EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE LIXIVIADOS DE VERTEDEROS SANITÁRIOS

Assessment of the biodegradability of landfill leachate

Djalma Mariz Medeiros [1]
Aurelio Hernández Muñoz [2]
Ceres Virginia da Costa Dantas [3]

Dirección de contacto: Av. Engenheiro Roberto Freire, 2951, CCAB Sul, bl. 03-loja 2, Capim Macio – Natal – Rio Grande do Norte – Código Postal: 59080400 – Brasil Tel.: + 55 (84) 32340628 – Fax: + 55 (84) 3234 0628. e-mail: djalmammedeiros@hotmail.com

Abstract
The landfill leachate are liquids with high organic charge, that are produced due to the passage with the drag and dissolution through the waste stored. An inadequate dump of this effluent can cause environmental problems. The development of treatment method more efficient and of low cost for the landfill leachate is a big challenge, once that this treatment present a lot of difficults because the dynamics of the qualitative and quantitative characteristics of the effluent type.
The process of biological treatment represent a huge sensitivity to the cambios of the environmental conditions and of the reactor operation. One way to control the biological process is the use of a more detail (tem ed no of characterizaticion of the landfill leachate before, during or later the treatment letting the understanding of the whole process. In this manners, one of the objective of the study is characterize the real landfill leachate of Natal-Brazil.
With the description of lixiviado, I check if the results of DBO, DQO in the study show the end of the acidic phase or a start of the metanogenica phase, in the meantime pH, Mg, Ca, Mn y Fe indicated half of the metanogenica phase and observed that landfill leachate studied the pH, temperature and (nutrients lowest – quantity or amount) are in a great intermission to develop the biological treatment and the toxic substances or inhibitors only the Magnesium, Zinc and the ammonia present concentrations biggest than the limit.
To decrease this concentrations to limits that doesn't damage the biological purification was used the chemical precipitation treatment with hydroxide of Calcium in the concentrations of 2g, 5g, 10g and 20g per liter of landfill leachate mixed at 360 rpm.
The method of chemical precipitation using the hydroxide of calcium present an high efficiency in the elimination of the color and have been cause one meaningful elimination for several heavy metals analyzed. With the efficiency of 99% for the Magnesium and 80% to the Zinc with a concentration of 20g/L of hydroxide of calcium per liter of leachate. With the obtained results, is verify that the Magnesium and Zinc concentrations were correction to don't interfere negatively interfere in the biological treatment. However didn't have presented significant results in the ammonia elimination, because of the many ammonia can interfere negatively in the biological treatment and the quantity of Calcium increase to degrees that could damage de biological treatment.

KeyWords: landfill leachate, biological treatment.

---

[1] Departamento de Ingeniería Civil: Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Madrid.

[2] Departamento de Ingeniería Civil: Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Madrid.

[3] Departamento de Ingeniería Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE LIXIVIADOS DE VERTEDEROS SANITÁRIOS

Resumen

Uno de los mayores problemas que presentan los vertederos de Residuos Urbanos (RU) es la generación de un líquido altamente contaminante denominado lixiviado, resultado de la degradación del residuo y de la filtración del agua de lluvia a su través. El vertido inadecuado de esto efluente puede causar problemas ambientales. El desarrollo de métodos de tratamiento más eficiente y de bajo coste para el lixiviado de vertederos es un gran desafío, una vez que ese tratamiento presenta muchas dificultades debido a la dinámica de las características cualitativas y cuantitativas del vertido.

Los procesos de tratamiento biológicos presentan gran sensibilidad a los cambios de las condiciones ambientales y de operación de los reactores. Una forma de controlar los problemas inherentes a los procesos biológicos es el empleo de caracterización más detallada del lixiviado antes, durante y después del tratamiento permitiendo el entendimiento de todo proceso. Así uno de los objetivos del estudio es caracterizar el lixiviado del vertedero sanitario de Natal-Brasil.

Con la caracterización del lixiviado se verifico que el valor del DBO, DQO indica el final de la fase acida o el empiezo de la fase metanogenica, mientras pH, Mg, Ca, Mn y Fe indican la mitad de la fase metanogenica y Se ha observado también que en el lixiviado estudiado el pH, temperatura y cantidad mínima de nutrientes están en el intervalo óptimo para el desarrollo del tratamiento biológico y entre las sustancias toxicas o inhibidoras solamente el Magnesio, el Zinc y el amoniaco presentan concentraciones mayores que el límite.

Para disminuir esas concentraciones para limites que no perjudiquen la depuración biológica fue utilizado el tratamiento de precipitación química con hidróxido de Calcio en las concentraciones de 2 g, 5g, 10g y 20g por litro de lixiviado agitados a 360 rpm.

El método de precipitación química utilizando hidróxido de calcio presentó elevada eficiencia en la remoción del color en las amuestras del lixiviado estudiadas, y ha ocasionado una remoción significativa de varios metales pesados, analizados en todas las amuestras. Con eficiencia de 99% para el magnesio y 90% para el zinc con una concentración de 20 g/L de hidróxido de Calcio por litro de lixiviado. Con los resultados obtenidos se comprueba que las concentraciones de magnesio y zinc se corrigieron suficientemente para que no interfiriesen negativamente en la depuración biológica. Sin embargo debe señalarse el aumento de la concentración de calcio, no obteniéndose resultados significativos en la remoción de amoniaco. Por lo tanto deberán considerarse la presencia de amoniaco y calcio, que pueden interferir negativamente en el tratamiento biológico.

Palabras clave: lixiviado, tratamiento biologico.

Introducción

El tratamiento de los residuos es un problema mundial. Sobre todo en las áreas densamente pobladas donde la situación se agrava cada día, lo que ocasiona en muchos casos riesgos serios de seguridad ambiental. El método de disposición final de los residuos sólidos urbanos más usado es el vertedero, que aplica conocimientos de ingeniaría y sigue normas preestablecidas de planeamiento, construcción y explotación, minimizando los riesgos y problemas ambientales. Pero, uno de los problemas más importantes, en cuanto a la contaminación por residuos sólidos, son lo líquidos percollados o escurridos de los depósitos de almacenamiento. Estos líquidos reciben el nombre de Lixiviados y su importancia, en cuanto a contaminación, viene dada por su fuerte carga orgánica.

Los lixiviados son todos aquellos líquidos que han entrado en contacto con los desechos de rellenos sanitarios, y se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos en contacto con el agua, o por la propia dinámica de descomposición de los residuos. Especialmente en los casos donde el vertedero está situado en áreas con una alta pluviosidad, la producción de lixiviado es abundante, consecuentemente el riesgo de contaminación del suelo, del acuífero y de los ríos es relativamente alta, pudiendo generar un fuerte impacto ambiental. Lixiviados generalmente son oscuros y turbos, de olor desagradable y contienen altas concentraciones de compuestos orgánicos, nitrógeno amoniacal y frecuentemente también contienen altas concentraciones de metales pesados y sales inorgánicos liberados en el proceso de descomposición de los residuos sólidos.

Existen varios antecedentes de tratamiento biológicos, aerobio y anaerobio de lixiviados, que van desde experiencias en escala de laboratorio a experiencias en escala real.

Sin embargo, los procesos biológicos presentan gran sensibilidad a los cambios de las condiciones ambientales y de explotación de los reactores. Una forma de controlar los problemas inherentes a los procesos biológicos es el empleo de caracterización más detallada del efluente antes, durante y después del tratamiento permitiendo el entendimiento de todo proceso. La caracterización basada en parámetros colectivos, como biodegradabilidad, presenta gran importancia por fornecer más informaciones prácticas sobre la eficiencia del sistema de tratamiento (Barker et al, 1999 y Speece 1996).

Objetivos

Investigar sobre las condiciones para el tratamiento biológico del lixiviado de uno vertedero de una ciudad en el noreste de Brasil y proceder las correcciones necesarias para el tratamiento biológico.

Metodología

La investigación experimental se ha llevado a cabo en un vertedero con área de 90 hectáreas. De acuerdo con los dados del IDEMA (Instituto de Defesa del Medio Ambiente del Rio Grande do Norte), el clima del municipio es tropical lluvioso con verano seco.

El lixiviado es vertido en lagunas de estabilización, y su efluente recirculado por bombeo a las células. Las lagunas anaerobias no presentan buenos resultados en la remoción de contaminantes de lixiviado, como verificado en la investigación. Sin embargo el lixiviado no es vertido en cuerpos receptores y sí recirculado en la células. El sistema de tratamiento existente está constituido por una laguna decantación, una laguna anaerobia y dos lagunas facultativas y una de maturación.

Fueron fijados 18 parámetros para verificar la posibilidad de un tratamiento biológico para el lixiviado: temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, fósforo total, nitrógeno total, nitrógeno orgánico, Cadmo, Plomo, Cobre, Níquel, Zinc, Aluminio, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeso, plata.

Para el desarrollo de la investigación se hace necesario considerar todos los parámetros indicados, por lo tanto en la primeramente se ha llevado a cabo la caracterización del lixiviado.

A la continuación, se realizaron correcciones en el laboratorio de todos parámetros que influenciaran en la biodegradabilidad de los lixiviados. Las correcciones se realizaron por el procedimiento de precipitación química. Después del tratamiento se ha realizado nuevas análisis para evaluar el tratamiento.

Para la realización de los ensayos se tomaron muestras durante 5 meses en distintos días de la semana y distintas horas del día, en la entrada de la laguna de almacenamiento del lixiviado. Se ha colectado muestra de 1500 ml en un recipiente de vidrio. Las muestras para analizar se depositan en un recipiente de 2 litros en un contenedor con hielo y llevadas para el laboratorio para los análisis.

Para la remoción de los contaminantes que están en concentraciones mayores que el límite para el tratamiento biológico se ha aplicado la precipitación química mediante hidróxido de Calcio, que tiene sido empleada con el objetivo de remoción de compuestos orgánicos no biodegradables, nitrógeno amoniacal y metales pesados. Esa técnica consiste en adición de productos químicos que provoquen la remoción de sustancias disolutas y suspensas por sedimentación.

El hidróxido de Calcio es barato y presenta eficiencia en la precipitación. Además la investigación se ha desarrollado con el objetivo de determinar las cantidades optimas de hidróxido de calcio utilizado en el tratamiento. Diferentes cantidades de hidróxido de calcio, entre 0,1 hasta 1 grama, fueron adicionadas a 50 ml de lixiviado. Según Nunes (1996), la precipitación con hidróxido de calcio solamente hay necesidad de mezcla rápida, por lo tanto los parámetros de agitación y tiempo en los ensayos fueron de 340 rpm durante 8 minutos en un centrifuga, seguido de un tiempo de reposo de una hora para la sedimentación.

Resultados

En la tablas siguientes se encuentran los datos de las muestras de caracterización del lixiviado.

TABLA 1: Valores de los parámetros de caracterización del lixiviado

Parámetros	08/02	16/02	02/03	16/03	30/03	13/04
Temperatura (°C)	33,7	32,4	33	32,5	33,1	33,9
pH	7,73	7,91	8,01	8,03	7,94	7,92
Color (uH)	10.400	8.100	4.710	7.600	7.460	8.240
Turbidez (uT)	3.360	1.700	900	1.500	1.460	1.600
DQO (mg/L O_2)	10.135	5.070	2.281	4.888	4.000	4.275
DBO_5 (mg/L O_2)	-	1.464	346	523	492	600
DBO_5/DQO	-	0,29	0,15	0,11	0,12	0,14
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	5.800	2.560	810	2.130	1.826	1.947
Nitrógeno orgánico (mg/L)	138	80	9,54	60	12,17	48
Fósforo total (mg/L)	9,7	20,6	1,8	6,5	17,7	17,2

TABLA 1: Valores de los parámetros de caracterización del lixiviado (continuación)

Parámetros	27/04	11/05	08/06	15/06	Media (08/02 à 15/06)
Temperatura (°C)	33,8	32,8	33,8	32,6	33,2
pH	7,91	7,84	8,40	8,43	8,01
Color (uH)	6.220	10.420	10.060	7.740	8.095
Turbidez (uT)	1.220	1.980	1.880	1.440	1.704
DQO (mg/L O_2)	3.611	5.466	5.714	3.225	4.867
DBO_5 (mg/L O_2)	568	2.040	3.800	2.580	1.379
DBO_5/DQO	0,16	0,37	0,67	0,80	0,31
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	1.503	1.765	1.491	1.062	2.089
Nitrógeno orgánico (mg/L)	29	77	24	18	50
Fósforo total (mg/L)	15,4	8,1	7,1	11,8	12

TABLA 2: Metales en el lixiviado

Parámetro	Unidad	LD	LQ	VMP	Método	Blanco	Resultado
Aluminio	mg/L Al	0,0005	0,0017		USEPA 6010C		1,06
Cadmio	mg/L Cd	0,0002	0,0008		USEPA 6010C		< LD
Calcio	mg/L Ca	0,24	0,81		USEPA 6010C		129,86
Plomo	mg/L Pb	0,0002	0,0005		USEPA 6010C		< LD
Cobre	mg/L Cu	0,0001	0,0004		USEPA 6010C		< LD
Hierro total	mg/L Fe	0,1	0,34		USEPA 6010C		44,08
Magnesio	mg/L Mg	0,07	0,25		USEPA 6010C		170,43
Manganeso	mg/L Mn	0,0004	0,0012		USEPA 6010C		0,421
Níquel	mg/L Ni	0,0004	0,0014		USEPA 6010C		0,19
Plata	mg/L Ag	0,0015	0,0051		USEPA 6010C		< LD
Zinc	mg/L Zn	0,0003	0,0011		USEPA 6010C		1,17

*LD: Limite de Detección
*LQ: Limite de Cuantificación

TABLA 3: Metales en el lixiviado

Parámetro	Unidad	LD	LQ	VMP	Método	Blanco	Resultado
Aluminio	mg/L Al	0,0007	0,0024		USEPA 6010C		0,67

Cadmio	mg/L Cd	0,0003	0,0009	USEPA 6010C	< LD
Calcio	mg/L Ca	0,3	1	USEPA 6010C	88,96
Plomo	mg/L Pb	0,0006	0,0019	USEPA 6010C	0,004
Cobre	mg/L Cu	0,0006	0,002	USEPA 6010C	< LD
Hierro total	mg/L Fe	0,2	0,67	USEPA 6010C	26,25
Magnesio	mg/L Mg	0,14	0,46	USEPA 6010C	147,5
Manganeso	mg/L Mn	0,0005	0,0017	USEPA 6010C	0,22
Níquel	mg/L Ni	0,0006	0,0019	USEPA 6010C	0,15
Plata	mg/L Ag	0,0015	0,0051	USEPA 6010C	< LD
Zinc	mg/L Zn	0,0003	0,0011	USEPA 6010C	0,8

*LD: Limite de Detección
*LQ: Limite de Cuantificación

TABLA 4: Metales en el lixiviado

Parámetro	Unidad	LD	LQ	VMP	Método	Blanco	Resultado
Aluminio	mg/L Al	0,0007	0,0024		USEPA 6010C		0,74
Cadmio	mg/L Cd	0,0003	0,0009		USEPA 6010C		< LD
Calcio	mg/L Ca	0,3	1		USEPA 6010C		97,27
Plomo	mg/L Pb	0,0006	0,0019		USEPA 6010C		0,012
Cobre	mg/L Cu	0,0006	0,002		USEPA 6010C		< LD
Hierro total	mg/L Fe	0,002	0,67		USEPA 6010C		42,3
Magnesio	mg/L Mg	0,14	0,46		USEPA 6010C		136,26
Manganeso	mg/L Mn	0,0005	0,0017		USEPA 6010C		0,38
Níquel	mg/L Ni	0,0006	0,0019		USEPA 6010C		0,12
Plata	mg/L Ag	0,0015	0,0051		USEPA 6010C		< LD
Zinc	mg/L Zn	0,0003	0,0011		USEPA 6010C		0,98

*LD: Limite de Detección
*LQ: Limite de Cuantificación

Conforme los parámetros identificados como característica para la fase acida y a metanogenica (Ehrig, 1988), y con la caracterización del lixiviado verifico se que el valor del DBO, DQO en el estudio indica el final de la fase acida o el empiezo de la fase metanogenica, mientras pH, Mg, Ca, Mn y Fe indican la mitad de la fase metanogenica. Se ha observado también que el pH, temperatura y cantidad mínima de nutrientes están en el intervalo óptimo para el desarrollo del tratamiento biológico.

Relativo a las sustancias toxicas o inhibidoras solamente el Magnesio, el Zinc y el amoniaco presentan concentraciones mayores que el límite, conforme tabla siguiente:

Contaminante	Concentración Limite en mg/l		Concentraciones del estudio
	Eliminación de M. Org. Carbonácea	Nitrificación	
Amoniaco	480		1061,66
Magnesio	1 a 10	50	151,39
Zinc	0,08 a 1	0,08 a 0,5	0,98

Tabla 45: Concentraciones de sustancias toxicas y inhibidores en el lixiviado
* En rojo la concentración arriba del límite
*LD: Limite de Detección
*NA: No analizado

Mediante el tratamiento aplicado se observaron rendimientos satisfactorios en la remoción del color en las proporcionales a las concentraciones de hidróxido da calcio utilizadas. Se observando que el color cambia de marrón escuro o negra inicial para marrón claro y amárelo claro.

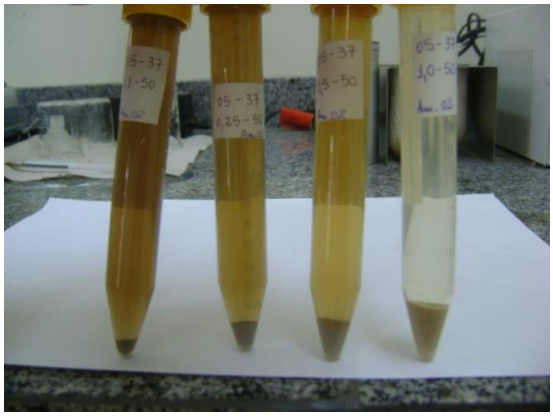

Figura 1: Color de la muestras después del tratamiento

El tratamiento con hidróxido de calcio se presentó como una técnica eficiente para varios metales pesados analizados, en todas las muestras, como se percebe comparando con datos antes del tratamiento. Sin embargo las concentraciones de Calcio aumentan de acuerdo con las concentraciones de hidróxido de Calcio y presentan una concentración toxica para el tratamiento biológico con 20 gramas de hidróxido de Calcio por litro de lixiviado.

Con relación a los metales que influyen en la biodegradabilidad del lixiviado investigado (Magnesio y Zinc) se observaran rendimientos satisfactorios. Se alcanzaron rendimientos de 99% para el magnesio y 90% para el zinc mediante una concentración de 20 g/L de hidróxido de Calcio. En las graficas a la continuación se muestra los rendimientos del tratamiento.

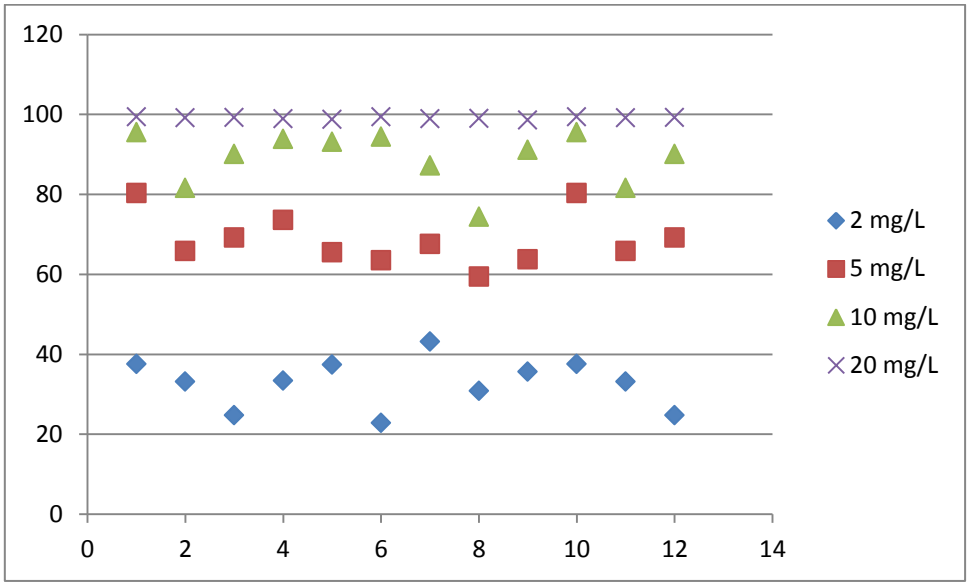

Figura 2: Eficiencia dos ensayos de precipitación química mediante adición de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio para remoción de Magnesio

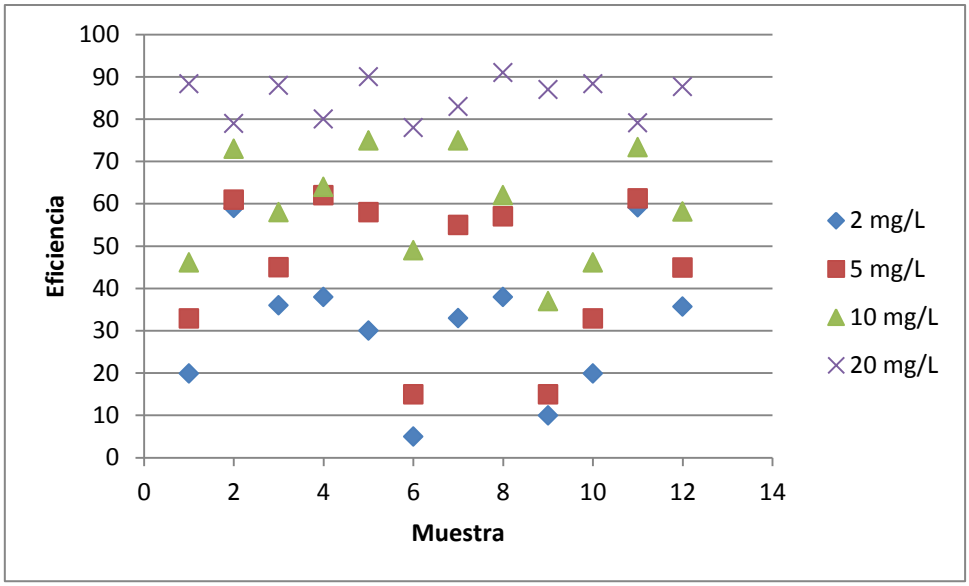

Figura 3: Eficiencia dos ensayos de precipitación química mediante adición de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio para remoción de Zinc

No se observó acción significativa sobre el contenido del amoniaco, sin embargo se observo un redimiento después del aumento del pH debido al tratamiento aplicado. La reducción del amoniaco se ha desarrollado debido a la volatización natural de una pequeña parcela de nitrógeno amoniacal ocasionado por el aumento de pH, proporcionado por la adición del hidróxido, que naturalmente favorece a la volatización en la forma de NH3.

El pH básico (superior a 11) después del tratamiento hace con que los iones metálicos disolutos sean convertidos para una fase insoluble a través de la remoción con hidróxido de calcio, precipitando los en la forma de hidróxido (kurniawan et al., 2006). Ese aumento del pH es una desventaja del tratamiento de precipitación química con hidróxido de Calcio, pues con el pH básico una neutralización es necesaria para proceder un tratamiento biológico. La reducción del amoniaco observada no se presento efectiva como se puede observa en la grafica 3.

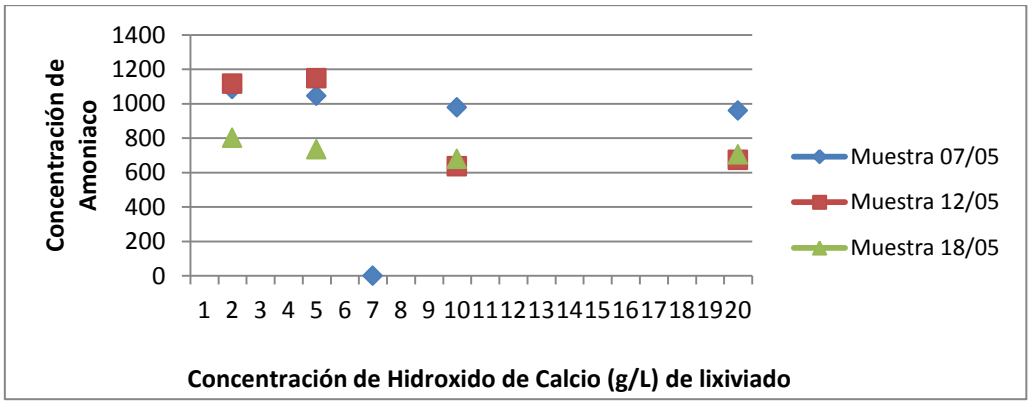

Figura 3: Ensayos de precipitación química mediante adición de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio para remoción de Amoniaco

Con los resultados obtenidos se comprueba que las concentraciones de magnesio y zinc se corrigieron suficientemente para que no interfiriesen negativamente en la depuración biológica. Sin embargo debe señalarse el aumento de la concentración de calcio, no obteniéndose resultados significativos en la remoción de amoniaco. Por lo tanto deberán considerarse la presencia de amoniaco y calcio, que pueden interferir negativamente en el tratamiento biológico.

Conclusiones y recomendaciones

Una vez que el lixiviado es un efluente de perfil de difícil previsión, su caracterización se torna importante para el entendimiento de las reacciones físicas, químicas y microbiológicas que están ocurriendo dentro de los residuos. También es importante para la adecuación de tratamientos para estos vertidos.

Se ha observado que en el lixiviado estudiado el pH, temperatura y cantidad mínima de nutrientes están en el intervalo óptimo para el desarrollo del tratamiento biológico y, entre las sustancias toxicas o inhibidoras, solamente el Magnesio, el Zinc y el amoniaco presentan concentraciones mayores del límite adecuado.

El tratamiento con hidróxido de calcio ha ocasionado una remoción significativa para varios metales pesados analizados, en todas las muestras estudiadas. Con eficiencia del 99% para el magnesio y 90% para el zinc con una concentración de 20 g/L de hidróxido de Calcio por litro de lixiviado. Con los resultados obtenidos se ha comprobado que las concentraciones de magnesio y zinc fueron suficientemente corregidas para no interferir negativamente en la depuración biológica. Sin embargo la concentración de calcio aumentó con la adición de hidróxido de calcio y presentó concentración toxica para el tratamiento biológico con 20 gramos de hidróxido de calcio por litro de lixiviado.

La precipitación química no ha presentado resultados significativos en la remoción de amoniaco.

Referencias Bibliográficas

Barker, D.J.; Stuckey, D.C. (1999) A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. *Water Research*, **33**(14), pp. 3063-3082.

Contretas, A. Á., Gelvez, J. H. S. (2006) Tratamiento biologico del lixiviado generado en El relleno sanitario de La ciudad San josé de Cúcuta*, Ingenieria y Desarrollo*, **20**.

Ehrig, H.-J. (1998) Water and element balances of landfills. Baccini, P. (Ed.), *The Landfill*, **20**. Springer, Berlin, pp. 3-116.

IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente. http://www.rn.gov.br/secretarias/idema/perfil/Ceara%20Mirim/Cear%E1%20Mirim.doc Asesado en 3 de Mayo de 2009.

Kurniawan, T.A., Lo, W., Chan, G. (2006) Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *J. Hazardous Materials*, **B129**, pp. 80–100.

Marttinen, S., Kettunen, R., Sormunen, K., Soimasuo, R., Rintala, J. (2002) Screening of physical-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates, *Bioresource Technology,* **54**, pp. 17-20.

Nunes, J.A. (1996) *Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais.* Gráfica Ed. J. Andrade Aracaju.

Renou, S. Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: review and opportunity. *J. Hazardous Materials,* **150**, pp. 468-493.

Tartari, L. C., Féris, L. A. (2005). Avaliação do processo de tratamento do chorume do Aterro Sanitário de Novo Hamburgo. *Revista de Divulgação de Ciência e Tecnologia*, Novo Hamburgo – RS, **6**, PP. 468-493.

Speece, R. E. (1966) *Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters*. Archaea Press.

Zhao, X. Li, Q. L., Hao, X. (1999). Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation, Waste Management, 19, pp. 409-415.