



REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Vol. 20 (1 y 2) 1 - 109

Enero - Diciembre, 2000

**R
E
B
I
O
L**

TRUJILLO - PERU

Efecto del calcio en la biodegradación de la materia orgánica del efluente principal de la Universidad Nacional de Trujillo, tratado en un biorreactor UASB

Flor Teresa García Huamán * y Jorge Torres Delgado**

Departamento de Microbiología y Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
Dirección Actual

* Departamento de Ciencias Básicas.

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú.

** Departamento de Ciencias Ambientales.

Facultad de Ecología. Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba, Perú.

RESUMEN

Se estudió el efecto del calcio sobre la biodegradación de la materia orgánica asimilable del efluente de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, usando biorreactores UASB. Se recolectaron tres muestras en diferentes días, cada una conformada por tres submuestras colectadas a las 7am, 1pm y 7pm. Para cada muestra se instalaron cuatro biorreactores; en cada uno se colocó 1500 mL de aguas servidas y 150 mL de inóculo (gránulos metanogénicos), previamente obtenidos de rumen reciclado por 40 días en un reactor anaerobio. Luego, sólo a tres biorreactores se suplementó con 60, 350 y 650 mg de calcio por litro de solución, respectivamente. A todos los biorreactores se les sometió a recirculación cada 72 horas durante 30 días. Luego se midió la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) a los 5, 60 y 90 días. Se halló que el calcio tiene un efecto estimulante en la biodegradación de la materia orgánica asimilable, que la biodegradación en presencia del calcio es mayor conforme se incrementa el tiempo de incubación, que la mayor disminución de la DBO se realiza en los primeros 60 días, siendo esta disminución muy significativa comparada con la disminución de la DBO producida a los 90 días y que la concentración que estimula mayor biodegradación de la materia orgánica del efluente estudiado es la de 350 mg/L, comparada con las concentraciones de 60 y 650 mg/L.

ABSTRACT

The effect of calcium on the biodegradation of the assimilable organic matter from the effluent on main campus of the National University of Trujillo was studied by using UASB bioreactors. Three samples were collected at different days. Each sample was made up of three subsamples collected at 7am, 1pm, and 7pm. Four bioreactors were used for each sample and filled with 1500ml. of sewage and 150ml. of inoculum (methanogenic granules), previously obtained from rumen recycled for 40 days in an anaerobic reactor. Then, only three bioreactors were supplemented with 60, 350, and 650 mg of calcium per liter of solution, respectively. All bioreactors were subject to recirculation each 72 hours for 30 days. Finally, the Biochemical Oxygen Demand (BOD) was determined after 5, 60, and 90 days. It was found that calcium has a stimulating effect on the assimilable organic matter biodegradation, that biodegradation under calcium addition is higher as the incubation time increases, that a greater BOD decrease is reached at the first 60 days, being this decrease produced at 90 days, and that the 350mg/L calcium concentration promotes higher biodegradation of the organic matter of the effluent as compared with the 60 and 650mg/L concentrations.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso que antaño se consideró ilimitado, pero en la actualidad al conocerse que contamos con un volumen relativamente constante de este recurso dentro de su ciclo característico, se presenta el riesgo de que se convierta en un recurso escaso e inaccesible para cubrir las necesidades humanas (Vásquez, 1993). La preocupación por el suministro de agua potable y recolección de aguas negras condujo al desarrollo de sistemas para este fin (Roldán, 1992).

En las grandes ciudades el depósito de excretas en la superficie del suelo, en zanjas, pequeños pozos, retretes o fosas sépticas han sido sustituidos por sistemas de alcantarillado con corriente líquida para eliminar el material pútrido e infeccioso, los que suelen desembocar a un depósito líquido, como lagos, ríos o mar y donde por un proceso de autopurificación desaparecen, no causando más preocupación a los habitantes (Ehlers y Steel, 1965). En la actualidad, como consecuencia del aumento demográfico y la afluencia de la población rural a la zona urbana, esta forma de evacuación de las aguas ha llegado a un límite, más allá del cual las playas no pueden ya absorber esos restos, que modifican su flora y fauna convirtiéndose en no aptos para los miles de bañistas que acuden a refrescarse en los meses de verano (Ferrero, 1974).

El Perú no escapa a esta coyuntura. La contaminación de las aguas, sean marinas o continentales, ha alcanzado niveles tales que muchos ríos, lagos y zonas del mar han sido contaminados haciéndose imposible su uso para las necesidades biológicas que antes cubría (Malnati, 1981). Es importante considerar que las aguas contaminadas con heces fecales son vehículos de agentes patógenos; por ello, el reuso de las aguas servidas constituye uno de los motivos para reducir la contaminación de las aguas. Aplicando tratamientos económicos a los desagües domésticos se obtiene un mejoramiento de su calidad bacteriológica, siendo posible el uso de estos líquidos para riego agrícola u otros usos, con excelentes resultados (Malnati, 1981).

El tratamiento anaeróbico, después de haberse introducido en los años 60 (Young y Carty, 1969), es ahora un proceso bien establecido para aguas

de desagüe concentradas (Audic *et al.*, 1987). Por la descomposición anaeróbica los compuestos complejos son transformados en productos finales más sencillos inorgánicos y orgánicos estables (Falcón, 1993; Pelezar *et al.*, 1982). En condiciones anaeróbicas, las bacterias metanogénicas degradan la materia orgánica principalmente hasta metano y anhídrido carbónico. Estas bacterias son un grupo único de organismos que utilizan sólo una variedad limitada de sustratos para fabricar metano. Son, así dependientes de las actividades de otros microbios que producen, mediante procesos de descomposición anaeróbica, los sustratos necesarios para los metanógenos (Brock y Madigan, 1993).

Al presente se han desarrollado diversos sistemas de tratamiento anaeróbico de alto rendimiento. De estos sistemas el de mayor uso y más preferido es el más económico, en términos de investigación, operación y mantenimiento. Entre las propuestas de biorreactores hechas para tratamiento anaeróbico el más altamente aceptable es el reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (Lettinga y Hylshoff, 1992).

Una característica distintiva de las exitosas operaciones del UASB es la elevada tasa de carga que se logra, la buena sedimentabilidad, las elevadas concentraciones de biomasa (30,000 a 80,000 mg/L) y la excelente separación sólido - líquido con apropiada granulación (Speece, 1996).

Guiot *et al.*, citado por Speece (1996), encontraron que la adición de metales en trazas permite un incremento en la actividad específica de la biomasa, en un reactor UASB. No hay evidencias de que el ion calcio pueda inducir a la granulación de la biomasa suspendida o pobremente activa; sin embargo, los reportes de la literatura sobre el rol del calcio en la formación de gránulos son contradictorios. Por otro lado, no se ha demostrado su influencia en la descomposición de la materia orgánica bioasimilable, la cual es medida en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Por lo mencionado anteriormente se pretendió establecer el efecto del calcio en la biodegradación de la materia orgánica bioasimilable del efluente de la ciudad universitaria de la Universidad

Nacional de Trujillo (UNT), utilizando un biorreactor anaerobio de flujo ascendente y lecho lodoso (UASB). Con esta investigación se estaría estableciendo algunos parámetros que posteriormente permitan optimizar el uso de este sistema en el tratamiento del efluente principal de la universidad antes señalada, de modo que pueda ser posteriormente reutilizado.

MATERIAL Y METODOS

Procedencia y Recolección de las Muestras de Aguas Servidas

Se colectaron 3 muestras de aguas servidas (I, II y III) del efluente de la ciudad universitaria de la UNT, en un intervalo de 30 días en el mismo punto de muestreo, ubicado inmediatamente antes de que el mencionado efluente se uniera a uno de los colectores de la ciudad de Trujillo. Cada una de las muestras estuvo constituida por 3 submuestras colectadas a las 7 am, 1pm, y 7pm, con la ayuda de un frasco de vidrio de boca ancha; luego, el agua colectada se trasladó a un depósito completamente limpio de 2 litros de capacidad, se tapó y se trasladó de inmediato al laboratorio.

Procedencia y Recolección del Rumen

La recolección del rumen se hizo en el Camal San Francisco de Trujillo; luego, con la ayuda de un tocuyo, se separó el sólido húmedo del líquido y se colocó en frasco de vidrio de un litro con tapa rosca.

Construcción de los Biorreactores

Los bioreactores UASB se confeccionaron empleando frascos de vidrio de 2 litros con 11.2cm de diámetro y 32.6cm de alto; tanto el extremo superior como el inferior se taparon con tapones de jebe de 9.5cm de diámetro por 1cm. de alto y 2.5cm de diámetro por 1cm de alto, respectivamente. Del extremo superior se acopló un tubo de vidrio de 15cm de largo por 6mm de diámetro, seguido de una manguera (Master Flex) que ingresaba a una bomba recirculante. para terminar en un orificio ubicado en el tercio inferior del frasco.

Además del reactor se prepararon recipientes de vidrio de 300mL cada uno unidos a una manguera con su respectiva bolsita indicadora de gas.

Acondicionamiento de los Biorreactores

Previo a la instalación de los biorreactores se vertió 1,500mL de aguas servidas y se agregó 150mL de filtrado de rumen en un biorreactor formador de inóculo, con la finalidad de promover la formación de gránulos metanógenicos (inóculo) y se hizo recircular el contenido del reactor por 40 días.

Dentro del reactor se colocó un indicador de anaerobiosis el cual se preparó mezclando 1mL de solución de NaOH al 0.02%, 1mL de dextrosa al 6% y 1mL de azul de metileno al 0.05 % (Collins, 1969).

En los biorreactores 1, 2, 3 y 4 (R_1 , R_2 , R_3 y R_4) se vertió 1,500mL de aguas servidas y 150mL de inóculo y se agregó calcio en las siguientes concentraciones: R_1 : 60mg/L; R_2 : 350 mg/L; R_3 : 650 mg/L y R_4 : 0 mg/L

Finalmente, a los cuatro biorreactores (R_1 , R_2 y R_3 y R_4) se les sometió a 24h de recirculación cada 72 horas durante 90 días.

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Inicialmente las submuestras colectadas fueron llevadas al laboratorio y mantenidas a 4°C (Caballero, 1963), hasta completar las tres submuestras, las cuales se mezclaron para obtener la muestra I.

A la muestra I se le determinó la concentración de calcio presente y la Demanda Bioquímica de Oxígeno mediante el método titrimétrico del EDTA (APHA, 1989 ; Castro, 1983) y el método de Winkler modificado por Alsterberg (Sierra, 1983). Con la muestra I se acondicionó R_1 , R_2 , R_3 y R_4 , luego se hicieron las determinaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5, 60 y 90 días. El mismo proceso que se siguió para la muestras II y III, respectivamente.

RESULTADOS

Los resultados de esta investigación (Tabla 1) muestran que, a los 5 días de incubación, sólo existieron pequeñas fluctuaciones entre los valores de la DBO obtenidos con las diferentes concentraciones de calcio agregadas a las tres muestras.

A los 60 y 90 días ocurrió una importante biodegradación de la materia orgánica, lo que se reflejó en la disminución de la DBO de las tres muestras, en especial, a todas las concentraciones de calcio ensayadas. Así mismo, se observó que la concentración de calcio que estimuló mayor biodegradación de la materia orgánica fue la de 350mg/L, reflejándose esto en una disminución importante de la DBO en las tres muestras.

Tabla 1: Fluctuaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo a diferentes concentraciones de calcio.

Concentración de calcio adicionado en las muestras (mg/L)		Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L.)		
		A los 5 días	A los 60 días	A los 90 días
	Muestra I			
0		200.20	193.76	159.02
60		203.35	124.80	120.78
350		198.15	80.52	63.20
650		201.30	154.33	120.00
	Muestra II			
0		275.20	243.17	200.23
60		280.10	140.91	135.04
350		277.13	100.65	80.52
650		281.15	120.00	100.00
	Muestra III			
0		340.17	305.00	263.20
60		341.80	120.78	55.30
350		339.16	60.39	53.20
650		342.32	120.78	40.26

DISCUSIÓN

El calcio es un metal cuya adición en pequeñas concentraciones estimula el crecimiento y la peletización de bacterias metanogénicas, las cuales degradan la materia orgánica presente en los efluentes, reflejándose en una disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. La biodegradación aumenta conforme se incrementa el tiempo de incubación debido al aumento de la biomasa bacteriana (Scrugg, 1995).

Es importante resaltar que la mayor disminución de la DBO se realizó en los primeros 60 días, siendo esta disminución muy significativa comparada con la disminución de la DBO producida a los 90 días. Esta observación se sustentaría en el hecho que en la etapa primaria ocurre el retiro de casi el 30% - 35% de la materia orgánica total (Scrugg, 1995). La remoción de materia orgánica superior al porcentaje antes mencionado, tal vez ocurrió porque se aceleró el tratamiento agregando un pequeño inóculo de gránulos metanogénicos a cada reactor (R₁, R₂, R₃), suplementado con calcio.

La mayor disminución de la DBO, luego de 90 días, se logró con la concentración de 350mg/L de calcio. Se puede atribuir a que el calcio ha estimulado la formación de gránulos metanogénicos que sólo ocurre en un sistema de fermentación de metano cuando hay flujo tipo pistón (Samsom, *et al.*, 1988), característico de un biorreactor UASB. Además, normalmente el calcio funciona formando puentes polares entre bacterias con carga negativa (Blaszczyk, *et al.*, 1994).

Aunque se demostró que la concentración de 350mg/L permite disminuir significativamente la DBO al estimular la formación de gránulos metanogénicos, el rol del calcio en la formación del gránulo todavía es un tema contradictorio; por ejemplo, Guiot (1988) consideró que la adición del calcio en concentraciones de 40 a 100mg/L tiene efecto positivo y que de 100 a 650mg/L el efecto es nulo; Speece (1996) reportó que los cationes calcio no tienen efecto significativo como inductores de granulación, pero señaló que Reynolds y Collieran notaron que el ion calcio jugó un rol significativo en la inmovilización de

biomasa y que la influencia positiva del ion calcio en concentraciones de 100 a 200mg/L ha sido confirmado mediante la experiencia. Los datos contradictorios antes mencionados se deberían a diferencias entre las muestras utilizadas en las diversas investigaciones señaladas.

Finalmente, sería un tanto diferente diseñar un sistema de tratamiento del efluente de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo que el hacerlo para los efluentes de una ciudad como Trujillo. Por tanto, la observación de que una concentración de calcio de 350mg/L estimula la granulación y permite una mayor disminución de la DBO, sería aplicable con seguridad sólo a aguas servidas de la ciudad universitaria de la UNT, debiendo confirmarse si esta concentración también es válida en el tratamiento de otros efluentes.

CONCLUSIONES

- El calcio tiene un efecto estimulante en la biodegradación de la materia orgánica asimilable.
- El efecto del calcio sobre la biodegradación de la materia orgánica es mayor conforme se incrementa el tiempo de incubación.
- La mayor disminución de la DBO se realiza en los primeros 60 días, siendo esta disminución muy significativa comparada con la disminución de la DBO producida a los 90 días.
- La concentración que estimula mayor biodegradación de la materia orgánica del efluente de la UNT es la de 350mg/L, comparada con las concentraciones de 60 y 650 mg/L.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- APHA, 1989. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones Díaz Santos S.A. México.
- Audic, J. M.; Bebin, J.; Nicol, R. and Faup, G.M. 1987. Intensifying Methanisation of Industrial Effluents. Edit. Mac Graw-Hill. Canada.
- Brock, T.D.; Madigan, M.T., 1993. Microbiología. 6ª ed., edit. Prentice Hall Hispanoamérica S.A. México.
- Caballero, P., 1963. Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho. 11ª ed., edit. Interamericana S.A. México.
- Castro, M., 1983. Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú.
- Collins, C., 1969. Métodos Microbiológicos. Edit. Acriba. Zaragoza, España.
- Guiot, S., 1988. Anaerobic Processes for Wastewater Biotreatment. Biotechnology Research Institute National Research Council. Canadá.
- Ehlers, C.; Steel, M. 1965. Saneamiento Urbano Rural. 6ª ed., edit. Interamericana S.A. México.
- Falcon, C. 1993. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Edit. LIMUSA. México.
- Ferrero, J., 1974. Depuración Biológica de las Aguas. Edit. Alambra. España.
- Lettinga, G. and Hvlshoff, L.W. 1992. Water Quality Management. Technomic Publishing Company. Estados Unidos.
- Malnati, L. 1981. Primer Simposio sobre Conservación del Medio Ambiente Humano en el Perú, resumen de las exposiciones. UMSM. Perú.
- Pelezar, M.; Reid, R.; Chan, E., 1982. : Microbiología 4ª ed. Edit. Mac Graww Hill. México
- Roldan, G., 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical, edit. Universitaria Antioquia, Medellín, Colombia.
- Samsoom, P.; Locwentel, R.; Dold, P. and Marais R., 1988. Pelletization in Upflow Anaerobic Sludge Bioreactors. Proceeding of the 5ª Symposium on Anaerobic Digestion Held in Bologna. Italy.
- Scragg, A., 1995. Biotecnología para Ingenieros. Sistemas Biológicos en Procesos Tecnológico. Edit. LIMUSA. México.
- Sierra, J., 1983. Análisis de Aguas y Aguas Residuales. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Sanitaria. Medellín, Colombia.
- Speece, G., 1996. Anaerobic Biotechnology for Industrial Waste Waters. Edit. J.M. Speece. Estados Unidos.
- Vásquez, G., 1993. Ecología y Formación Ambiental. Edit. Mc Graw-Hill Interamericana de México. México.
- Young, J.C. and Mc Carty, P., 1969. Anaerobic Filters For Waste Treatment. Edit. Mac Graw-Hill. Canada.