

CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL LIXIVIADO Y LAGUNAS DE TRATAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE SANTA FE

Zurbriggen, Abril

*Cátedra de Microbiología General, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas
UNL Directora: Dra. María Gabriela de los Milagros Latorre Rapela*

Área: Ciencias Biológicas

INTRODUCCIÓN

La eliminación de los residuos sólidos urbanos (RSU) representa un problema importante para el medio ambiente, aunque las cadenas del reciclaje permiten mitigar este inconveniente (Fernández Colomina y Sánchez-Osuna, 2007). En la actualidad, el método más comúnmente utilizado es la disposición final de los mismos en rellenos sanitarios. Esta metodología es ampliamente aceptada y utilizada por sus ventajas económicas; sin embargo, esta forma de disposición genera gases de efecto invernadero y efluentes líquidos denominados lixiviados, que se caracterizan por ser mezclas complejas con concentraciones elevadas de compuestos orgánicos e inorgánicos y, ocasionalmente, metales pesados. La caracterización de los lixiviados es necesaria para determinar estrategias de tratamiento que contrarresten los potenciales efectos tóxicos de estas sustancias (Rivera-Laguna y col., 2013; Köchling y col., 2015). Estudios realizados sobre el tratamiento de los mismos previo a ser volcados en cursos de aguas naturales, mostraron que los métodos biológicos son adecuados y económicos para tal fin (Sandoval y col. 2007). Por lo dicho anteriormente, es evidente la importancia de caracterizar la microbiota presente en ellos y en las lagunas de tratamiento para entender qué procesos de degradación pueden estar ocurriendo en los mismos, como así también conocer el potencial que ofrecen como inóculos cuya aplicación permitiría optimizar el proceso de biodegradación (Benavides Arcila, 2010).

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar microbiológicamente el lixiviado y lagunas de tratamiento procedentes del Relleno Sanitario de la Ciudad de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con líquidos lixiviados, generados por la disposición final de los RSU del Relleno Sanitario de la ciudad de Santa Fe. La planta de tratamiento del mismo cuenta con lagunas de estabilización de tipo extensiva. El caudal de líquidos lixiviados registrado es de 8 m³/h. Se realizaron dos muestreos, el primero en el mes de noviembre de 2017 y el segundo en el mes de marzo de 2018, seleccionados por ser época de altas precipitaciones según registros de los últimos 10 años (CIM-FICH-UNL).

Se recolectaron muestras puntuales, correspondientes a: lixiviado crudo (A), entrada de la laguna anaerobia (B), entrada de la laguna aerobia (C) y salida de la laguna aerobia (D).

Título del proyecto: "Caracterización microbiológica del lixiviado y lagunas de tratamiento del Relleno Sanitario de la ciudad de Santa Fe. Estudio de microorganismos de interés biotecnológico".

Instrumento: CAI+D

Año convocatoria: 2016

Organismo financiador: Universidad Nacional del Litoral

Director/a: Dra. María Gabriela de los Milagros Latorre Rapela

Además se recolectó otra muestra puntual a la salida de la laguna anaerobia que se destinó al estudio de las bacterias anaerobias, por lo que se burbujeó con N_2 *in situ*. Todas las muestras se recogieron en recipientes estériles y se mantuvieron refrigeradas hasta su procesamiento.

Recuento de grupos metabólicos de bacterias aerobias

El recuento de bacterias aerobias mesófilas totales se llevó a cabo mediante la técnica de siembra en profundidad, descrita en el *Standard Methods* (APHA, 2012), utilizando como medio de cultivo *Agar Plate Count* (APC). Para el recuento de bacterias no fermentadoras de glucosa, se aplicó la técnica de siembra en superficie usando como medio de cultivo eosina azul de metileno (EMB). En ambos casos las placas se incubaron a 35°C durante 48h, se seleccionaron las que contenían entre 30 y 300 UFC y se procedió a realizar el recuento. El resultado se expresó en UFC/mL.

El recuento de coliformes totales se realizó mediante la técnica estandarizada de fermentación en tubos múltiples de combinación 3.3.3, según lo descrito en el *Standard Methods* (APHA, 2012), utilizando tubos con medio de cultivo caldo lauril sulfato (CLS) en simple y doble concentración y campana Durham invertida. Para el recuento de coliformes termotolerantes se subcultivaron los tubos positivos (con gas y turbidez) correspondientes a coliformes totales, a otros que contenían 10 mL de CLS simple concentración con campana Durham invertida. En ambos recuentos se recurrió a la tabla de número más probable (NMP) con el número de tubos positivos en cada serie y se expresaron los resultados en NMP/100mL.

Recuento de grupos metabólicos de bacterias anaerobias

Las muestras se procesaron en cámara de anaerobiosis (*Forma Anaerobic System*, modelo 1025/1029, *Thermo Scientific*®) con atmósfera controlada de N_2 y CO_2 (80%-20%).

Para el recuento se utilizó nuevamente el método de NMP con combinación de tubos 3.3.3. Las bacterias fermentadoras de glucosa (BFG) y lactato (BFL), las bacterias metanogénicas hidrogenofílicas (BMH), las bacterias metanogénicas acetoclásticas (BMA), las bacterias metanogénicas del metanol (BMM) y las bacterias sintróficas del propionato (BAP), se incubaron en los medios de cultivo correspondientes para cada grupo (Díaz-Báez y col., 2002). Luego se recurrió a la tabla de NMP, teniendo en cuenta el viraje del indicador para las BFG y BFL y la producción de metano para el resto de los grupos. La determinación cualitativa de metano se realizó mediante cromatografía de gases para lo cual se derivó al Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC).

RESULTADOS

Recuento de grupos metabólicos de bacterias aerobias

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los recuentos de las bacterias aerobias mesófilas totales y bacterias no fermentadoras de glucosa, correspondientes al primer y segundo muestreo. Todas las lagunas presentaron una alta carga bacteriológica en ambos muestreos.

Tabla 1. Recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales y bacterias no fermentadoras de glucosa, expresado en UFC/mL en el lixiviado crudo y lagunas de tratamiento. Primer y segundo

muestreo.

Muestra	Toma de muestra	Grupo metabólico	Primer muestreo	Segundo muestreo
A	Lixiviado crudo	Aerobias mesófilas totales UFC/mL	$7.18 \cdot 10^5$	$5.95 \cdot 10^4$
		No fermentadoras de glucosa UFC/mL	$1.05 \cdot 10^5$	$2.77 \cdot 10^3$
B	Entrada laguna anaerobia	Aerobias mesófilas totales UFC/mL	$6.42 \cdot 10^5$	$1.60 \cdot 10^5$
		No fermentadoras de glucosa UFC/mL	$3.80 \cdot 10^6$	$2.17 \cdot 10^3$
C	Entrada laguna aerobia	Aerobias mesófilas totales UFC/mL	$9.73 \cdot 10^5$	$7.25 \cdot 10^4$
		No fermentadoras de glucosa UFC/mL	$6.80 \cdot 10^4$	$3.34 \cdot 10^3$
D	Salida laguna aerobia	Aerobias mesófilas totales UFC/mL	$3.1 \cdot 10^6$	$1.20 \cdot 10^5$
		No fermentadoras de glucosa UFC/mL	$5.80 \cdot 10^5$	$3.00 \cdot 10^4$

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los recuentos de coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT) correspondientes a los dos muestreos realizados. En el primer muestreo, todas las lagunas presentan CT, estando constituidas principalmente por CTT. En el segundo muestreo, también están presentes las CT, aunque se observa que el número de CTT es menor tanto a la entrada de la laguna anaerobia como a la entrada de la laguna aerobia en comparación con el primer muestreo.

Tabla 2. Recuento de coliformes totales y coliformes termotolerantes expresado como NMP/100mL en el lixiviado crudo y lagunas de tratamiento. Primero y segundo muestreo

Muestra	Toma de muestra	Grupo metabólico	Primer muestreo	Segundo muestreo
A	Lixiviado crudo	Coliformes totales NMP/100mL	$4.3 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^4$
		Coliformes termotolerantes NMP/100mL	$2.3 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^3$
B	Entrada laguna anaerobia	Coliformes totales NMP/100mL	$4.3 \cdot 10^2$	$2.3 \cdot 10^2$
		Coliformes termotolerantes NMP/100mL	$2.3 \cdot 10^2$	9
C	Entrada laguna aerobia	Coliformes totales NMP/100mL	$2.3 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^2$
		Coliformes termotolerantes NMP/100mL	$4.3 \cdot 10^2$	90
D	Salida laguna aerobia	Coliformes totales NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$4.3 \cdot 10^2$
		Coliformes termotolerantes NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^2$

Recuento de grupos metabólicos de bacterias anaerobias

En la tabla 3 se muestran los grupos metabólicos de bacterias anaerobias que participan de la digestión anaerobia. Todos los recuentos fueron mayor a 10^5 NMP/100mL a excepción de las bacterias fermentadoras del lactato (BFL) que presentaron valores menores tanto en el primero como en el segundo muestreo.

Tabla 3. Recuento de grupos metabólicos de bacterias anaerobias expresado como NMP/100mL en el lixiviado crudo y lagunas de tratamiento. Primero y segundo muestreo.

Toma de muestra	Grupo metabólico	Primer muestreo	Segundo muestreo
Salida de la laguna	Bacterias fermentadoras de glucosa NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$>1.1 \cdot 10^5$
	Bacterias fermentadoras del lactato NMP/100mL	$1.5 \cdot 10^3$	$2.3 \cdot 10^2$
	Bacterias metanogénicas hidrogenofílicas NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$>1.1 \cdot 10^5$
	Bacterias metanogénicas acetoclásticas NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$>1.1 \cdot 10^5$



anaerobia	Bacterias metanogénicas del metanol NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$>1.1 \cdot 10^5$
	Bacterias metanogénicas del propionato NMP/100mL	$>1.1 \cdot 10^5$	$>1.1 \cdot 10^5$

Según los resultados cualitativos obtenidos de la cromatografía gaseosa, todas las bacterias metanogénicas produjeron metano.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación son preliminares, correspondiendo a dos de los muestreos propuestos en el plan de trabajo.

Los recuentos microbiológicos de los grupos metabólicos de bacterias anaerobias, mostraron un adecuado balance entre las poblaciones presentes. Se detectó producción de metano por parte de todos los grupos de bacterias metanogénicas estudiados.

Con respecto a los sistemas aerobios es importante destacar que son preferentemente usados como post-tratamiento de una etapa anaerobia o como sistema de tratamiento de lixiviados viejos completando el proceso de biodegradación.

La caracterización microbiológica que aquí se presenta constituye la primera información acerca de la carga de la microbiota del lixiviado y lagunas de tratamiento del Relleno Sanitario de la Ciudad de Santa Fe. Como se dijo anteriormente su importancia radica en que permite entender qué procesos de degradación pueden estar ocurriendo en los mismos y así poder optimizar dicho proceso.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

APHA, (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. American Public Health Association, Washington, D.C

Benavides Arcila, K.A. (2010). Caracterización microbiológica de lixiviados de materias primas para la fabricación de un compostaje de material ruminal. Universidad Católica de Manizales. Facultad de Ciencias de la salud especialización en Microbiología Industrial Manizales Caldas.

Díaz-Báez, M.C., Espitia Vargas, S.E. y Molina Pérez, F. (2002). Digestión anaerobia. Una aproximación a la tecnología. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Biotecnología.

Fernández Colomina, A. y Sánchez-Osuna, M. (2007) Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Rivera-Laguna, E.; Barba-Ho, L. y Torres-Lozada, P. (2013). Determinación de la toxicidad de lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos mediante indicadores biológicos. Afinidad LXX, 563: 183-188.

Sandoval, C.J.; Carreño de, M.; Castillo, E.F. y Vergara Mendoza, M. (2007) Caracterización microbiológica de lodos anaerobios utilizados en el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Scientia et Technica 35: 509-514.