

Artículo No. 05. Chávez P. (2017) et al. Gestión Operativa en el Tratamiento de Lodos de Lixiviados Generados en el RSDJ Bogotá D.C. Colombia. Semilleros 4 (8), 58-69

GESTIÓN OPERATIVA EN EL TRATAMIENTOS DE LODOS DE LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RSDJ, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

OPERATIONAL MANAGEMENT IN THE SLUDGE TREATMENT OF LEACHATE GENERATED IN THE RSDJ, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

Chávez P. Álvaro.¹, Casallas O. Nicolás D.², Ramírez C. Tatiana.³

Resumen. Para valorar las afectaciones del suelo y los ecosistemas, debe considerarse el uso del territorio como factor determinante; ya que hoy hay disminución de zonas rurales y crecimiento de las urbanas (caso América Latina con 79% de población urbana). Estas urbes son generadoras de volúmenes de Residuos Sólidos Domiciliarios – RSD, que requieren de acopio, reciclaje, enterramiento y eliminación. Generalmente a través de sistemas de Rellenos Sanitarios – RS, los cuales son diseñados técnicamente, reglamentando su transporte, tratamiento y disposición final. En el proceso aparecen los lixiviados (producto de la descomposición), recolectados y tratados fisicoquímicamente para remover contaminantes. Éstos presentan: degradación de materia orgánica – MO; ácidos grasos volátiles; disminución de pH (facilitando solubilización de metales pesados – MP); alta demanda de oxígeno; y baja demanda bioquímica. Para el caso, el Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá D.C., es generador de 6,380 t/día de RSD (2016); cantidades que producen 20,3 l/s de lixiviados; para finalmente tener 13,3 t/día de lodos de lixiviados. El propósito del estudio fue la revisión de la gestión operativa, en el RSDJ, del tratamiento de lodos de lixiviados, generados por lodos activados, con directrices de gestión de subproductos, planteando una propuesta de mejora.

Palabras Clave: lixiviados, lodos activados, gestión operativa, disposición final.

Abstract. To assess the effects of soil and ecosystems, it should be noted the use of the territory as a determining factor; Since today there is decrease in rural areas and growth of urban (case America Latina with 79% of urban population). These cities are generating volumes of waste solid home - RSD, requiring collection, recycling, burial and disposal. Usually through systems of sanitary landfills - RS, which are technically designed regulating its transportation, treatment and final disposal. In the process are the leachate (breakdown product), collected and physicochemically treated to remove pollutants. These are: degradation of organic matter - MO; volatile fatty acids; pH decrease (by providing heavy metals solubilization - MP); high oxygen demand; and demand low biochemistry. For that matter, the landfill Doña Juana – RSDJ, Bogotá D.C., is generator of 6,380 tons per day of RSD (2016); quantities produced 20.3 l/s leachate; to finally have 13.3 t/d of sludge of leachate. The purpose of the study was the revision of the operational management, in the RSDJ of the sludge treatment of leachate, activated sludge, with guidelines for management of by-products generated, considering a proposal for improvement.

Key words: leachate, activated sludge, operational management and final disposition.

¹ Profesor Doctor Programa Ingeniería Industrial. Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, Colombia. Grupo de Investigación Producción, Innovación y Tecnología. Facultad de ingeniería
alvaro.chavez@unimilitar.edu.co

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se presentan variaciones en el suelo y el ecosistema, afectando los seres vivos; notándose en la forma del uso de la tierra, con la disminución de las zonas rurales y el crecimiento de las zonas urbanas. En América Latina aproximadamente el 79% de la población se encuentra en las zonas urbanas, generadora de grandes cantidades de residuos, entre ellos los sólidos. Para este caso, los Residuos Sólidos Domiciliarios - RSD, se gestionan con el acopio provisional para su reciclaje, para luego ser llevados a lugares para su manejo y eliminación. Contando con diferentes opciones, como lo son los espacios de confinamiento o vertederos, abarcando actividades de recolección, transporte y su disposición final. (Duarte, et al., 2006).

Estos confinamientos, como los Rellenos Sanitarios – RS o sistemas de enterramiento, son diseñados técnicamente, reglamentando su transporte, tratamiento y disposición final, de acuerdo a la producción. En él los desperdicios son almacenados, comprimidos y cubiertos para dar inicio a su proceso de degradación; todo bajo las diferentes regulaciones y normativas de los países. Estos RS se definen como “una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y la seguridad pública; tampoco perjudica al medio ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo, ya que se utilizan principios de ingeniería para confinar la basura en la menor superficie posible, reduciendo su volumen por compactación al mínimo practicable, cubriéndola con capas de tierra diariamente. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica” según la Asociación Americana de Ingeniería Civil (ASCE por sus siglas en inglés). (Ministerio de Medio Ambiente y Agua [MMAA], 2010). (Noguera y Olivero, 2010, Tello, et al., 2010).

Siendo considerado uno de los procedimientos más practicados desde el punto de vista de salud pública para la disposición de los RSD, donde 50% de la población los posee. También, se tienen reportes con los “botaderos a cielo abierto” como método de disposición. En éstos el proceso se dirigió a la recolección y el transporte de éstos a sitios alejados de los centros urbanos, sin la adopción de medidas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales y sanitarios, en el sitio de disposición final. Su manejo se identificó por la escasez de recursos económicos, la falta de conocimientos, herramientas inapropiadas y el desarrollo tecnológico ausente al margen de la producción. (MMAA, 2010; Jaramillo, 2002).

En general, un relleno se construye de acuerdo a las necesidades y características de la zona, así como de la cantidad de residuos generados; siendo uno de los temas de gran importancia el manejo de lixiviados o “líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación” (Decreto 1713 del Ministerio de Medio Ambiente - Colombia; 2002). Éstos son recolectados mediante canales dirigidos a una laguna, donde pasan a un proceso físico – químico para la remoción de contaminantes. (Noguera y Olivero, 2010; Jaramillo, 2002).

Estos lixiviados presentan: una degradación característica de la materia orgánica – MO; ácidos grasos volátiles; disminución de pH (lo que facilita la solubilización de metales pesados – MP); concentraciones de contaminantes con alta demanda de oxígeno y baja demanda en bioquímica.

El propósito del estudio fue la revisión de la gestión operativa en el tratamientos de lodos de lixiviados generados de los procesos biológicos de lodos activados de los lodos del RSDJ; teniendo en cuenta las directrices contempladas en la gestión de los subproductos. Planteando una propuesta para mejorar las características del lixiviado para ser reincorporado al sistema de aguas, revisando el “Tratamientos de Lodos de Lixiviados”, considerando su posible uso como parte de sustratos de recuperación de suelos.

LOS RELLENOS SANITARIOS

Anteriormente se usaron los “Botaderos a Cielo Abierto” como sitios de disposición de los RSD. Procesos sin control sanitario y ambiental en áreas apartadas a las urbes, faltos de planificación, programación y objetivos, con operaciones simples. En las áreas instaladas no se controlaba la erosión, drenajes, depresiones y grietas generadas, observándose permanentemente el deterioro del suelo y el paisaje. Sin tener en cuenta el manejo de lixiviados, tampoco de gases, se contaminó el suelo, la atmósfera, los cuerpos de aguas y se originaron enfermedades a los seres vivos. (Jaramillo, 2002).

De forma distinta, los RS son zonas donde se disponen los elementos que han terminado la vida útil; trazados de acuerdo a la producción y la proyección de generar RSD; cuentan con características que minimizan, mitigan y reducen los impactos que puede generar la disposición incorrecta; ubicados en lugares distantes de las zonas urbanas. Construidos para una vida útil de 25 y 30 años; conformados por celdas y recubiertas por una membrana plástica y capas de tierra de 0,60 – 0,80 m de espesor, logrando aislamiento e impermeabilización. Una vez clausurados permiten acondicionarlos en un proceso de sucesión natural o revegetalización inducida (Jaramillo, 2002).

Su subproducto más fuerte, realizado el proceso de degradación, es el lixiviado, el cual varía según el tipo de desechos dispuestos, las precipitaciones, la velocidad de descomposición química y el tiempo de confinamiento. Las celdas recién selladas presentan degradación de MO y la generación de ácidos grasos volátiles, que cuando se diluye con lixiviados proporcionan disminución del pH, facilita la solubilización de MP; por lo tanto, se encuentran altas concentraciones de contaminantes. Sin embargo, disminuye con el tiempo, aunque mantienen una alta demanda química de oxígeno (DQO) y la baja demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con baja concentración de elementos tóxicos (Giraldo, 2001).

Estos líquidos se pueden clasificar según el tiempo de confinamiento y degradación. Uno joven, altamente contaminante por su mayor grado de concentración de algunos elementos; uno maduro, procede de zonas cerradas entre 1 a 5 años; uno viejo, que proviene de las zonas cerradas después de 5 años. Sus diferencias se presentan en los altos contenidos de MO. (Pinzón, 2010).

Hay varios tratamientos para mejorar las características del lixiviado para ser reincorporado a los cuerpos de agua. Alternativas que se enfocan en la reducción de contaminantes a través de procesos físicos y químicos, como la extracción de material en suspensión; y biológico como la eliminación de la MO y proceso del Nitrógeno.

Las características fisicoquímicas del lixiviado son innatas a la calidad de los RSD y al grado de estabilización. Desde que son generados y dispuestos, se inicia la degradación aeróbica o compostación del residuo. Por el proceso de compresión, el oxígeno no es suficiente para compensar la demanda de los microorganismos, creando una condición anaerobia, situación que causa del cambio de la biocenosis, de aerobia a anaerobia facultativa, donde más tarde aparecen los microorganismos anaerobios obligados. (Ministerio del Medio ambiente, 2002)

Se realizan caracterizaciones de los parámetros fisicoquímicos como: la MO (donde se simula el proceso de lixiviación para valorar la movilidad de los componentes orgánicos e inorgánicos presentes), carbono orgánico, valoración de metales (Hg, Pb, Cr, Cd y Cu), entre otros.

EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA RSDJ

El Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá D.C., fue creado bajo las condiciones de relleno mecanizado, contemplando la tecnología apropiada para llevar a cabo las actividades de colocación, compactación, cubierta de los RSD.

Construido para la disposición de nueve municipios, generadores de 6.380 t/día; produciendo 20,3 l/s de “lixiviados” éstos al ser tratados en una planta de lodos activados, producen cerca de 13,3 t/día de “lodos de lixiviados” (Secretaría Distrital de Medio Ambiente -SDMA, 2013).

Para el caso del lodo del lixiviado, su tratamiento fue diseñado teniendo en cuenta el funcionamiento básico de una planta de tratamiento; lo que le permite disminuir la cantidad contaminante de los vertimientos realizados al río Bogotá. Sin embargo, la composición del afluente varía según las características del lixiviado, obtenido por procesos de floculación y sedimentación de las partículas. (Jaramillo, 2002)

TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

El tratamiento de lixiviados, generados por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los RSD, se puede hacer en condiciones aerobias y anaerobias. Esta degradación se caracteriza por: la presencia de MO, ácidos grasos volátiles, disminución de pH facilita la solubilización de MP, alta demanda de oxígeno, y baja demanda bioquímica. Una de las alternativas de proceso son los reactores biológicos de lodos Activados, la cual representa un tratamiento secundario, hacen referencia a los procesos biológicos aerobios que se implementan. Procesos efectuados hace más de un siglo para el tratamiento de aguas residuales, surgidos de observar como el agua residual al ser sometida a períodos determinados de aireación, reduce el contenido de MO, formando flocos de seres vivos. Este proceso involucra la presencia de microorganismos como bacterias, hongos, algas, protozoos y rotíferos, entre otros. (Pinzón, 2010)

El objetivo principal del proceso es transformar sustrato orgánico en sólidos biológicos, que pueden ser separados a través de procesos de sedimentación. Éste se lleva a cabo en un reactor, el cual cuenta con un sistema de aireación, necesario para suministrar el oxígeno que demandan las bacterias, evitando que se genere asentamiento de la biomasa; además mantiene homogeneizada la mezcla. Posteriormente, cuando la MO se ha oxidado, el efluente es transportado a un sedimentador, en donde el flocos es separado del agua, formando un lodo y un clarificado. Parte de la biomasa es recirculada hacia el reactor y el exceso es llevado al tratamiento de lodos, con el objetivo de no crear depósitos en exceso de microorganismos que afecten el desarrollo conveniente del proceso. (Ministerio del Medio ambiente, 2002)

LODOS ACTIVADOS Y AIREACIÓN EXTENDIDA

El sistema de lodos activados funciona con reactor con aireación artificial, un sedimentador que aparta la biomasa suspendida en fase líquida, así como un sistema de recirculación y evacuación de lodos (Méndez et al., 2004). El régimen propuesto está trazado teniendo en cuenta lo definido por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA), como biorreactores secuenciales (SBR), definidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, con períodos de llenado, estancia y vaciado. En este reactor las aguas residuales reciben un tratamiento biológico para eliminar componentes no deseados; sabiendo que la homogeneización del sustrato, la aireación y sedimentación se realizan en un solo reactor.

Cuando el proceso de aireación es prolongado, con el afán de atender la demanda química de oxígeno – DQO de los compuestos, se llama aireación extendida. Oxigenación que permite: transferir oxígeno disuelto; remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores; y remover dióxido de carbono, H₂S, hierro, manganeso, metano, cloro, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles. Una de los principales contrastes que tiene la aireación extendida con el proceso de lodos activados, es que en la primera se produce menos exceso de biomasa, pero requiriendo mayor cantidad de oxígeno para degradar la MO. (Haller, 2010)

Este trabajo busco gestionar la identificación del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos: MO, carbono orgánico, Hg, Pb, Cr, Cd, Cu, N, P y K, dentro de un reactor biológico piloto del sistema de lodos activados con aeración extendida, en el tratamiento de lodos de lixiviado provenientes del RSDJ y de esta manera evaluar la misión del proceso de tratamiento.

METODOLOGÍA

Para la investigación se tomó una muestra del lodo de lixiviado del RSDJ, luego del proceso de lodos activados (Figura 1), en las áreas de seguridad y maduración. Seleccionándose el lodo de maduración menor de un año.

La muestra consistió en la toma de 150 kg en seis bidones de 25 kg cada uno. Los cuales entraron en procesos de refrigeración y conservación.

Para realizar la caracterización del lodo, se requirió coleccionar una muestra representativa de la actividad; para tal fin se obtuvo una porción de un 1 kg de cada bidón, logrando una mezcla homogénea de estas partes.

Enviándose 1kg para el laboratorio, bajo custodia. Ésta se basó en el seguimiento y monitoreo continuo de la muestra para el ensayo, desde la toma, preservación, refrigeración, codificación, embalaje y transporte hasta la recepción por el laboratorio, para su posterior análisis. Lo que se buscó, también, fue protegerlas de cualquier factor externo que pudiera alterar su integridad. En el sitio del muestreo se diligenciaron las plantillas o “cadena de custodia de muestras”, para que se registren los datos obtenidos en la evaluación.

Embaladas, debidamente refrigeradas, etiquetadas, empacadas en neveras con temperatura aproximada a 4°C y transportadas por vía terrestre al laboratorio. Donde fueron registradas para el análisis inmediato de las mismas; siguiendo las recomendaciones del “*Standart Methods for the examination of water and wastewater*”.

En la Figura 1 se ve el proceso de Lodos Activados para Lodos de Lixiviado.



Figura 1: Proceso de lodos Activados para Lodos de Lixiviado RSDJ
Fuente: El Autor

Procesos del Sistema Piloto

El sistema piloto de lodos activados para el tratamiento de lodos de lixiviado está definido en las siguientes etapas:

Fase I.-

Etapas de Instalación e Inoculación del sistema de lodos activados para el tratamiento de lodos de lixiviado.

Durante el primer mes (Mes 1) se llevó a cabo el montaje del “Sistema de Lodos Activados” - SLA con capacidad de 80 L de almacenamiento.

- Recolección de lodo de lixiviado en el RSDJ.
- Preparación del sustrato inicial, con el lodo de lixiviado del Relleno.

Para el segundo (Mes 2) el sistema comenzó su inoculación. Por esta razón se agregaron componentes alternos que ayudaron a complementar tanto el hábitat microscópico como la nutrición de los microorganismos, permitiendo incrementar su desarrollo y conservación de la vida.

- Implementación y adaptación del reactor de “lodos activados con aireación extendida”.

Fase II.-

Etapas de Estabilización del sistema para el continuo funcionamiento del reactor. Durante los siguientes 4 meses (Mes 3, Mes 4, Mes 5 y Mes 6).

- Operación, monitoreo y control del sistema.
- Toma diaria de parámetros de control.
- Caracterización y determinación de la composición física, química y biológica de los sustratos resultantes del proceso.

16 semanas de operación, procesando el sustrato, con un tiempo de detención de 7 días.

El componente nutritivo usado fue la melaza de tipo comercial. Los agregados que fueron usados a través de la mezcla de recambio, fueron:

7 kg lodo de lixiviado + 250 gr de melaza + 7 kg de biosólido de la planta de tratamiento de Campus Cajicá, la mezcla será completada hasta llegar a 80 L, donde se usará agua tratada de la PTAR del campus, con el fin de ganar población bacteriana, el sistema siempre será llenado con 80 L como tope.

Durante la etapa de estabilización del reactor se realizaron los siguientes análisis:

* Frecuencia.- Diaria: oxígeno disuelto, pH, Conductividad eléctrica, temperatura, Sólidos Sedimentables - SS, Sólidos Totales Disueltos - STD, turbidez, porcentaje de saturación de oxígeno y nitratos.

* Frecuencia.- Mensual: componentes químicos y biológicos de la fase sólida y líquida del reactor en proceso de sedimentación; identificación y conteo de bacterias.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La Tabla 1 muestra los resultados de laboratorio para los lodos de lixiviado, la mezcla de lodo de lixiviado con el biosólido de la Planta de tratamiento de aguas residuales del campus Cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada UMNG y finalmente el resultado luego del tratamiento de lodos activados, en donde se evaluaron diferentes parámetros, para este caso relacionamos los resultados de materia orgánica TCLP (toxicity characteristic leaching produce), carbono orgánico, mercurio (Hg), plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd), cobre (Cu), N, P, K y determinamos el porcentaje de remoción de la carga contaminante presente en los lodos de lixiviado.

Tabla 1: Caracterización lodos de lixiviado RS Doña Juana
Fuente: El Autor

Parámetro	Unidad	Lodo de Lixiviado	Lodo Resultante del tratamiento Tratado
Plomo	mg/L Pb	0.11	0.09
Cadmio	mg/L Cd	0.013	0.006
Cromo	mg/L Cr	<0.05	0.07
Mercurio	mg/L Hg	0.008	0.008
Cobre	mg/L Cu	0.15	<0.05
Materia Orgánica TCLP	mg/L	34929.07	754.69
Nitrógeno	mg/L N	1064	83.09
Fosforo	mg/L P	14.61	2
Potasio	mg/L K	491	278
DBO	mg/L O ₂	1720	120
DQO	mg/L O ₂	6500	602
Carbono Orgánico	mg/L	20260.48	437.76

La Tabla 2 muestra los parámetros fisicoquímicos analizados durante el tratamiento de lodos activados.

Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos analizados durante el tratamiento de lodos activados

Parámetro	Unidad	Lodo de Lixiviado	Mezcla lodo lix – biosolido PTAR	Lodo Resultante del tratamiento Tratado	(%) remoción.
Plomo	mg/L Pb	0.11	0.51	0.09	82
Cadmio	mg/L Cd	0.013	0.063	0.006	90
Cromo	mg/L Cr	<0.05	2.1	0.07	97
Mercurio	mg/L Hg	0.008	0.008	0.008	0
Cobre	mg/L Cu	0.15	0.7	<0.05	93
Materia Orgánica TCLP	mg/L	34929.07	78690.89	754.69	99
Nitrógeno	mg/L N	1064	847	83.09	90
Fosforo	mg/L P	14.61	19.14	2	89
Potasio	mg/L K	491	758	278	63
Carbono Orgánico	mg/L	20260.48	45644.37	437.76	99

Este proyecto hizo el reactor piloto con lodo de lixiviado del Relleno Sanitario Doña Juana RSDJ Bogotá D.C., Colombia, el cual permitió la remoción de DBO y DQO valores superiores al 90%, con datos iniciales de 1720 mg/L y 6500 mg/L, respectivamente, con lo cual se previene parte de los daños al medio ambiente.

CONCLUSIONES.

Con las afectaciones del suelo y los ecosistemas, debido al uso del territorio, como rural o urbano, se presenta la generación de altos volúmenes de Residuos Sólidos Domiciliarios – RSD; las que requieren de acopio, reciclaje, enterramiento y eliminación, realizado generalmente por Rellenos Sanitarios, diseñados técnicamente, reglamentando su transporte, tratamiento y disposición final. Procesos donde aparecen los lixiviados, producto de la descomposición, que demandan ser recolectados y tratados fisicoquímicamente para remover sus contaminantes.

Para el caso de estudio se determinó el Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá D.C., generador de 6.380 t/día de RSD (2016); productor de 20,3 l/s de lixiviados; para finalmente, pos proceso tener 13,3 t/día de lodos de lixiviados.

El propósito del estudio fue revisar la gestión operativa de resultados del tratamiento de lodos de lixiviados, como subproductos, gestionando la identificación del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos: MO, carbono orgánico, Hg, Pb, Cr, Cd, Cu, N, P y K, dentro de un reactor biológico piloto, del sistema de lodos activados con aeración extendida, de provenientes del RSDJ y de esta manera evaluar la misión del proceso.

De acuerdo con los comentarios del proceso biológico de lodos activados, se puede crear un sistema adecuado para el crecimiento de microorganismos que permitan reducir la carga orgánica, niveles de N, P y metales pesados en lodos de lixiviados. También, debido a su aplicación con diferentes residuos, aguas residuales o lodos industriales, se recomienda utilizarlo para el tratamiento de lixiviados del RSDJ.

Primeramente se llevó a cabo la caracterización de los parámetros fisicoquímicos planteados al lodo de lixiviado, al igual que al final del proceso para evaluar la eficiencia.

La remoción de la concentración de los parámetros analizados fue superior al 63%, llegando en el caso de carbono orgánico y la MO al 99%, reflejando una alta oxidación propiciada por la aireación extendida dentro del reactor biológico.

Se logró una disminución superior a los 82% de la concentración de la mayoría de los MP analizados exceptuando al mercurio; siendo estos el principal foco de contaminación y preocupación por sus efectos en el ambiente y en la salud de las personas.

Se puede establecer que el tratamiento de lodos activados aplicado a los lodos de lixiviado del RSDJ, es una alternativa viable en la reducción de la carga contaminante presente en estos residuos; de igual manera los procesos, biológicos y aireación extendida, con la reducción de los parámetros vistos; pudiendo originar la nitrificación; otorgando condiciones para que el lodo resultante del sistema tenga posibles empleos como: material de cobertura en las celdas del relleno sanitario y/o comerciales (abono orgánico).

Se espera que la estabilización de lodos, con esta alternativa de mejora, pueda fácilmente lograr las tasas mínimas o máximas de compuestos como fertilizante, por las disposiciones en las normas que regulan estos productos; para utilizar en el proceso de operación del relleno, como sustrato para el sello de las células; reducción de compra de fertilizantes para

las áreas clausuradas, sin causar efectos nocivos en el suelo, flora, fauna y población circundante.

BIBLIOGRAFÍA

Andrés, D. D. (8 de 6 de 2008). *Biblioteca Digital Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3031_C.pdf

Bolivia, M. d. (2010). *Guía para la implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. La Paz, Bolivia: MMyA.

Castillo, D. G., & Mahecha, J. G. (27 de 4 de 2013). *Repositorio Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/906/2/EVALUACI%C3%93N,%20AN%C3%81LISIS%20Y%20PROPUESTA%20DE%20MEJORA%20PARA%20EL%20RELLENO%20SANITARIO%20%E2%80%9CLA%20MIEL%E2%80%9D%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20I.pdf>

CEPAL. (2014). *Evaluación del desempeño ambiental: Colombia*. Bogotá, Colombia: OCDE.

Haller, E. P. (3 de 08 de 2010). *Biblioteca Digital Universidad Central de Buenos Aires*. Obtenido de http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-0439_HallerEP.pdf

Jaramillo, J. (2002). *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. Colombia: 7. Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS /CEPIS). Universidad de Antioquia.

Maldonado, A. T. (05 de 12 de 2012). *Biblioteca digital Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>

Méndez, F., Gomez, S., Mareus, J., Mosquera, J., & Filigrana, P. (2006). *Méndez, F., Gomez, O., Girón, S., Evaluación del Impacto del Relleno Sanitario Doña Juana en la Salud de Grupos Poblacionales en su área de influencia*. Bogotá: Grupo Epidemiología y Salud Poblacional. Escuela de Salud Publica. Universidad del Valle. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio del Medio ambiente. (2002). *Saneamiento y Cierre de Botaderos de Cielo Abierto. Guia Ambiental*. Colombia: Programa Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana - FIGAU.

Morales, L. F., Gutiérrez, J. N., & Useche, I. R. (16 de 04 de 2013). *Repositorio Universidad Distrital de Colombia*. Obtenido de http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3192065/PROYECTO_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf

Muñoz, A. F. (17 de 04 de 2013). *Bdigital Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/39571/42037>

Naciones Unidas, C. (2012). *Población, Territorio y Desarrollo sostenible*. Quito, Ecuador.

Noguera, K. M., & Oliver, J. T. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 34(132), 347-356.

Otiniano, A. J., Florián, L. M., Blas-Sevillano, R., & Amez, S. B. (10 de 2006). *Scielo*. Obtenido de LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009

Padilla Padilla Alex Edgardo, E. B. (2012). *Informe sobre la Situación Actual de la gestion Integral de Residuos Sólidos en Honduras*. Tegicigalpa, Honduras: SERNA.

Pinzón, L. (2010). Estimativo de la afectación de los Rellenos sanitarios que operan en Colombia Sobre el cambio climático. *Universidad internacional de Andalucía*., 18-22.

Pion Salas Carmen Lucia, M. S. (14 de 8 de 2010). *Biblioteca Digital Universidad Tecnológica de Bolivar*. Obtenido de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0061883.pdf>

Planeación, D. N. (10 de 3 de 2017). *Departamento Nacional de Planeación Colombia*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/-Rellenos-sanitarios-de-321-municipios-colapsar%C3%A1n-en-cinco-a%C3%B1os,-advierde-el-DNP--.aspx>

Solange, S. P. (19 de 7 de 2010). Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras en moravia en Medellín. Medellín, Colombia.

Sostenible, M. d. (15 de 10 de 2012). *Biblioteca digital Ministerio de Salud Colombia*. Obtenido de Diagnostico Nacional de Salud Ambiental: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Sostenible, M. d. (2014). *V Informe Nacional de biodiversidad de Colombia* . Bogotá.

Superservicios. (2015). *Informe Final Disposición final de Residuos Sólidos*. Bogotá, Colombia.

UAESP. (12 de 2016). *Unidad Administrativa Especial de Servicios Publicos* . Obtenido de <http://www.uaesp.gov.co/index.php/aseo-uaesp/disposicion-final/informes-de-supervision>