



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“CONTAMINACION DEL AGUA SUPERFICIAL
POR LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

Jose Smith Montalvo Quiroz
Miguel Quispe Becerra

Asesor:

Luis Felipe Valdez Núñez
Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, y a todas las personas que nos han apoyado en nuestra formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Agradecemos a nuestros docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por haber compartido sus conocimientos y su apoyo incondicional para desarrollarnos profesionalmente.

Finalmente agradecemos a la Universidad Privada del Norte, por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
RESUMEN	5
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	7
CAPÍTULO III. RESULTADOS	12
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	15
REFERENCIAS.....	17

RESUMEN

El deficiente manejo de los lixiviados generados en el sitio de disposición final de residuos sólidos de El Carrasco de Bucaramanga (Colombia) despertó, desde hace algunos años, preocupación por parte de las autoridades ambientales, debido al riesgo de contaminación de los recursos suelo y agua. (Niño Carvajal, Ramón Valencia, & Ramón Valencia, 2016).

La contaminación de los lixiviados originados en el relleno sanitario municipal (RSM) de la ciudad de Linares, Nuevo León, en el NE de México. Se han identificado altas concentraciones de NO₃, Pb, Mn y Fe en el agua subterránea y en escurrimientos superficiales que generan una importante contaminación del suelo y del agua, aspecto muy relevante si las personas de la región consumen agua contaminada procedente de pozos que puede ocasionar efectos nocivos en su salud. (Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. et al., 1994).

La presente investigación trata sobre la contaminación del agua de manantiales por los lixiviados originados en un relleno sanitario, la cual a través del análisis y la interpretación de datos obtenidos de artículos científicos que se obtuvieron mediante las páginas de Scielo, redalyc, Google académico. Se determinará el grado de contaminación que los lixiviados generan en el agua superficial teniendo en cuenta los parámetros físico – químicos. Las modificaciones en parámetros tales temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, DBO 5 , DQO, SDT, SST y STV, metales pesados, Cr +6 , CN-total, N-NH₃ , N-NO₂ , N-NO₃ , N total, P total, son indicadores de la calidad del agua y mediante los resultados obtenidos se realizara minuciosamente una discusión donde se darán a conocer los principales cambios de estos parámetros (Físico-Químicos) que posteriormente serán la base para llegar a las conclusiones de nuestro objeto de estudio.

PALABRAS CLAVES: Lixiviados, Relleno Sanitario, Contaminación, Agua

Superficial.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles es el grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario?

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los efectos ambientales más serios provocados por el manejo inadecuado de los RSU es la contaminación de las aguas superficiales, las cuales muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable (Del et al., 2010).

La presente investigación se enfocará en estudiar cual es el grado de contaminación del agua superficial de los lixiviados de un relleno sanitario, ya que los diversos estudios señalan que los lixiviados provocan alteraciones en el agua, debido a que estos cuentan con altas concentraciones de DBO 5, DQO, SDT, SST y STV, metales pesados, Cr +6, CN-total, N-NH 3, N-NO 2, N-NO 3, N total, P total, los cuales generan una importante contaminación del suelo y del agua. En ese sentido permitirá obtener conocimientos que ayuden a conocer los efectos que estos tienen en el agua. También conllevará a profundizar los conocimientos teóricos vinculados al tema.

Los que se beneficiarán con la investigación son los pobladores aledaños al lugar dado que al conocer los efectos que los lixiviados tienen se podrán tomar las medidas necesarias para mitigar dichos efectos; además de ofrecer una mirada integral sobre el comportamiento de la variable de estudio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el grado de contaminación en los parámetros físicos del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario.
- Determinar el grado de contaminación en los parámetros químicos del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizará mediante "revisión sistemática de la literatura científica", para determinar ¿Cuáles es el grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario?, se realizara una búsqueda de estudios primarios, artículos científicos realizados en los últimos años en español a través de Scielo y Redalyc, Google académico para ello se introducirán palabras claves en el buscador (contaminación del agua por lixiviados, efectos de los lixiviados, lixiviados de rellenos sanitarios, etc.), se realizara una revisión de los estudios para seleccionar los que presentan la información necesaria, concerniente a la contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario.

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2015	Revista mexicana de ciencias geologicas	México	Universidad Autónoma de Nuevo León	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2016	revistaPM L@lasallis ta.edu.co	Colombia	Producción + Limpia, Corporación Universitaria Lasallista	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2009	Revista de la Asociación Geológica Argentina	Argentina	Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS), CONICET, Universidad de Buenos Aires	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2017	<u>Boletín de ciencias de la tierra</u>	Colombia	<u>Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.</u> <u>Facultad de minas.</u>	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2009	<u>Revista internacional de contaminación ambiental</u>	México	Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería.	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2010	<u>Revista internacio nal de contamina ción ambiental</u>	Cuba	<u>Universidad de Pinar del Río, Calle Martí final, Pinar del Río. Cuba.</u>	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2000	Investigacion es geográficas	México	Instituto de Ecología, UNAM, Cd. Universitaria	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2006	Revista internacional de contaminación ambiental	México	Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica.	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2006	Revista Ingeniería y desarrollo	Colombia	Universidad del Norte Barranquilla	Experimental

AÑO PUBLICACIÓN	REVISTA	PAIS	INSTITUCIÓN	TIPO DE ESTUDIO
2002	Revista académica de ingeniería	México	Universidad Autónoma de Yucatán	Experimental

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se examinaron diez artículos científicos de los cuales se seleccionaron cuatro por contener la información requerida para la presente investigación.

TABLA 1:

Parámetros químicos de las muestras de los acuíferos cercanos al relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga.

PUNTO DE MUESTREO		Cromo Cr+6 mg/l	Cadmio mg/l	Arsénico mg/l
N°	CARGA MÁXIMA PERMISIBLE	0.5	0.02	0.1
P1	EDS Caneyes	<0.10	<0.05	4.2
P2	EDS El Carmen	<0.10	<0.05	3.4
P3	Preveas S.A	<0.10	<0.05	1
P4	Servitecas los coches	<0.10	<0.05	0.5
P5	EDS Centroabastos	<0.10	<0.05	<0.05
P6	Freskaleche S.A	<0.10	<0.05	<0.05
P7	EDS La Báscula	<0.10	<0.05	<0.05
P8	Parque Palenque	<0.10	<0.05	1.1
P9	Lavadero Tsunami car	<0.10	<0.05	1.8
P10	EDS Insercol S.A	<0.10	<0.05	0.9

FUENTE: CDMB

TABLA 2:

Parámetros químicos y metales pesados de muestras de agua del relleno sanitario municipal de Linares, N.L. y comparación con normas nacionales e internacionales para calidad del agua (intervalos o niveles máximos).

Muestra	NO ₃ ⁻ (*)	SO ₄ ²⁻ (*)	Cl ⁻ (*)	DT (**)	DP (**)	Na ⁺ (*)	K ⁺ (*)	Al (***)	Si (***)	Cr (***)	Mn (***)	Fe (***)	Zn (***)	As (***)	Ba (***)	Pb (***)
P1-A	1.10	34.60	42.00	78.00	50.40	197.00	2.10	-	13,900.00	-	-	270.00	50.00	4.90	114.00	1.40
P1-B	0.00	37.40	39.80	93.00	48.90	203.00	2.90	-	16,000.00	12.00	25.00	-	23.00	1.20	174.00	-
P2-A	2.50	90.50	55.60	116.00	62.20	223.50	3.10	-	14,500.00	-	17.00	154.00	-	1.00	64.00	-
P2-B	14.90	52.70	40.20	310.00	173.90	96.00	2.90	-	17,000.00	9.00	-	-	5.00	0.70	108.00	-
P3-A	23.00	112.40	40.10	392.00	278.60	45.50	2.20	-	13,600.00	-	3.00	323.00	47.00	0.40	70.00	-
P3-B	4.40	129.20	39.80	368.00	249.00	45.20	2.30	-	13,000.00	-	28.00	-	15.00	0.50	65.00	70.40
P4-A	12.60	47.30	82.00	488.00	312.20	76.40	2.90	-	16,200.00	-	1,850.00	329.00	>2500	0.40	169.00	-
P4-B	6.20	52.30	102.50	508.00	324.10	98.00	3.40	-	18,000.00	6.00	1,730.00	200.00	1,180.00	0.90	178.00	0.10
P7-A	7.80	34.60	39.10	314.00	187.70	51.60	2.30	-	16,200.00	-	1.00	272.00	-	1.00	84.00	-
P7-B	2.10	38.70	38.80	262.00	158.10	68.00	5.50	-	15,000.00	-	2.00	-	-	1.90	67.00	-
P8-A	156.80	116.90	179.60	616.00	387.30	90.20	2.40	-	13,100.00	6.00	2.00	640.00	165.00	1.20	83.00	0.50
P8-B	95.20	30.00	84.20	288.00	132.40	95.00	3.60	-	13,000.00	-	1.00	-	15.00	-	69.00	0.20
El Cinco-A	1.70	105.80	18.90	212.00	176.80	12.20	3.60	167.00	6,350.00	-	2.00	246.00	-	1.10	83.00	1.40
El Cinco-B	0.00	158.00	51.70	276.00	235.10	25.00	5.20	340.00	7,000.00	-	7.00	200.00	-	1.00	120.00	0.20
Lix-1-A	274.60	132.70	1,117.40	820.00	415.00	1,605.30	651.00	3,830.00	41,300.00	1,600.00	262.00	20,700.00	395.00	40.00	768.00	19.00
Lix-1-B	699.00	82.30	1,286.80	800.00	379.40	737.10	469.00	1,600.00	469,000.00	590.00	420.00	9,000.00	160.00	27.00	690.00	42.00
NOM-127- SSA-1994	10.00	400.00	250.00	500.00		200.00		200.00		50.00	150.00	300.00	5,000.00	25.00	700.00	10.00
WHO, 2000	50.00	500.00				200.00		50-200		50.00	500.00		3,000.00	10.00	300.00	10.00
US EPA, 2001	10.00	250.00	250.00							100.00	50.00	300.00	5,000.00	50.00	2,000.00	15.00

Unidades: * mg/l, ** mgCaCO₃/L, *** µg/l; claves: En la columna de Muestra: A=Campaña de muestreo en diciembre 2004; B=Campaña de muestreo en junio 2005. DT=Dureza Total, DP=Dureza Parcial.

TABLA 3:

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de campo y laboratorio para muestras de agua recolectadas en el relleno sanitario municipal de Linares, N.L., y sus alrededores.

Muestra	Coordenadas UTM		Profundidad NE (m)		Mesofílicos ^{*2} aerobios	Coliformes ^{*2} totales	Coliformes ^{*2} fecales	DBO5	T	pH	Eh	Conduct.	STD	STS	Alcalinidad
	Este/Norte		Dic.-2004	Jun.-2004	UFC/100 ml	UFC/100ml	UFC/100ml	mg/l	°C		mV	µmhos/cm	mg/l	mg/l	mgCaCO ₃ /l
P1-A	453,739 /		15.70	17.70	530	5	0	<2.0	24.1	7.8	0.261	993	655	37	470.2
P1-B	2'745,594				450	18	4	6.4	31.6	7.8		1,104	628	2	505.3
P2-A	454,470 /		15.80	16.90	984	20	0	5.6	24	7.2	0.342	1,608	881	971	486.1
P2-B	2'746,746				520	12	2	<2.0	28.6	7.1		1,018	649	39	447.9
P3-A	453,301 /		2.80	4.10	599	5	0	4.9	26	6.9	0.344	984	635	21	352.4
P3-B	2'747,215				610	10	4	4.2	29	7.3		840	649	2,325	324.8
P4-A	452,132 /		15.80	17.80	1,600	42	4	4.1	24.9	6.8	0.216	1,149	755	10	514.4
P4-B	2'745,664				506	12	4	4.7	31.8	6.8		1,229	733	45	498.9
P7-A	451,660 /		1.00	1.40	678	8	0	6.3	19.3	7.8	0.352	845	532	45	378.4
P7-B	2'744,335				596	15	5	6.2	31	8		700	423	13	312.1
P8-A	449,652 /		40.70	44.40	610	6	0	<2.0	17.6	7.8	0.346	1,661	1,155	221	307.0
P8-B	2'745,338				459	20	0	4.6	42.5	7.8		938	488	148	248.4
El Cinco-A	452,500 /				459	6	0	3.9	17	8.1	0.362	449	318	83	131.4
El Cinco-B	2'747,475				896	15	5	2.5	30.7	8.1		612	407	104	108.3
Lix-1-A	452,375 /				10,650	65	35	15.6	18	8.1	0.064	11,950	10,178	425	4,078.8
Lix-1 B	2'745,575				3,250	120	25	424	38.3	7.8		6,820	4,706	131	2,144.2

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

En la tabla 1 las concentraciones de los parámetros físico-químicos analizados en el agua subterránea de los pozos se evidencia que algunos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma; sin embargo, para el arsénico generan especial preocupación, ya que este puede generar intoxicación gradual en un lapso de 5 a 20 años que resulta en cánceres de la piel, la vejiga y los riñones, entre otras enfermedades.

En la Tabla 2 se presenta la composición química de especies mayoritarias y de iones metálicos, se destaca la presencia de altos contenidos de NO_3 (>10 mg/l) en los pozos P2, P3 y P8, de los cuales, P2 y P3 se encuentran influenciados por los lixiviados del RSM. Además, en el pozo P3 se detectó un alto contenido de Pb (70 $\mu\text{g/l}$). El pH de esta muestra es casi neutro (6.8), pero un desplazamiento a condiciones ácidas podría dar lugar al predominio de plomo disuelto (Pb^{+2}) sobre complejos órgano-metálicos, el cual es más tóxico. Se ha documentado que, si este ion metálico excede la NOM, puede tener efectos nocivos en los sistemas nervioso y reproductor, así como provocar alta presión, anemia y varios tipos de cánceres en seres humanos.

Tabla 3 contiene los parámetros físicoquímico-bacteriológicos para las muestras colectadas en la periferia del RSM. En general, las muestras presentan un balance iónico con signo negativo, que implica un exceso de aniones en relación a especies catiónicas. La muestra Lix-1 se caracteriza por una alta conductividad eléctrica (6,820 y 11,950 $\mu\text{mhos/cm}$), un pH ~ 8 y una química de tipo Na- HCO_3 . Es evidente una falta de balance iónico (BI $< 7.0\%$), lo que indica un fuerte exceso de aniones. Esto podría explicarse como resultado de reacciones de sílice soluble/insoluble con el sistema carbonato-bicarbonato bajo condiciones de pH básico, efecto que no puede ser detectado durante la medición de alcalinidad o la determinación de sílice disuelto, de acuerdo a esta propuesta, los lixiviados que se generan muestran valores superiores al valor de umbral de potencial de peligrosidad. De manera particular, el lixiviado Lix-1 ha mostrado concentraciones de NO_3 (~ 700 mg/l) que rebasan el límite de la legislación para aguas residuales.

El análisis químico de aguas superficiales presenta concentraciones de NO_3^- (>10 mg/l) en los pozos P2, P3, P4 y P8; concentraciones de Pb (>10 $\mu\text{g/l}$) en el pozo P3; concentraciones de Mn (>150 $\mu\text{g/l}$) en el pozo P4 y finalmente concentraciones de Fe (>300 $\mu\text{g/l}$) en los pozos P3, P4 y P8; cuyos valores exceden la Norma Oficial Mexicana (NOM) y la legislación de la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) y que son potencialmente peligrosas para la salud humana. Además, el bajo contenido de cloruros se debe a la

presencia de rocas lutíticas presentes en la parte superficial del área de estudio y a la recarga por infiltración de la precipitación que no contiene cloruros. No obstante, el cloruro es un elemento conservativo, es decir que no es atenuado por el suelo, pero si es afectado por dilución; proceso por el cual se aumenta la concentración de cloruro, derivado de los constituyentes del lixiviado.

En este contexto la difusión (fenómeno físico-químico) y dispersión (fenómeno mecánico) son mecanismos por los cuales el lixiviado es diluido por el acuífero, observándose así que en el pozo P4, que se localiza dentro del RSM, existen concentraciones altas del Cl 102 mg/L) y altas concentraciones de especies disueltas acorde a sus conductividades hidráulicas de 1,229 $\mu\text{mhos/cm}$, en comparación con el resto de los pozos del área de estudio.

CONCLUSIONES

- Los lixiviados de un relleno sanitario generan un alto grado de contaminación al infiltrarse en el suelo estos alteran física y químicamente la calidad del agua subterránea y posteriormente al agua superficial la cual es consumida por la población aledaña y animales.
- Los lixiviados de un relleno sanitario generan un alto grado de contaminación en los parámetros físicos del agua superficial, como se muestran en los resultados de los estudios realizados en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) – México, los cuales muestran alta conductividad eléctrica (6,820 Y 11,950), además de una alteración de los parámetros de pH, sólidos totales y sólidos disueltos superando los límites de la legislación mexicana para aguas residuales como se puede apreciar en los resultados obtenidos en la investigación.
- El grado de contaminación de los lixiviados producidos en un relleno sanitario es muy alto puesto que al infiltrarse en las capas del suelo y entrar en contacto con el agua se alteran los parámetros químicos de NO_3 , Pb, aumento de cloruros, Mn, Fe, DQO, DBO, además de la fuerte acumulación de metales pesados como (Cr, Ni, Zn, As, Ba, y Pb) debido a las limitadas concentraciones aeróbicas estos superan los límites de la legislación de la NOM y la US EPA.
- Las limitaciones del estudio es la poca información concerniente al tema de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario puesto que

los pocos estudios encontrados son de otros países no habiendo estudios concretos realizados en nuestro país.

- Se recomienda a las autoridades mostrar mayor interés por la calidad del agua superficial cercana a los rellenos sanitarios y realizar estudios para verificar la calidad de esta y garantizar la salud de la población aledaña.

REFERENCIAS

- Del, M., Lloréns, C. E., López, M., Pellón, A., Robert, M., Díaz, S., ... Fernández, A. (2010). Analisis de comportamiento de los lixiviados en un vertedero de residuos solidos municipales de la ciudad de habana. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 26(4), 313–325. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v26n4/v26n4a6.pdf>
- Niño Carvajal, L. X., Ramón Valencia, J. A., & Ramón Valencia, J. L. (2016). Contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga. *Producción + Limpia, ISSN-e 1909-0455, Vol. 11, Nº. 1, 2016, Págs. 66-74, 11(1), 66–74*. <https://doi.org/DOI: 10.1016/j.aca.2009.12.037>
- Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología., H. de, Cruz-Vega, C. R., Dávila-Pórcel, R. A., Velasco-Tapia, F., Chapa-Guerrero, J. R., León-Gómez, H. de, ... Chapa-Guerrero, J. R. (1994). Revista mexicana de ciencias geológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32(3), 514–526. <https://doi.org/10.1177/0036933014529056>
- León-Gómez, Héctor de, Cruz-Vega, Carlos R., Dávila-Pórcel, René Alberto, Velasco-Tapia, Fernando, & Chapa-Guerrero, José R.. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 32(3), 514-526. Recuperado en 16 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742015000300514&lng=es&tlng=es.

- Niño Carvajal, Lissette Ximena, Ramón Valencia, Jacipt Alexander, & Ramón Valencia, Jairo Lenin. (2016). Contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga. *Producción + Limpia*, 11(1), 66-74. Retrieved September 16, 2018, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000100007&lng=en&tlng=es.
- Pomposiello, Cristina, Dapeña, Cristina, Boujon, Pamela, & Favetto, Alicia. (2009). Tomografías eléctricas en el basurero municipal Ciudadde Gualeguychú, provincia de Entre Ríos: evidencias de contaminación. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(4), 603-614. Recuperado en 16 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222009000400005&lng=es&tlng=es.
- Roger Iván, Elba René, María Rosa, Carlos Alberto, Germán & Blanca Jiménez. (2009). Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300002
- Alejandro Quintero, Yamile Valencia-González a & Luis Augusto Lara-Valencia. (2017). Geotechnical variations on a tropical soil produced by municipal solid waste leachate. *Revista boletín de ciencias de la tierra*, (41). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302017000100004&lang=pt
- María del Carmen, Matilde, Alexis, Marlen, Susana, Aimée, Niurka & Alejandro. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(4). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992010000400006&script=sci_arttext&tlng=en
- Ernesto Soto, Marisa Mazarí & Luis Antonio. (2000). Entidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México propensas a la contaminación de agua subterránea. *Revista investigación es geográficas*, (43). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000300005
- GONZALEZ HERRERA, R., & RODRIGUEZ CASTILLO, R. (2006). Contaminación del acuífero yucateco por lixiviado de residuos municipales. IAHS-AISH publication, 635-640.

<https://scholar.google.com/scholar?q=sciELO+and+Contaminaci%C3%B3n+del+acu%C3%ADfero+yucateco+por+lixiviado+de+residuos+municipales+&hq=inurl:scieo.cl>

- Méndez Novelo, R., & Cachón Sandoval, E., & Sauri Riancho, M., & Castillo Borges, E. (2002). Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. *Ingeniería*, 6 (2), 7-12.
- <http://www.redalyc.org/html/467/46760201/>
- Álvarez Contreras, A., & Suárez Gelvez, J. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta. *Ingeniería y Desarrollo*, (20), 95-105.
- <http://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf>