológico de la ciudad de Salta. Los análisis se desarrollaron según lo establecido en (6).

4.1 Material caracterizado

El material caracterizado química y biológicamente corresponde al obtenido de la recolección de las familias representativas de los distintos estratos sociales de la ciudad de Salta durante 6 días consecutivos, paralelamente fue estudiada la comunidad semirural de Cerrillos.

Este muestreo se basó en un estudio estadístico previo que fijó las variables a determinar (4).

Los pasos seguidos para la caracterización fueron los siguientes:

- Homogeneización.
- Cuarteo.
- Trituración.
- Análisis químicos.
- Operación del reactor y estudio de la estabilidad.

La estabilidad de la digestión fue experimentada en un reactor de 18l de capacidad, incorporándole inóculo de un digestor en actividad en una proporción del 5% de la carga.

5 Resultados Experimentales

Se determinaron diariamente las variables, cuyos promedios semanales se detallan en tabla 1.

Comunidad	pH	ST %	H %	SV % ST	Cenizas % ST	DQO %mg/ST
Salta (urbana)	5,5	25,0	75,0	84,6	15,4	114.98
Cerrillos (rural)	6	25,2	74,8	82,5	17,5	144.69

Tabla 1: ST: Sólidos Totales, H: Humedad, SV: Sólidos Volátiles

El nitrógeno es esencial en todo organismo viviente para la formación de proteínas. Con insuficiente cantidad de nitrógeno las bacterias no pueden utilizar todo el carbono resultando un proceso ineficiente. La relación carbono a nitrógeno (C/N) no debe exceder el valor de 30 y se considera como valor ideal de 16 a 20 (5). Aconsejando para N/P un valor de 7.

En la siguiente Figura 1 se muestra los valores de C/N y N/P para ambas comunidades

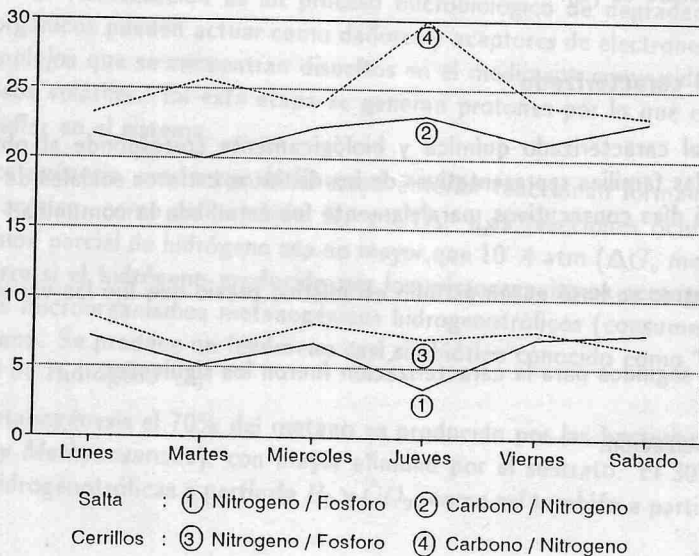


Figura 1: Relaciones Carbono / Nitrógeno y Nitrógeno / Fósforo

De los datos graficados se observan que en ambas comunidades los valores C/N están por encima del rango óptimo, acentuándose esta diferencia para la comunidad de Cerrillos.

Se prevee que sustratos ricos en proteínas tendrán efecto tampón alcalino elevado, manteniendo la capacidad buffer del sistema y sustratos con alto contenido en carbohidratos, requieren adición de álcalis.

Se grafica en Figura 2, diariamente la relación de azúcares totales a proteínas durante una semana para los sustratos de las comunidades antes mencionadas.

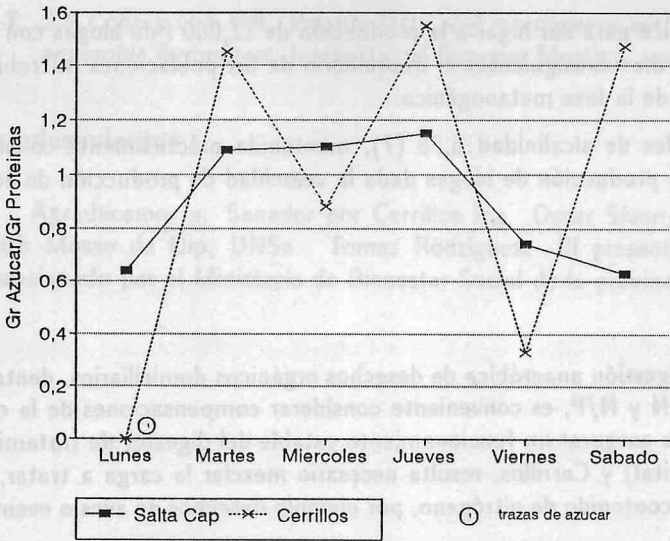


Figura 2: Relación Azúcar Total/ Proteínas

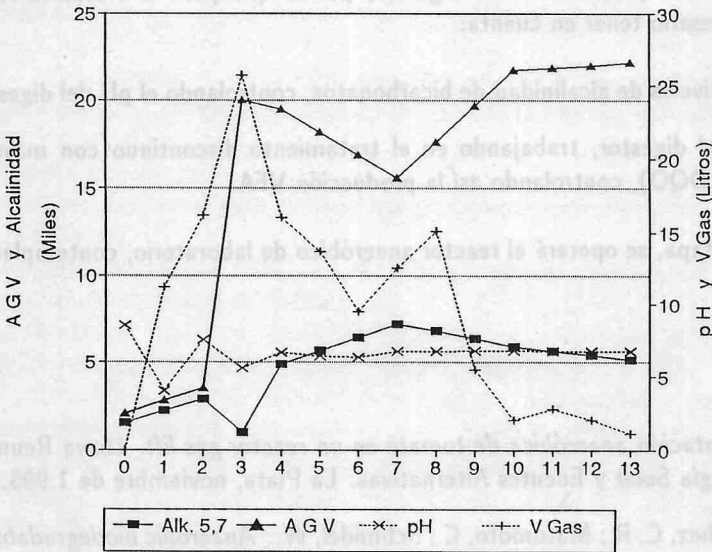
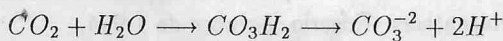


Figura 3: Análisis de estabilidad en un reactor anaeróbico

Como se observa en la Figura 3, a pesar de controlar el pH inicial a 8,54, la producción de ácidos grasos volátiles da lugar a una disminución del pH a un valor de 4,43. Este punto es difícil de cambiar con controlantes químicos por la resistencia que ofrece el poder buffer de los ácidos grasos 4,8. Además la alta producción de CO_2 da lugar al siguiente equilibrio químico:



lo que acentúa la disminución del pH.

A pesar de la crítica situación del día 3, evacuando el CO_2 y controlando el pH a 6,77 se logra una disminución notable de la producción de ácidos grasos volátiles, lográndose

activar la fase metanogénica para dar lugar a la producción de 11,000 l de biogas con 25% CH_4 en el día 5. En los días subsiguientes el desequilibrio de las poblaciones microbianas da lugar a una inhibición de la fase metanogénica.

A pesar de los niveles de alcalinidad 5,75 (7), mantenida prácticamente constante fue imposible recuperar la producción de biogas dada la velocidad de producción de ácidos grasos volátiles.

6 Conclusiones

Para desarrollar la digestión anaeróbica de desechos orgánicos domiciliarios, dentro de los niveles óptimos de C/N y N/P, es conveniente considerar compensaciones de la carga al reactor. Por ello, y para asegurar un funcionamiento estable del digestor de tratamiento de residuos de Salta (capital) y Cerrillos, resulta necesario mezclar la carga a tratar, con biomasa con relativo alto contenido de nitrógeno, por ejemplo desechos de aves o eventualmente de tomate.

El incremento en la concentración de VFA da lugar a una inhibición de las poblaciones bacterianas metanogénicas presentes en el digestor, por lo que para el tratamiento de residuos sólidos es necesario tener en cuenta:

- Mantener altos niveles de alcalinidad de bicarbonatos, controlando el pH del digestor.
- No sobrecargar el digestor, trabajando en el tratamiento discontinuo con mayores diluciones (bajar DQO), controlando así la producción VFA.

En una próxima etapa, se operará el reactor anaeróbico de laboratorio, contemplando estas premisas.

Referencias

1. G. Plaza. *Fermentación anaeróbica de tomate en un reactor gas-lift*. 16ava Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. La Plata, noviembre de 1.993.
2. Peres, C.S.; Sanchez, C. R.; Matumoto, C.; Schmidel, W.. *Anaerobic biodegradability of the organic components of municipal solid wastes*. Wat. Sci. Tech., Vol. 25, N 7, pp. 285-293, 1.992.
3. D. P. Chynoweth, J. Owens, D. O'Keefe, J.F. Earle, G. Bosch, R. Legrand. *Sequential Batch Anaerobic Composting of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste*. Wat. Sci. Tech., Vol. 25, N 7, pp. 327-339, 1.992.
4. G. Plaza, O. Pacheco, P. Robredo, H. Di Veltz, A. Saravia Toledo. *Muestreo de Residuos Municipales Clasificados*. A presentar en 17ava Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. Rosario, octubre de 1.994.
5. G.Gloria. *it Handbook for training course on rural biogas*. 1983
6. American Public Health Association(APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16th edition. Washington.1985.

7. S.A.Cobb y D.T.Hill. *Volatile fatty acid interference with alkalinity measurements in anaerobic fermenters*. International Summer Meeting, sponsored by the ASAE, 1990.

Agradecimientos

Agradecemos a: Senador por Cerrillos Ing. Oscar Sívori, Ministro Antonio Autiero, Edith Musso de Dip, UNSa, Tomas Rodriguez. El presente trabajo fue parcialmente financiado por el Ministerio de Bienestar Social de la provincia de Salta.

GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS APROPIADAS
OITEA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA
FRINCH 414 - 3500 RESISTENCIA - CHACO - ARGENTINA
TEL FAX 0722 32683

RESUMEN

Culminando el desarrollo experimental previo se construyó una planta a escala semiindustrial de aprovechamiento integral de la madera, con una capacidad nominal de 30 ton de rollos.

La planta cuenta con:

- Un secadero solar para maderas aserradas, complementado con la combustión de los restos de serrado.
- Horno remaneportable para la carbonización de residuos de serrado con recuperación parcial de productos de pirólisis.
- Gasógeno para flujos de carbón (carbónilla), construido en ferrocemento, que alimenta un motor-generator para producir energía eléctrica.

El objetivo final es desarrollar un sistema autosuficiente en energía para realizar una explotación racional del bosque en zonas donde no llega la energía eléctrica convencional.

Para dar continuidad al proceso de secado en días lluviosos o de reducir los maderables, se cuenta con un fermentador de caca, de tubos, que opera con gases de combustión obtenidos de un gasógeno de leña.

Clasificar el carbón para su comercialización en distintos tipos y volúmenes para generar LU.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del proyecto

Desde 1985 se comenzó a investigar sobre el compostamiento del Quiracho Blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* ssp. *blanco*) en estado de ambiente controlado. Luego se construyó un colector solar para calentamiento de agua que después permitió la construcción de un secadero experimental de maderas aserradas mediante energía solar.

Posteriormente se investigó la producción de carbón en hornos móviles y la producción de fuerza motriz mediante un motor-generator utilizando leña de carbón (carbónilla).