

Inhibidor natural de las aguas residuales de procesado de café en el tratamiento anaerobio

*Silvia García, Mario Herrera, Elisabeth Behling, Edixon Gutiérrez
Elsa Chacín y Nola Fernández**

*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Sanitaria
La Universidad del Zulia, Apartado 526. Maracaibo, Venezuela*

Recibido: 02-11-95 Aceptado: 23-11-95

Resumen

El efecto inhibitorio de los residuos del café sobre un filtro anaerobio operando a flujo continuo fue examinado. Los estudios presentaron que a concentraciones de potasio en el residuo de cerca de 400 mg/L, tenía un impacto significativo en el proceso de digestión anaerobia a temperaturas mesofílicas y termofílicas. El efecto fue apreciablemente mayor a altas temperaturas. Los estudios de flujo continuo demostraron que el calcio puede actuar efectivamente como un elemento antagónico en la inhibición. Sin embargo, la eficiencia del filtro termofílico no fue tan buena como la del filtro mesofílico.

Palabras claves: Aguas residuales del procesado de café; digestión termofílica; filtros anaerobios; inhibición por potasio.

Natural inhibitor of the anaerobic digestion for the coffee processing wastewater

Abstract

The inhibitory effect of coffee waste was examined by continuously operated upflow anaerobic filter. The studies showed that at concentrations about 400 mg/L, the potassium content on the waste had a significant impact on the digestion process in the mesophilic and thermophilic temperature. The effect was appreciably greater at the higher temperature. The continuous flow studies showed that calcium could act effectively as an antagonist to this inhibition. However, the performance of the thermophilic filter was not as good as that of the mesophilic filter.

Key words: Anaerobic filter; coffee wastewater; inhibition potassium; thermophilic digestion.

Introducción

Las industrias procesadoras de café molido y/o soluble, originan grandes cantidades de aguas residuales; estas aguas contienen una alta carga polucional en términos de demanda química de oxígeno (DQO)

y sólidos residuales. Típicamente la DQO de este tipo de agua residual contiene de 4 a 60 g/L.

Este tipo de efluente es tratado anaeróticamente, de lo cual varios autores (1-3) han reportado los problemas que se presen-

* Autor para la correspondencia.

tan cuando este residuo es tratado en condiciones de ausencia de oxígeno. Por otro lado, trabajos previos en el tratamiento de un residuo sintético de café han señalado que aunque un residuo basado en café instantáneo puede ser tratado con el uso de la digestión termofílica casi tan bien como para un reactor mesofílico, esto ha exhibido algún grado de inhibición en el proceso de digestión anaeróbica (4,5).

Durante el curso de esta investigación y como parte de un esfuerzo para alcanzar una mayor eficiencia en el tratamiento de este residuo, se utilizó el agregado de calcio a concentraciones que fuesen capaces de amortiguar o eliminar, el efecto inhibitor del potasio sobre los microorganismos encargados de llevar a cabo el tratamiento. Se seleccionó el calcio ya que otros autores (6,7) habían investigado varios elementos que fuesen capaces de producir efectos antagónicos o sinérgicos en la digestión anaerobia, encontrándose que era el calcio el elemento capaz de producir un mejor efecto antagónico cuando el potasio se encontraba en exceso y viceversa.

Esta investigación reporta el resultado del efecto inhibitor del ion potasio sobre los lodos anaerobios en reactores de flujo continuo.

Metodología

Construcción de los filtros anaerobios

Los filtros anaerobios utilizados, fueron diseñados y construidos con diferentes materiales. El filtro termofílico se construyó utilizando vidrio con 57 cm de altura y un diámetro interno de 7,1 cm. El filtro mesofílico, con iguales dimensiones al anteriormente descrito, fue construido empleando cloruro de polivinilo. La temperatura de los filtros fue mantenida recirculando agua temperada con una camisa externa construida para tal fin, en la cual se mantenían temperaturas de 37 y 55°C respectivamente para el reactor mesofílico y termofílico. El

material de empaque utilizado en ambos filtros fue el mismo, anillos de cerámica (13,2 mm x 13,2 mm de diámetro externo), soportado por un plato de distribución de caudal con perforaciones de 5 mm. El volumen de trabajo, equivalente al volumen total del líquido en el reactor, fue de 1,6 L; este volumen fue utilizado para calcular la carga orgánica y el tiempo de retención hidráulica.

Métodos analíticos

Las concentraciones de Demanda Química de Oxígeno (DQO) fueron medidas por los métodos estándar de dicromato (7). El gas biológico producido fue recolectado por desplazamiento de líquido y su composición fue determinada con un cromatógrafo de gases Marca Perkin Elmer Modelo F30, empleando una columna de 2 m mantenida a 60°C y utilizando además, Unibeads A (80-100 mesh). El gas de arrastre empleado fue el helio a 10 mL/min. La muestra (0,5 mL) fue inyectada a 100°C. Los ácidos grasos volátiles (AGV) fueron medidos con un cromatógrafo de gases Marca Becker Modelo 417, con una columna de vidrio de 2 m de largo y empacada con un 10% de AT-1000 3n 80/100 Cromoabsorb W-AW; el gas de arrastre utilizado fue el nitrógeno libre de oxígeno, con una velocidad de flujo de 19 mL/min : la temperatura de la columna fue de 140°C y el volumen de la muestra de 1 µL. Un integrador precalibrado (Spectrophysics SP 4290) fue utilizado para obtener las concentraciones de AGV.

Sustrato

La composición del residuo sintético viene dada en la Tabla 1. El extracto de café fue producido por ebullición de 10 g de café en 1 L de agua por 20 min. Al enfriar los sólidos se dejaron sedimentar y el extracto fue obtenido por decantación. La concentración de DQO fue medida a 4 g/L con una velocidad en el flujo de alimentación de 1,6 L/día y un tiempo de retención hidráulica de un día. Esta concentración de DQO

Tabla 1
Composición del sustrato utilizado para la alimentación de los reactores

| Componente | Concentración |
|--|---------------|
| Extracto de café | 10 g/L |
| NH ₄ HCO ₃ | 1,13-1.69 g/L |
| Lab Lemco | 0,50 g/L |
| NaHCO ₃ | ≤ 2,00 g/L |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,13 g/L |
| MgCl ₂ | 0,085 g/L |
| Ca ₃ PO ₄ | 0,20 g/L |
| CaCl ₂ | 0,215 g/L |
| FeCl ₂ .6H ₂ O | 0,64 mg/L |
| NiSO ₄ .6H ₂ O | 500 µg/L |
| MnCl ₂ .4H ₂ O | 500 µg/L |
| ZnSO ₄ .7H ₂ O | 500 µg/L |
| H ₃ BO ₃ | 100 µg/L |
| CoCl ₂ .6H ₂ O | 50 µg/L |
| CuSO ₄ .5H ₂ O | 5 µg/L |
| H ₃ PO ₄ 12MoO.2H ₂ O | 40 µg/L |

originó una carga orgánica de 4 Kg DQO/m³día. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo fueron ajustadas a los valores de DQO, manteniendo una relación DQO:N:P de 100:5:1. El sustrato se introdujo en los reactores mediante el uso de bombas peristálticas (Watson Marlow Limited, Modelo 100)

Resultados y Discusión

La máxima eficiencia de remoción para DQO (remoción orgánica) fue de 69 y 68% (Figura 1) para el filtro mesofílico y termofílico respectivamente; esta remoción es considerada muy baja si se toma en cuenta que el residuo utilizado tiene en su composición alrededor de un 98% de material biodegradable (8). Junto a esta baja eficiencia se observó también poca producción de metano por parte de los microorganismos anaerobios metanogénicos (Figura 2), lo cual puede indicar que éstos se encontraban

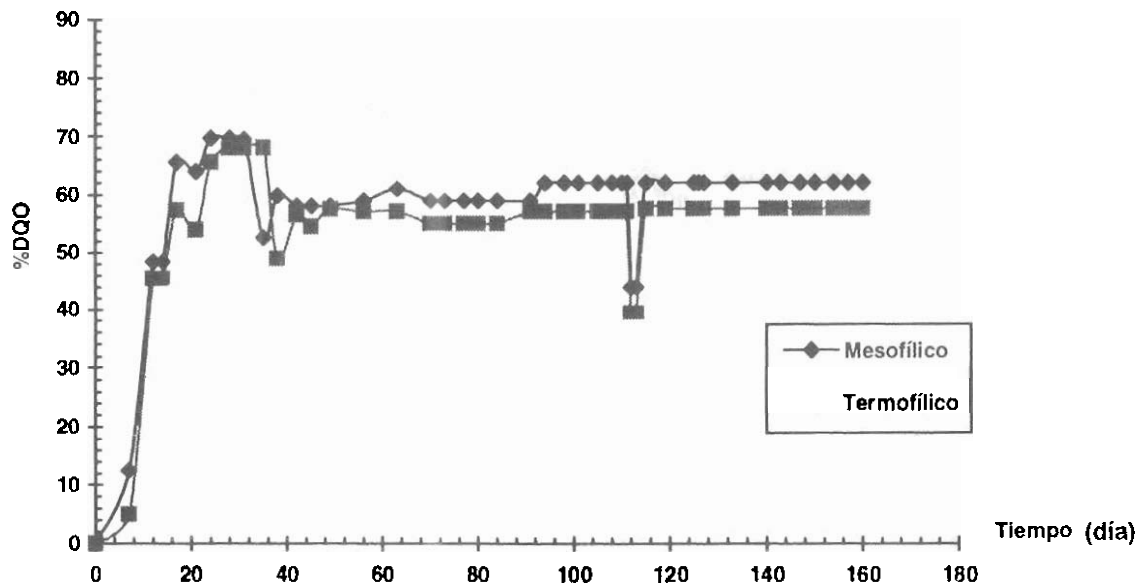


Figura 1. Porcentaje de remoción de DQO para los reactores mesofílico y termofílico, fase de aclimatación inicial.

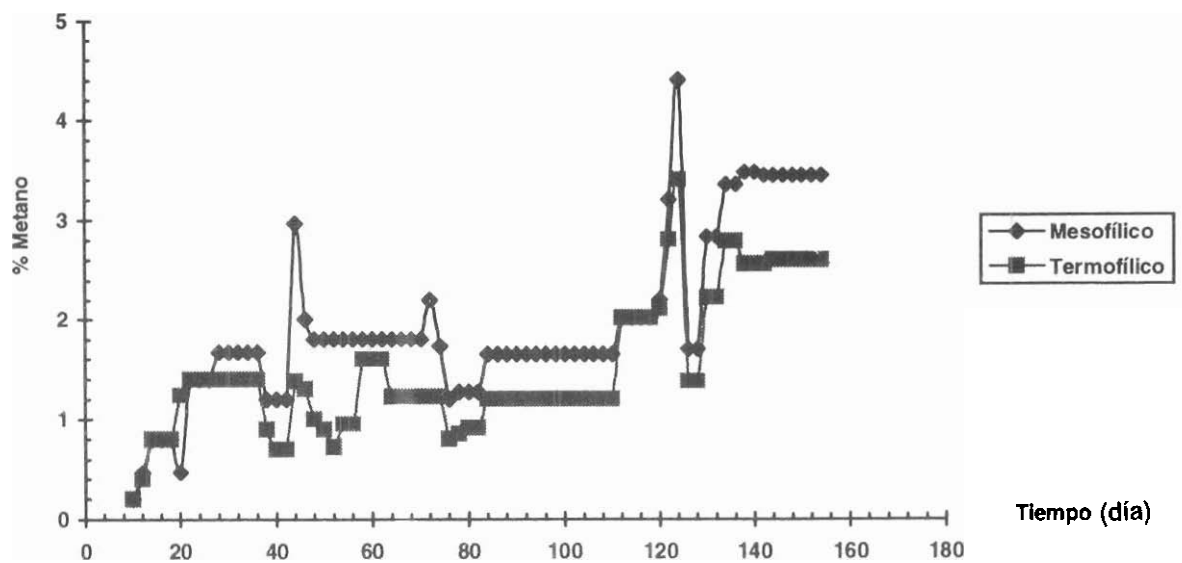


Figura 2. Porcentaje de producción de metano para los reactores mesofílico y termofílico, fase de aclimatación inicial.

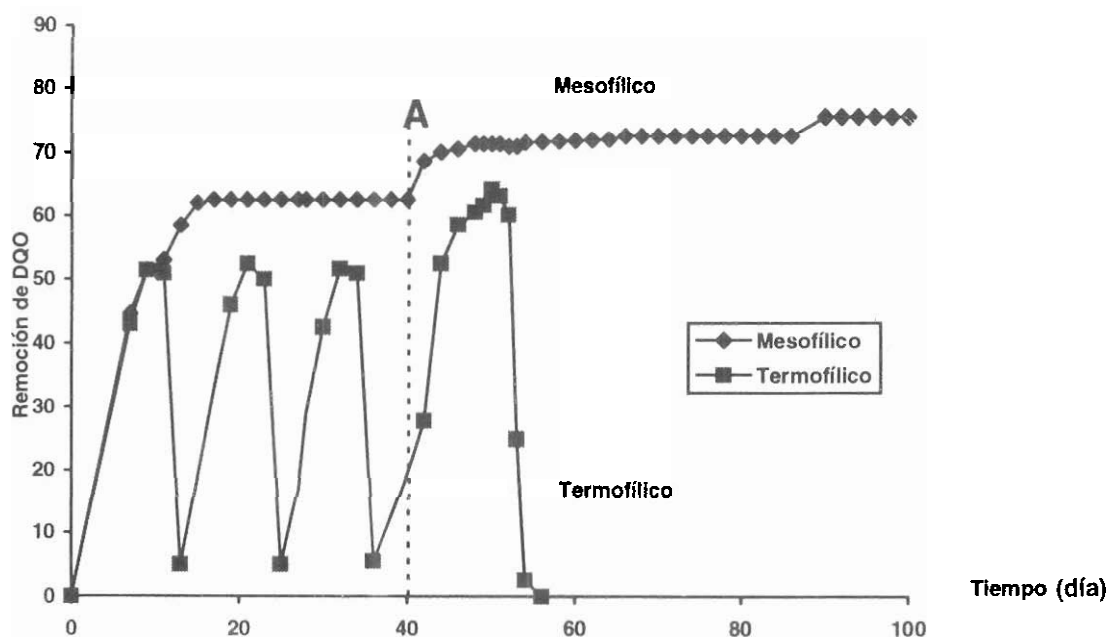


Figura 3. Eficiencia de remoción de la DQO después de haber utilizado calcio como antagonico al potasio.

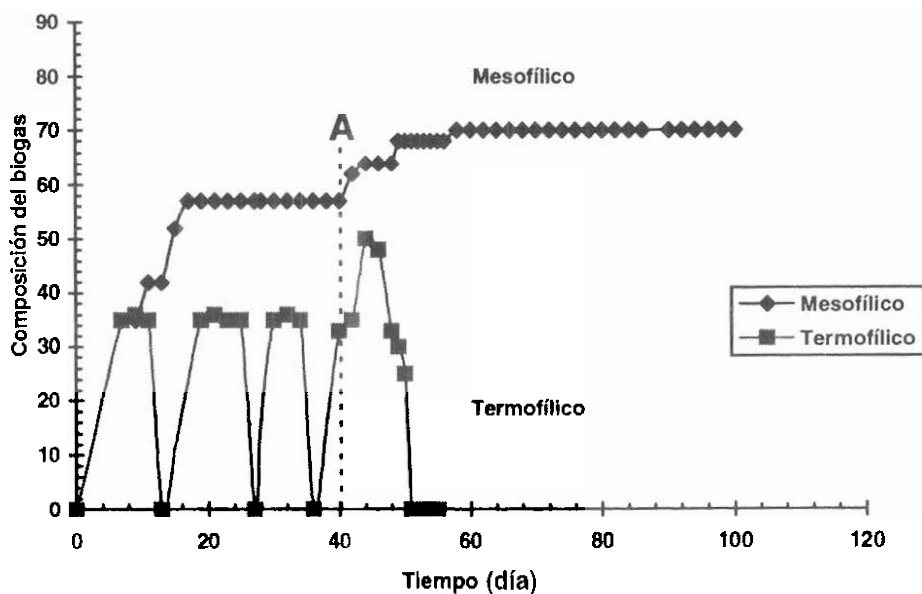


Figura 4. Contenido de metano en el biogas para los reactores mesofílico y termofílico, antes y después de haberse utilizado calcio en los nutrientes de los mismos.

Al analizar el agua residual sintética, se encontró que contenía una concentración de potasio que podía ser la causa de la inhibición, ya que es conocido que algunos cationes son inhibidores al proceso de digestión anaerobio, de los cuales el potasio es uno de ellos, y que existe un efecto antagónico y/o sinérgico entre ellos (9, 10). De ello se sugiere que el potasio puede ser antagonizado con el calcio, lo que sirvió de base para seleccionarlo en diferentes concentraciones hasta lograr un incremento en la eficiencia de remoción orgánica y por ende, en la producción de biogas. Las Figuras 3 y 4, representan respectivamente la eficiencia de remoción de DQO y la producción de biogas, cuando el calcio fue adicionado como elemento antagónico del potasio. En el punto A de la Figura 3, se inició el agregado de calcio bajo la forma de fosfato de calcio y no fosfato de sodio como se había utilizado originalmente, para el aporte de fosfato como nutriente a los microorganismos. Los resultados obtenidos indican cla-

ramente que el uso del calcio a temperatura mesofílica incrementa la eficiencia del reactor en cuanto a la remoción de DQO y a producción de biogas. A temperatura termofílica, se nota que la adición de calcio produce estabilidad en este reactor, pero no se logra un aumento apreciable en la remoción de DQO o producción de biogas.

Las aguas residuales de las procesadoras de café, contienen potasio, por ejemplo, los líquidos asociados con los residuos sólidos producidos durante el procesado de café instantáneo han sido reportados que contienen concentraciones de potasio de 30 mg/L (11), mientras que en este estudio el residuo sintético contenía 1.200 mg de potasio por litro. Estos iones, a concentraciones suficientemente altas, pueden inhibir el proceso de digestión anaerobia.

Conclusión

En base a los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que las aguas

En base a los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que las aguas residuales procedentes de la manufactura del café, contienen un potencial inhibidor para los organismos anaeróbicos encargados del tratamiento biológico de las aguas residuales, sin embargo, esto puede ser neutralizado con la adición de concentraciones equivalentes del ion calcio a manera de producir un efecto antagónico con el potasio contenido en este tipo de residuo.

Agradecimiento

Los autores queremos expresar nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de LUZ (CONDES), por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

1. BRAUCO P. M., TOSIN G. M., POWLOWSKY, U.: Digestao Anaerobia de Despejos de Indústria de Café Solúvel. *Revista Engenharia Ambiental* 2:29-33, 1989.
2. BOOPATHY R.: Effect of pretreatment on anaerobic digestion of coffee waste. *Fifth International Symposium on Anaerobic Digestion*. Boloña, Italia. 1988
3. GATHUO B., RANTALA P., MAATA, R.: Coffee Industry Waste. *Water Sci Technol* 24:53-60, 1991.
4. FERNÁNDEZ N., FOSTER C.F.: A study of the operation of mesophilic and thermophilic anaerobic filter treating a synthetic coffee waste. *Bioresource Technol* 45: 223-227, 1993.
5. FERNÁNDEZ N., FOSTER C.F.: The anaerobic digestion of a simulated coffee waste using thermophilic and mesophilic upflow filters. *Institution of Chemical Engineers* 72(B), 1994.
6. KUGELMAN I.J., McCARTY P.L.: Cationic Toxicity and stimulation in anaerobic waste treatment. *J Wat Pollut Control Fed* 37:97-116, 1995.
7. ANON. *Chemical Oxygen Demand (dichromate value) of polluted and wastewater. Methods for the examination of water and associated materials*. HMSO, London (Gran Bretaña), 1986.
8. MULLER H.G., TOBIN G.: Nutrition and food processing. *Croom Helm Applied Biology Series*. London (Gran Bretaña) 1980.
9. KUGELMAN I.J., McCARTY P.L.: Cationic toxicity and stimulation in anaerobic waste treatment. *J Wat Pollut Control Fed* 37: 97-116, 1965.
10. JACKSON-MOSS C.A., DUNCAN J.R.: The effect of calcium on anaerobic digestion. *Biotech Letters* 11:219-224, 1989.
11. KOSTENBERG D., MARCHAIM U.: Solid waste from the instant coffee industry as a substrate for anaerobic thermophilic digestion. *Water Sci Technology* 27:97-107, 1993.