



Fecha de presentación del Informe: Día  Mes  Año

### Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: Centro de información 2758			
Título del proyecto: Tratamiento de Lixiviados por electrodisolución de magnesio y heterocoagulación alcalina			
Facultad o Instituto Académico: Ingenierías y Ciencias			
Departamento o Escuela: Escuela de Ingeniería Química			
Grupo (s) de investigación: Procesos avanzados para tratamientos biológicos y químicos (Gaox) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)			
Investigadores <sup>1</sup>	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Ing. Nilson Marriaga Cabrales M.Sc, Ph.D	5 h /semana	5 h /semana
Coinvestigadores	María Helena Pinzón Ph.D	2 h /semana	2 h /semana
Estudiante de Doctorado	Christian Eduardo Alvarez Pugliese	10 h /semana	10 h /semana
Estudiante de Doctorado	Dayana Donneys Victoria	0 h /semana	10 h /semana
Estudiante de Maestría	Diana Patricia Cobo Muriel	20 h /semana	20 h /semana

<sup>1</sup> Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.



## **1. Resumen ejecutivo:**

Durante el año 2008 se generaron en Colombia cerca de 25 000 toneladas diarias de residuos sólidos y aproximadamente el 91% de estos desechos se dispusieron en rellenos sanitarios y plantas integrales de tratamiento. En los últimos años la problemática de los lixiviados provenientes de rellenos sanitarios ha alcanzado gran divulgación a nivel nacional e internacional, en la medida que se fortalecen las regulaciones ambientales para el control de este efluente líquido.

Debido a esto, en la región, a mediados del 2008 fue clausurado el relleno sanitario de Navarro (Cali), mientras que en el nuevo relleno sanitario (Yotoco) hasta septiembre del año 2011 no se había logrado cumplir con “la reducción de contaminantes, especialmente nitrógeno amoniacal” establecido por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), lo que deriva en la recirculación y acumulación de lixiviados en las lagunas de oxidación.

Los tratamientos tradicionales, que incluyen acoples fisicoquímicos y biológicos, han demostrado desempeños satisfactorios en la reducción de demanda química de oxígeno (DQO), carbono orgánico total (COT), demanda biológica de oxígeno (DBO) y contenido de metales pesados; siempre y cuando se trate de lixiviados biodegradables provenientes de rellenos jóvenes. Sin embargo, estos procesos presentan limitaciones para remover el amonio presente en estos efluentes por lo que existe la necesidad de continuar en la búsqueda de métodos alternativos para el tratamiento.

Una posibilidad es conseguir que el amonio precipite a pH alcalino en forma de estruvita  $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , con la precipitación simultánea de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , dosificando cationes de magnesio por vía electrolítica.

Para ello se realizaron estudios electroanalíticos que permitieron determinar las condiciones adecuadas para la electrodisolución activa del magnesio en el lixiviado. Adicionalmente, se encontró el efecto de la carga eléctrica específica (A-h/L), el pH y la temperatura sobre la



cantidad de iones magnesio obtenidos. Asimismo, se determinó el efecto del pH, temperatura, concentración de magnesio y concentración de fosfato durante la heterocoagulación del lixiviado. Finalmente, se realizó un acople de los dos procedimientos y se estableció que el proceso presenta un desempeño integrado en términos de remoción de demanda química de oxígeno (DQO) cercana al 11%, carbono orgánico disuelto (COD) de aproximadamente 35% y de nitrógeno amoniacal que se aproxima al 93%.

## **2. Síntesis del proyecto:**

### **Tema**

Tecnologías económicas, eficientes y ambientalmente amigables para el tratamiento de lixiviados.

### **Objetivo general y específicos**

El proyecto evaluó el desempeño de la electrodisolución de magnesio y posterior heterocoagulación en la remoción de materia orgánica y amonio en un lixiviado local. Para lo cual:

- Se recolectó y caracterizó la muestra de lixiviado de relleno sanitario
- Se determinó el comportamiento electroquímico de la electrodisolución de una aleación de magnesio
- Se identificaron, a escala laboratorio, los parámetros que influyen significativamente en la electrodisolución de una aleación de magnesio en un lixiviado
- Se encontraron las variables que afectan la heterocoagulación de estruvita e hidróxido de magnesio en el lixiviado
- Se establecieron las condiciones, a escala de laboratorio, a las que ocurre la mayor reducción de amonio, DQO y COD en el proceso conjunto de electrodisolución de una aleación de magnesio y heterocoagulación en un lixiviado

### **Metodología**

La ejecución del proyecto de convocatoria interna inició con la gestión de permisos y logística para la recolección de la muestra de lixiviado en el relleno sanitario Presidente, ubicado en el



municipio San Pedro - Valle del Cauca. Se tomó una muestra puntual del lixiviado proveniente de la pila de basura, en época de sequía y se conservó conforme a los estándares ASTM D3370-10 y ASTM D3694-96, respectivamente. Los parámetros y métodos seguidos en la caracterización de la muestra se relacionan en la tabla 1.

La electrodisolución activa del magnesio (aleación AZ31B) se estudió en una celda electroquímica dotada con un electrodo de disco rotatorio Gamry® serie RDE710, un electrodo de referencia Ag/AgCl<sub>(s)</sub>/KCl<sub>(sat)</sub>, un electrodo cilíndrico de grafito como contra-electrodo y un electrodo circular de 5 mm de diámetro de la aleación AZ31B como electrodo de trabajo; acoplados a un Potenciostato/Galvanostato Gamry® serie G75. El medio de electrodisolución, el régimen de flujo y la concentración de electrolito soporte se determinaron mediante curvas de polarización anódica y cronoamperométricas. Todos los experimentos se realizaron a presión atmosférica, en presencia de oxígeno y a temperatura ambiente (24°C +/- 1°C).

La electrodisolución de magnesio, a escala de laboratorio, se llevó a cabo en un 1 L de agua potable con 584 ppm de NaCl; a partir de 8 placas de aleación AZ31B con 54 cm<sup>2</sup> de área, distanciadas 0.5 cm. La concentración de magnesio se midió, para hacer seguimiento a la electrodisolución del ensamble a 3, 6.5 y 10 mA cm<sup>-2</sup>; durante estos ensayos se realizó un cambio de polaridad cada 10 minutos. Para todos los casos se suministró una carga de 20 081 mAh L<sup>-1</sup>.

Para promover la formación y precipitación de estruvita, a partir del amonio contenido en el lixiviado, se adicionó ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) y la solución de magnesio obtenida por electrodisolución del metal. El pH se ajustó utilizando una suspensión de cal tipo N al 5% p/v, y como floculante se empleó una solución de 1 000 ppm de poliácridamida aniónica (FLOPAM 934AN). Éstos, con excepción del ácido, también se emplearon en la floculación de la materia orgánica e inorgánica oxidable contenida en el lixiviado mediante la formación de hidróxido de magnesio. El efecto del pH de floculación, temperatura, concentración de Mg<sup>2+</sup> y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se evaluó a través de la medición de la DQO y la concentración de amonio en el sobrenadante, los diseños experimentales se especifican en el anexo 1 y los resultados se analizaron con ayuda del paquete estadístico *Statgraphics Centurion XV*.

## Resultados obtenidos

La muestra de lixiviado se recolectó directamente de la pila de basura, de ésta sale con un pH de 7.8, a 40°C y con un flujo promedio de 1.4 L/s. En la tabla 1 se registra la caracterización del efluente.

**Tabla 1.** Caracterización de la muestras inicial

Parámetro	Método de determinación	Unidad	Valor
Turbidez	Nefelométrico-transmisión	NTU	1 750
Color	UV vis	Pt/Co	4 284
pH	Potenciométrico	Un	8.02
Conductividad	Electrométrico	mS/cm	13.76
Carbono orgánico (COD) disuelto	Combustión-IR	mg/l	6 128
Demanda Química de Oxígeno (DQO) total	Reflujo cerrado – colorimétrico	mgO <sub>2</sub> /l	26 862
Sólidos totales (ST)	Filtración y Gravimetría	mg/l	20 500
Nitrógeno Total – NTK	Macro Kjeldhal	mg/l	1 207
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> )	Colorimétrico	mg/l	1 091
Fosfatos	Colorimétrico	mg/l	198
Magnesio <sup>2+</sup>	AA	mg/l	381
Ca <sup>2+</sup>	AA	mg/l	1 100
Sólidos disueltos (SD)	Filtración y Gravimetría	mg/l	16 260

A partir de polarizaciones potenciodinámicas sobre placas de aleación AZ31B se decidió trabajar la disolución electroquímica *ex situ*, es decir, preparada en una solución de agua con NaCl como electrolito soporte. Esto, debido a la aparición de productos indeseados adsorbidos en la superficie del electrodo. En el anexo 2 se observan las curvas de polarización anódica del material para tres concentraciones del electrolito soporte. A 5 844 ppm de NaCl se generaron densidades de corriente entre 0.1 a 10 mA/cm<sup>2</sup>, significativas en comparación con las otras concentraciones en las que para un mismo voltaje la densidad de corriente en el circuito fue menor a la décima parte de la generada a esta concentración de sal. Con la intención de cuantificar el metal obtenido por corrosión electroquímica y no por desprendimiento físico se



descartó esta concentración en la que se generó picadura en el electrodo, evidenciada visualmente (Foto en anexo 3).

Asimismo, la concentración de NaCl se relaciona directamente con la conductividad del medio y como consecuencia con el consumo de energía. Por esta razón se escogió la concentración de 584 ppm, que exhibió una zona de trabajo apropiada entre 0.1 a 6 mA/cm<sup>2</sup> aproximadamente. Sin embargo, a escala de laboratorio se trabajó entre 3 a 10 mA/cm<sup>2</sup> con el fin de disminuir el tiempo de electrodisolución que, junto con la densidad, determinaron la cantidad de Mg<sup>2+</sup> dosificado. Finalmente, por medio de cronoamperometría se verificó que con el tiempo de polarización del electrodo no se originan zonas inactivas en la superficie (ver anexo 4).

Durante la electrodisolución del metal se observó que la concentración de Mg<sup>2+</sup> se incrementó al aumentar la carga eléctrica específica, acorde con la ley de Faraday. Además, en todos los casos la magnitud de la concentración se mantuvo por encima del valor teórico, posiblemente causado por reacciones de corrosión química. Como se muestra en anexo 5, al incrementar la densidad de corriente de 3 a 6.5 mA/cm<sup>2</sup> se favoreció la disolución electrolítica de Mg<sup>2+</sup>; sin embargo, cuando se operó a 10 mA/cm<sup>2</sup> se disminuyó la velocidad de producción del mismo. Este resultado se atribuye a reacciones secundarias como la evolución de hidrógeno que generó burbujas que se adhirieron y aislaron la superficie del electrodo; en consecuencia disminuyeron el área activa de éste.

No obstante, la electrodisolución del metal se llevó a cabo a 10 mA/cm<sup>2</sup> con el propósito de disminuir el tiempo de reacción; de esta manera, se alcanzó un consumo eléctrico de 77 KWh/m<sup>3</sup>. Asimismo, se ajustó una relación volumétrica de 1 a 4 (solución de Mg a lixiviado) y se varió la relación molar entre 0.98 y 1.42 (mol de Mg<sup>2+</sup>/mol de NH<sub>4</sub>).

Tanto el pH de floculación como la temperatura afectaron la disminución del contenido de amonio. Como se observa en anexo 6, se alcanzaron mayores disminuciones a temperatura ambiente, con un máximo de 55.1% a pH alto. A pesar de esto, el consumo de cal fue de 1 125 ppm para llevar el pH de 8.5 a 9.5 unidades, por lo que una diferencia de 4.7% en el porcentaje de reducción no se consideró significativa.



El incremento en la temperatura aumenta la solubilidad de la sal de MAP o estruvita  $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y el consumo de cal, que probablemente aumentó la cantidad de iones calcio en el medio. Esto afectó la precipitación de la sal y minimizó la disminución del contenido de amonio. A pesar que algunos autores reportan un cambio favorable en la precipitación de la estruvita con temperaturas superiores a  $64^\circ\text{C}$ , debido a modificaciones en su estructura química, en el presente estudio no se obtuvo resultados similares (ver anexo 6).

Por otra parte, la interacción entre la relación molar del magnesio y el fosfato, respecto al contenido de amonio en el lixiviado, mostró un efecto positivo en la disminución de este parámetro. Cuando la concentración de fosfatos correspondió a la mínima relación molar (1:1 mol de  $\text{PO}_4$ :mol de  $\text{NH}_4$ ) la concentración de magnesio más adecuada resultó ser 1:1.2 (mol de  $\text{NH}_4$ :mol de Mg). Sin embargo, con esta combinación no se superó el 60% en la disminución de nitrógeno amoniacal. Mientras que, cuando la concentración de fosfatos aumentó 1:1.4 (mol de  $\text{NH}_4$ : mol de  $\text{PO}_4$ ) resultó más adecuado adicionar 1.4 moles de Mg por cada mol de  $\text{NH}_4$ . Con estas relaciones la disminución de amonio alcanzó alrededor del 80%. Esto se atribuye a que la formación de la estruvita requiere concentraciones equimolares de los tres iones y un exceso de éstos favorece la precipitación del producto. Como se observa en anexo 7 las mejores condiciones para la disminución de amonio fueron las relaciones molares 1:1.42:1.42 ( $\text{NH}_4$ :Mg: $\text{PO}_4$ ).

En la disminución de la DQO la concentración de magnesio tuvo un efecto positivo, a medida que aumentó su concentración fue posible coagular una mayor cantidad de hidróxido de magnesio; por tanto, se favoreció la adsorción, neutralización y precipitación de más compuestos orgánicos e inorgánicos que son susceptibles de ser oxidados.

Por su parte, la temperatura presentó un efecto desfavorable en la disminución de la DQO (anexo 8) debido a que las propiedades adsorbentes del hidróxido de magnesio co-precipitado decayeron por una disminución en el área superficial de las partículas y por la formación de estructuras más frágiles. En lo que respecta a la variación en el pH de floculación, no se apreciaron cambios en la disminución de la DQO; aunque para asegurar la precipitación del hidróxido se decidió trabajar a pH 11, donde también se apreciaron mejoras en la remoción de



color y de turbidez. Con base en estos resultados se fijó la concentración de magnesio en 552 ppm, la temperatura en 30 °C y el pH de coagulación en 11 unidades para la floculación del hidróxido de magnesio.

Acoplado los procesos de electrodisolución de magnesio, una floculación inicial para precipitar estruvita a partir del amonio contenido en el lixiviado y una floculación final para disminuir la DQO mediante la formación y precipitación de hidróxido de magnesio, se obtuvo una caracterización final de los efluentes del proceso con el fin de evaluar el desempeño del tratamiento (tabla 2).

Los lodos generados en las floculaciones se analizaron por espectroscopia electrónica de barrido, SEM (anexo 9). Se encontró que en el lodo de la primera floculación el contenido principal correspondió a carbono, oxígeno, magnesio y fósforo; mientras en el lodo de la segunda floculación fueron los mismos elementos con excepción del fósforo que fue reemplazado por el calcio. En una cantidad menor también se encontró sodio, aluminio, silicio, azufre, cloro y el hierro. También se realizó una caracterización de los lodos por difracción de rayos X, DRX (anexo 10 y anexo 11), que permitieron evidenciar la formación de estruvita en la primera floculación y la formación de brucita y calcita en la segunda floculación; en una proporción aproximada de 21% y 79% respectivamente.



**Tabla 2.** Caracterización de los productos líquidos del proceso

Parámetro	Unidad	Sobrenadante	
		1ª floculación	2ª floculación
Turbidez	NTU	67.1	4.5
Color	Pt/Co	697,4	461,1
pH	Un	8.59	10.24
Conductividad	mS/cm	10.77	8.57
Carbono orgánico (COD) disuelto	mg/l	6000	5442
Demanda Química de Oxígeno (DQO) total	mgO <sub>2</sub> /l	20186	17542
Sólidos totales (ST)	mg/l	18420	15520
Nitrógeno Total – NTK	mg/l	262	199
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> )	mg/l	188	80
Fosfatos	mg/l	725	3.6
Magnesio <sup>2+</sup>	mg/l	1117	250
Ca <sup>+2</sup>	mg/l	348	1240
Sólidos disueltos (SD)	mg/l	16820	13880

### **Conclusiones**

Por medio de un novedoso proceso para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en el que se acopló una etapa de electrodisolución de magnesio con una posterior etapa de heterocoagulación alcalina se logró disminuir el contenido de nitrógeno amoniacal en cerca del 93%, la demanda química de oxígeno en cerca del 35% y el contenido de carbono orgánico disuelto en aproximadamente 11%.

Empleando difracción de rayos X en los sólidos precipitados se evidenció la formación de estruvita, hidróxido de magnesio y carbonato de calcio principalmente.

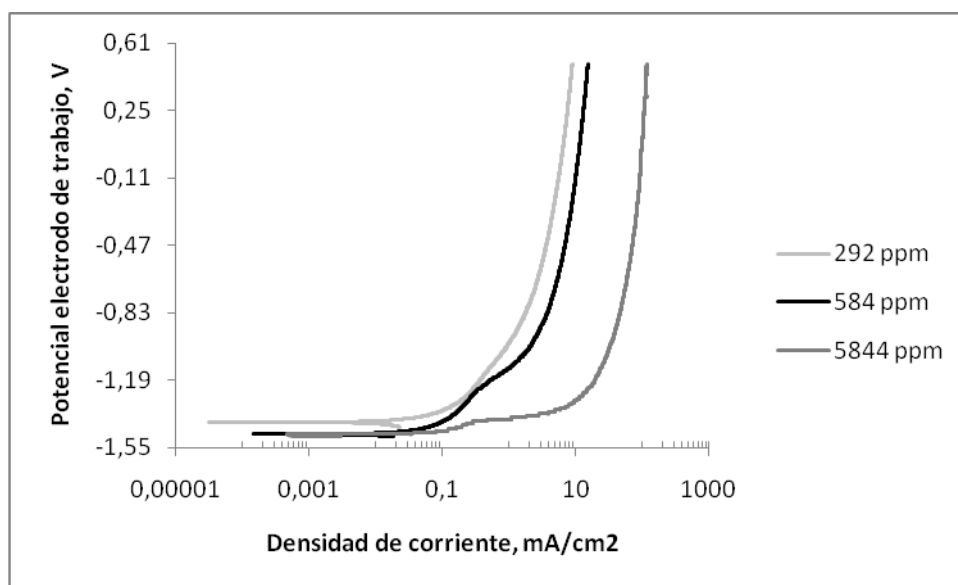
El tratamiento inicial del lixiviado con una solución de magnesio electrodisuelto y ácido fosfórico, con un exceso molar del 42% respecto al contenido de amonio, a un pH de floculación de 8.5 y temperatura ambiente, favoreció la formación y precipitación de estruvita. En la segunda floculación con 552 ppm de magnesio electrodisuelto, a un pH de floculación de 11 y temperatura ambiente; se formó principalmente carbonato de calcio e hidróxido de magnesio.

## Anexos

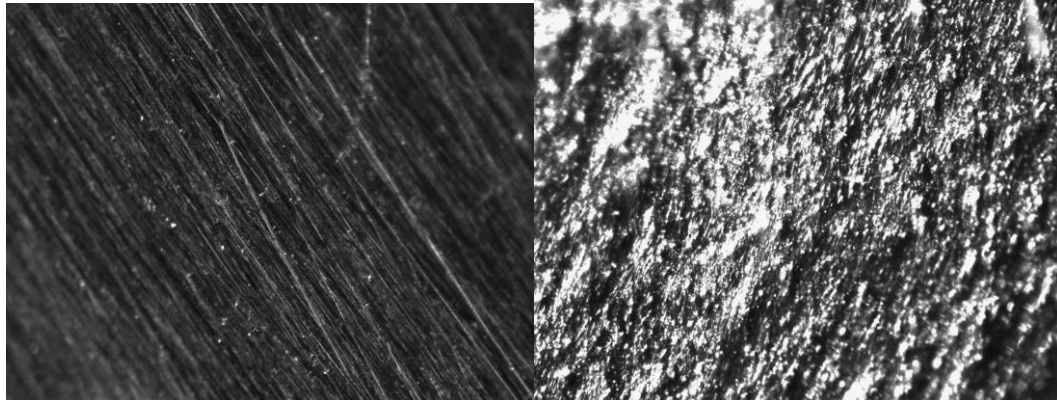
### Anexo 1. Diseños con efectos fijos.

Tipo de diseño	Variable Manipulada	Nivel		Variable Respuesta
		Bajo	Alto	
Factorial 2 <sup>2</sup> con punto central, 1 réplica	pH, unidades	8.5	9.5	% disminución del contenido de amonio
	Temperatura, °C	30	70	
Factorial 2 <sup>2</sup> , compuesto central ortogonal con 1 réplica	Magnesio, mol Mg/mol NH <sub>4</sub>	1.0	1.4	% disminución del contenido de amonio
	Fosfatos, mol PO <sub>4</sub> /mol NH <sub>4</sub>	1.0	1.4	
Factorial 2 <sup>3</sup> , compuesto central rotatable con 1 réplica	pH, unidades	10.5	11.5	% de disminución del contenido de DQO
	Temperatura, °C	30	60	
	Magnesio, ppm	150	450	

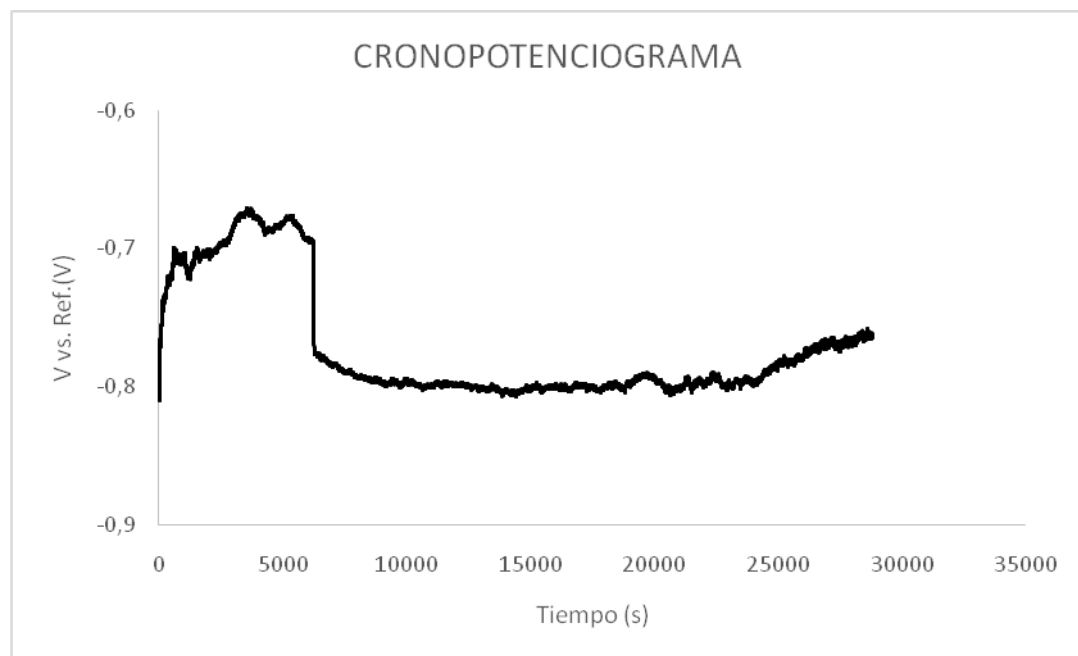
### Anexo 2. Polarizaciones potenciodinámicas, a diferente concentración de NaCl



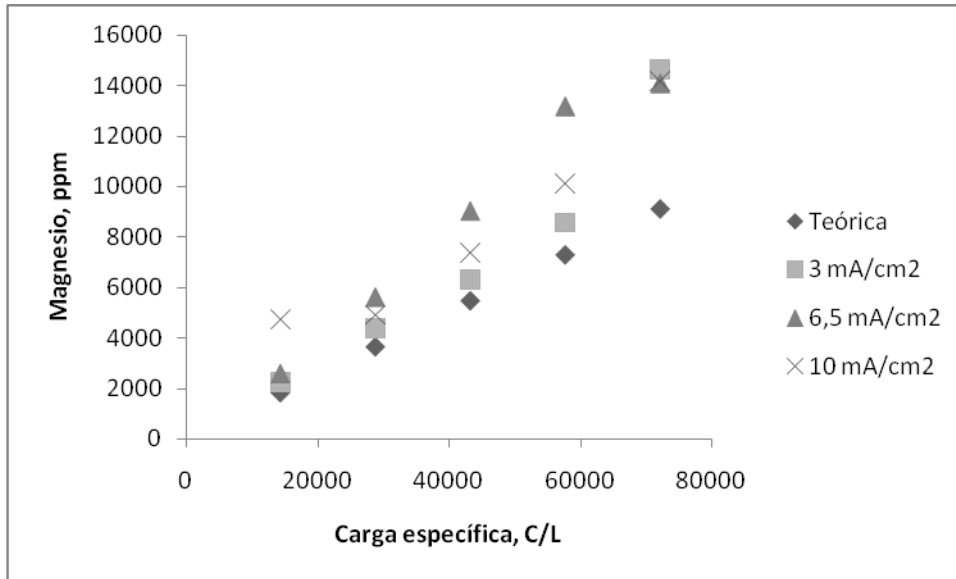
**Anexo 3.** Imagen en microscopio de la superficie del electrodo  
(Izquierda superficie inicio electrodisolución; Derecha superficie final electrodisolución)



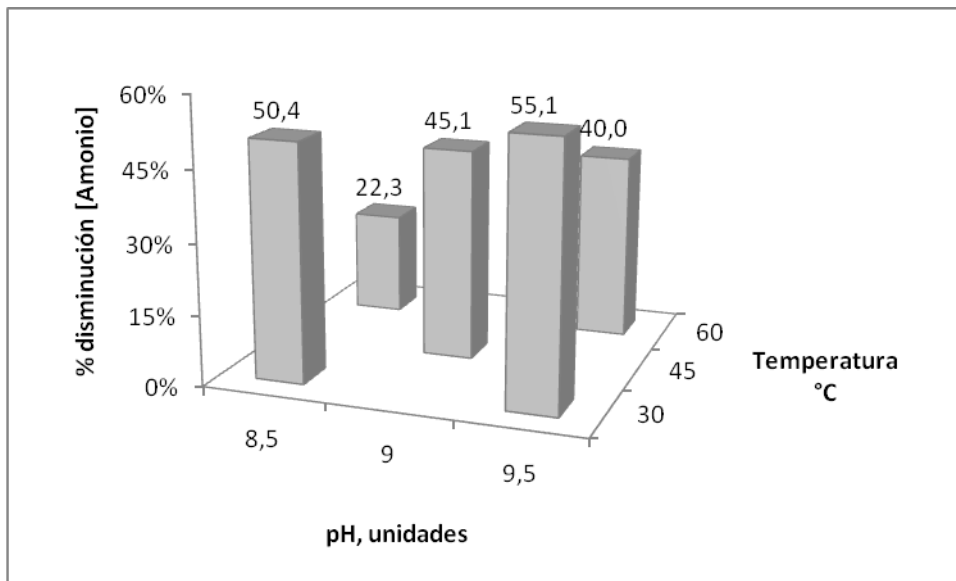
**Anexo 4.** Solución 292 ppm de NaCl, 5 mA/cm<sup>2</sup>



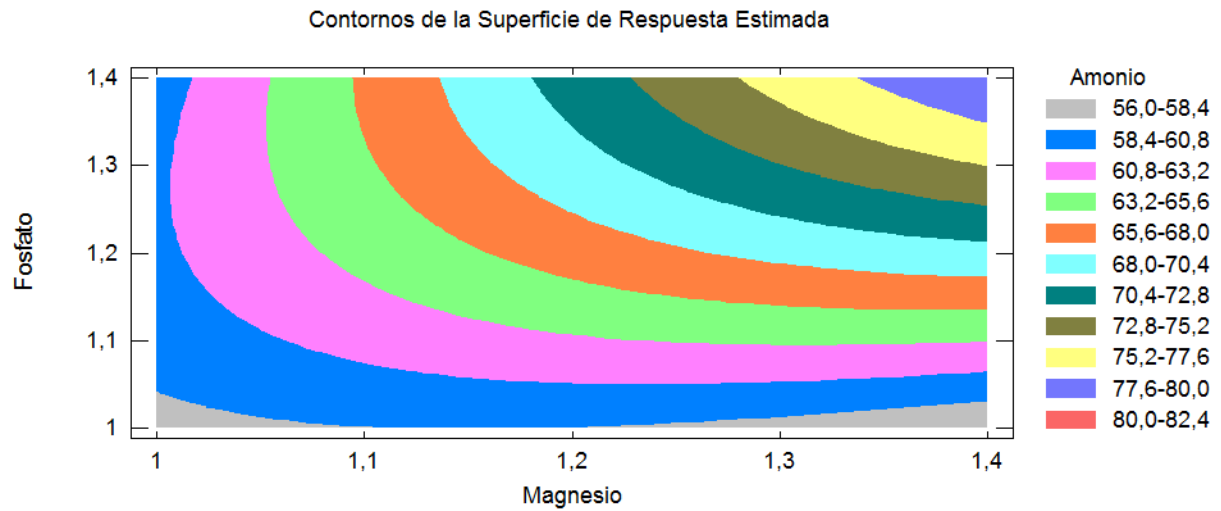
**Anexo 5. Electrodisolución de magnesio, a escala de laboratorio**



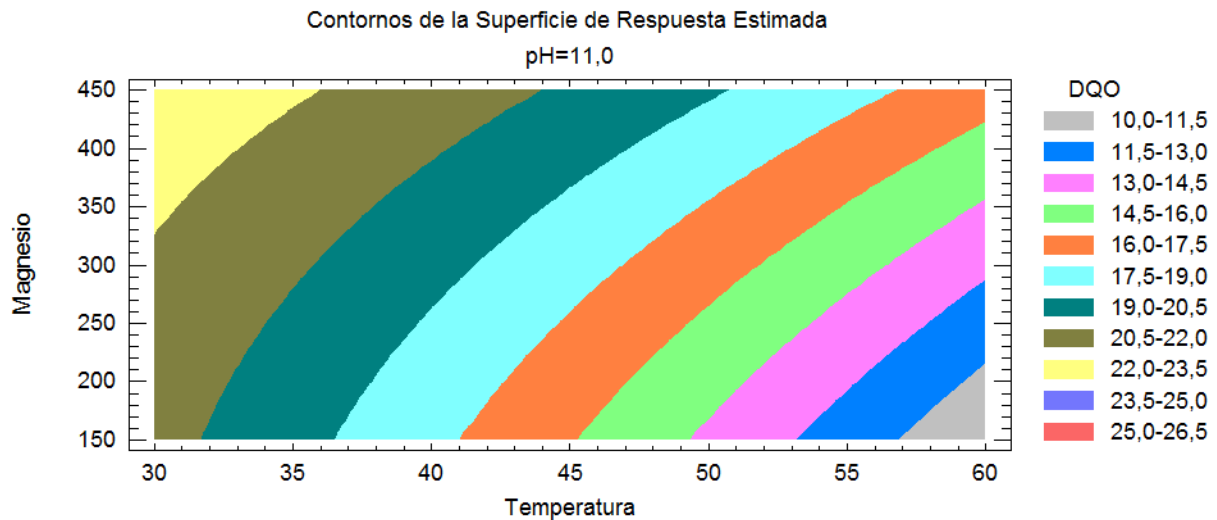
**Anexo 6. Efecto del pH y la Temperatura en la precipitación de estruvita**



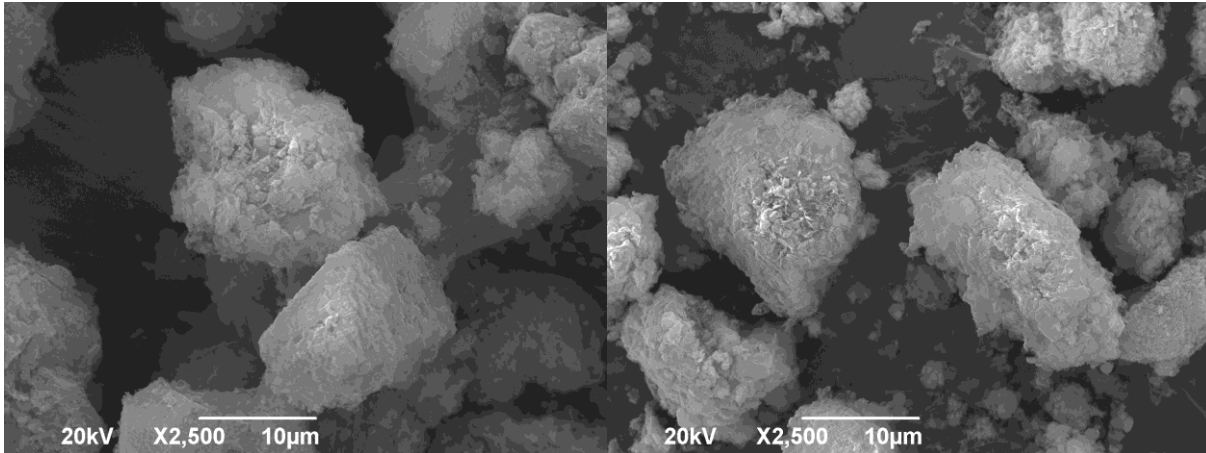
**Anexo 7. Efecto de la relación molar de magnesio y fosfato en la disminución del contenido de amonio**



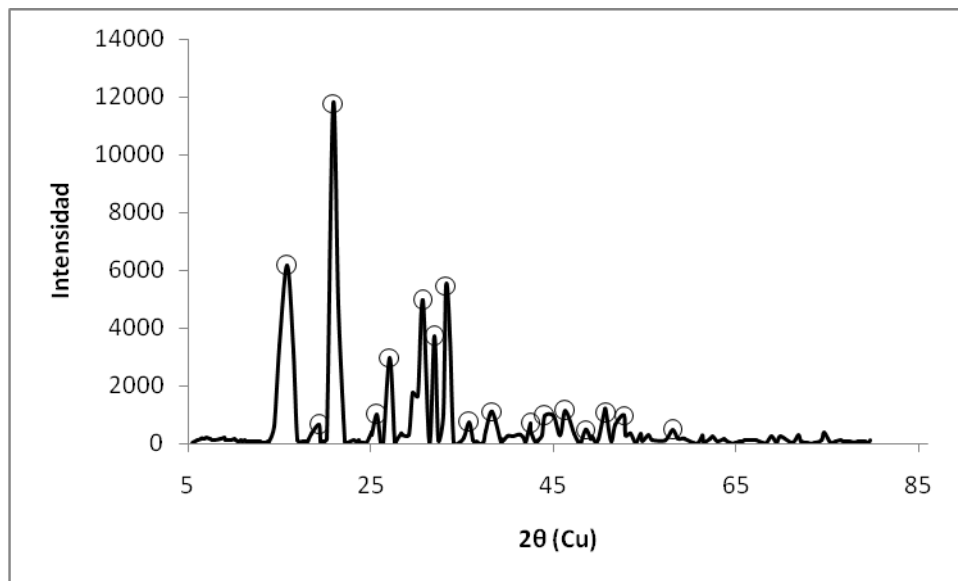
**Anexo 8. Efecto de la temperatura y la concentración de magnesio en la disminución de la DQO**



**Anexo 9.** Microscopía electrónica de barrido de los lodos generados  
(Izquierda lodo 1<sup>a</sup> floculación; Derecha lodo 2<sup>a</sup> floculación)

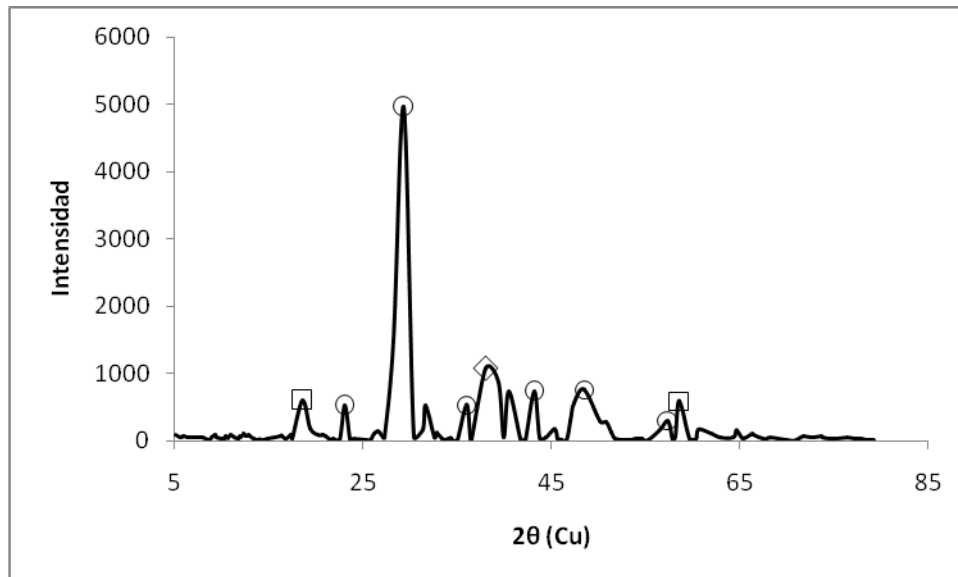


**Anexo 10.** DRX lodo 1<sup>a</sup> floculación



**Anexo 11. DRX Iodo 2ª floclulación**

(○) picos Calcita (◇) pico Calcita+Brucita (□) picos Brucita





### 3. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS	No. de PRODUCTOS PRESENTADOS
<b>Productos de nuevos conocimientos</b>		
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2		
Artículo completo publicados en revistas B		
Artículo completo publicados en revistas C		
Libros de autor que publiquen resultados de investigación		
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	2	2
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados		
<input type="checkbox"/> Prototipos y patentes		
<input type="checkbox"/> Software		
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial		
Normas basadas en resultados de investigación		





TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
<b>Formación de recursos humanos</b>				
Estudiantes de pregrado	2	2	3	2*
Semillero de Investigación	2		2	1*
Estudiantes de maestría			1	
Estudiantes de doctorado	1		1	
<b>Productos de divulgación</b>				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
<b>Ponencias</b>	1	1	1	1
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.		1	1	

\*Los estudiantes de pregrado se encuentran matriculados en Trabajo de Grado II en el semestre Feb-Jun 2015, y se espera que sustenten el trabajo de grado a comienzos del semestre Ago-Dic 2015.



**Tabla No. 2. Detalle de productos.**

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a esta guía encontrará el instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Capítulos en libros que publican resultados de investigación
Nombre General:	Evaluation of Electrochemical Reactors as a New Way to Environmental Protection . En: India ISBN: 978-81-308-0549-8 ed: Research Signpost , v. , p.77 - 93 ,2014
Nombre Particular:	A patent review of technologies for wastewater treatment by electrochemical oxidation with boron doped diamond electrode
Ciudad y fechas:	Kerala, India (2014)
Participantes:	Christian Eduardo Alvarez Pugliese, Nilson Marriaga- Cabrales, Fiderman Machuca-Martinez
Sitio de información:	<a href="http://ressign.com/UserArticleDetails.aspx?arid=12216">http://ressign.com/UserArticleDetails.aspx?arid=12216</a>
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX)



Tipo de producto:	Capítulos en libros que publican resultados de investigación
Nombre General:	Evaluation of Electrochemical Reactors as a New Way to Enviromental Protection . En: India <i>ISBN: 978-81-308-0549-8</i> ed: Research Signpost , v. , p.17 - 40 ,2014
Nombre Particular:	Electrocoagulation for landfill leachate treatment: A review of patents and research article
Ciudad y fechas:	Kerala, India (2014)
Participantes:	Dayana Donneys-Victoria, Nilson Marriaga-Cabrales, Fiderman Machuca-Martinez
Sitio de información:	<a href="http://ressign.com/UserArticleDetails.aspx?arid=12213">http://ressign.com/UserArticleDetails.aspx?arid=12213</a>
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX)



Tipo de producto:	Estudiante de Pregrado vinculado a Semillero de Investigación
Nombre General:	Estudiante de Pregrado de Ingeniería Química
Nombre Particular:	Eider Erazo Moreno (CC 1,151,943,573)
Ciudad y fechas:	1/10/2013 - Actualidad
Participantes:	N/A
Sitio de información:	N/A
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Estudiante de Pregrado vinculado a Semillero de Investigación
Nombre General:	Estudiante de Pregrado de Ingeniería Química
Nombre Particular:	Juan Camilo Murillo Sierra (CC. 1,144,066,057)
Ciudad y fechas:	1/10/2013 - Actualidad
Participantes:	N/A
Sitio de información:	N/A
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Estudiante de Pregrado vinculado
Nombre General:	Estudiante de Pregrado de Ingeniería Química
Nombre Particular:	Jhon Danis Puerres (CC. 1,144,053,680)
Ciudad y fechas:	1/10/2013 - Actualidad
Participantes:	N/A
Sitio de información:	N/A
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Trabajo de Grado de Pregrado
Nombre Particular:	Precipitación de amonio en lixiviados de un relleno sanitario empleando óxido de magnesio
Ciudad y fechas:	Pendiente por evaluar.
Participantes:	Jhon Danis Puerres
Sitio de información:	Biblioteca Central
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Trabajo de Grado de Pregrado
Nombre Particular:	Electrodisolución de Mg en una celda electrolítica agitada.
Ciudad y fechas:	Pendiente por evaluar.
Participantes:	Juan Camilo Murillo Sierra y Eider Erazo Moreno
Sitio de información:	Biblioteca Central
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)





Tipo de producto:	Estudiantes de Maestría vinculado
Nombre General:	Estudiantes de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Química.
Nombre Particular:	Diana Patricia Cobo Muriel (CC. 1,130,609,246) Titulo de la Tesis: "Reducción del contenido amoniacal, DQO y COD en un lixiviado local por medio de un tratamiento acoplado de electrodisolución de magnesio y posterior floculación"
Ciudad y fechas:	2013 - Actualmente
Participantes:	Director de Tesis: Nilson Marriaga-Cabrales
Sitio de información:	N/A
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Estudiantes de Doctorado vinculado
Nombre General:	Estudiantes de Doctorado en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Química.
Nombre Particular:	Dayana Donneys Victoria ( CC 1,113,626,996) Titulo de la Tesis: Electrocoagulación de soluciones de indigo carmín empleando electrodos de magnesio.
Ciudad y fechas:	2013 - Actualmente
Participantes:	Director de Tesis: Nilson Marriaga-Cabrales
Sitio de información:	N/A
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX) Laboratorio de investigación en catálisis aplicada y procesos (Licap)



Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Química 2014 - Octubre 6 a 8 de 2014.
Nombre Particular:	Tratamiento de un lixiviado con electrodisolución de magnesio y floculación química
Ciudad y fechas:	Cartagena, Colombia, Octubre 6 a 8 de 2014
Participantes:	Diana Patricia Cobo-Muriel, Christian Eduardo Alvarez-Pugliese, Nilson Marriaga-Cabrales
Sitio de información:	<a href="http://ciiq.co">http://ciiq.co</a> Asociación Colombiana de Ingeniería Química
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX)



Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	MicroEchem 2013: New Processes and Materials based on Electrochemical Concepts at the Microscopic Level. 16-19 de Septiembre de 2013 en Amealco, Queretaro, Mexico.
Nombre Particular:	A Coupled Electrodissolution, Heterocoagulation and Electrochemical Oxidation Process for Landfill Leachate Treatment
Ciudad y fechas:	16-19 de Septiembre de 2013 en Amealco, Queretaro, Mexico.
Participantes:	D. Donneys-Victoria, C.E. Alvarez-Pugliese, N. Marriaga- Cabrales. , F. Machuca-Martínez.
Sitio de información:	<a href="https://sites.google.com/site/microechem2013/">https://sites.google.com/site/microechem2013/</a> Sociedad Mexicana de Electroquímica
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX)



Tipo de producto:	Propuestas para ser presentadas a convocatorias externas 2014-2015
Nombre General:	Convocatoria 642 - 2013 Locomotora De La Innovación Para El Apoyo Del Desarrollo Tecnológico De Colciencias.
Nombre Particular:	Diseño, construcción y montaje de una planta piloto para el tratamiento primario de lixiviados por electroflox
Ciudad y fechas:	Abril 2014.
Participantes:	Nilson Marriaga-Cabrales
Sitio de información:	Colciencias.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos (GAOX)



#### **4. Impactos actual o potencial:**

Con la posible implementación de los resultados de este estudio se espera generar un impacto ambiental positivo porque favorece la conservación del recurso hídrico a nivel local, regional y global, al plantear una novedosa solución para la remoción de contaminantes de los lixiviados producidos en los rellenos sanitarios. Igualmente, se reduciría el riesgo sanitario en el ambiente causado por contaminantes altamente tóxicos y de difícil degradación como el amonio, potencialmente dañino para la vida acuática y la salud humana.

La dosificación electrolítica de cationes de magnesio  $Mg^{+2}$  al lixiviado evita el uso de sales de magnesio e incide directamente en la disminución de la cantidad de lodo generado y en la descontaminación del sobrenadante, ya que en el proceso convencional (con sales de magnesio) los aniones que se dosifican en conjunto con los iones de magnesio, incrementan la masa del lodo (mayores desechos a tratar) y conllevan a un aumento en la salinidad de la fase líquida, requiriendo tratamientos adicionales para la descarga.

La presente investigación sirvió de base para obtención de recursos que ascienden a los \$ 647,045,264 COP para la ejecución de un proyecto de desarrollo tecnológico e innovación entre la Universidad del Valle y la empresa BugaAseo S.A E.SP (Empresa del grupo internacional Veolia Environnement) en la convocatoria de Colciencias 642 – “LOCOMOTORA DE LA INNOVACIÓN PARA EL APOYO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO” . Éste proyecto que se encuentra en el banco definitivo de financiables (y que a la fecha, se encuentra en espera del desembolso de los recursos por parte de Colciencias) se titula “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO DE LIXIVIADOS POR ELECTROFLOX” y permitirá establecer el desempeño real del proceso Electrofloxx-UV<sup>®</sup> acoplado con el proceso de heterocoagulación alcalina con magnesios operando en continuo y empleando reactivos comerciales en el tratamiento primario de 1m<sup>3</sup>/h lixiviados en el relleno sanitario Presidente, antes de la unidad de ósmosis inversa. Paralelamente se podrá adelantar la identificación y resolución de problemas operativos, así como perfeccionar los procedimientos de arranque y parada y, además, se podrá evaluar el desempeño de la estrategia de control implementada.



El acople con la unidad de ósmosis inversa permitirá establecer el efecto del pre-tratamiento sobre la mitigación de los problemas de ensuciamiento de las membranas. De esta manera será posible determinar la disminución en los costos operativos y el ahorro en el lucro cesante al emplear el procesos Electroflux-UV como pre-tratamiento en este tipo de acoples.

Por otra parte, se podría reducir el riesgo sanitario en el ambiente causado por contaminantes de difícil degradación como el amonio, potencialmente dañino para la vida acuática y la salud humana. En este contexto, se despertaría el interés de diferentes empresas dedicadas a la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios por la tecnología empleada.

Con la construcción de la planta piloto Electroflux-UV para el tratamiento de lixiviados se espera establecer dicho proceso como una alternativa innovadora y viable como tratamiento primario para este tipo de efluentes.

---

Firma del investigador principal

---

VoBo. Vicedecano de Investigaciones