

Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani – Puno

Evaluation of the impact of solid waste contamination on soil and water at the Cancharani - Puno sanitary dump

Lucio Ticona Carrizales

l.ticonac@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca

Cynthia Milagros Apaza Panca

capaza@unf.edu.pe - Universidad Nacional de Frontera, Sullana

Recibido el 08/06/20 | Aceptado el 30/06/20

Resumen

De acuerdo al alto grado de incremento de población que afrontan las grandes metrópolis, la disposición de residuos sólidos se ha convertido en una dificultad para las administraciones debido a la disminución del recurso tierra para tales usos; adicional a ello, el aumento de las lluvias por extensos periodos crea una gran cantidad de lixiviados que requieren de una adecuada disposición, la ciudad de Puno cuenta con un botadero ubicado en la comunidad de Cancharani, a 8 Km. de Puno, para la disposición de los residuos sólidos municipales generados en la ciudad. El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar el impacto generado por la disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) sobre el recurso agua y suelo efectuado en enero de 2018. Se ejecutaron mediciones de campo y análisis en laboratorio para establecer las características fisicoquímicas tales como: el punto de muestreo M2 se obtuvo, pH(9,8), conductividad eléctrica(4940uS/cm), salinidad(70%), Dureza total(217,8mg/L), alcalinidad(836mg/L), Cl^- (826,56mg/L), SO_4^- (310mg/L), P(260mg/L), nitrógeno amoniacal (7,2mg/L), Fe(0,2mg/L), DBO5(260mg/L), DQO(520mg/L), SST(240mg/L), utilizando métodos regulados o validados. Se compararon los resultados con los límites máximos permisibles de la norma peruana y OMS, comprobándose que no se cumple con la normatividad. Los resultados alcanzados en la presente investigación señalan el importante efecto ambiental negativo de los lixiviados creados en el botadero de Puno.

Palabras claves: *Botadero, residuos sólidos, lixiviados, relleno sanitario, residuos sólidos urbanos.*

Abstract

According to the high degree of population increase faced by the large metropolises, the disposal of solid waste has become a difficulty for the administrations due to the decrease of the land resource for such uses; In addition to this, the increase in rainfall for extended periods creates a large amount of leachates that require an adequate disposal, the city of Puno has a dump located in the community of Cancharani, 8 km from Puno, for the disposal of municipal solid waste generated in the city. The objective of this research work is to evaluate the impact generated by the disposal of urban solid waste (MSW) on the water and soil resource carried out in January 2018. Field measurements and laboratory analyzes were carried out to establish the physicochemical characteristics such as: sampling point M2 was obtained, pH (9.8), electrical conductivity (4940uS / cm), salinity (70%), total hardness (217.8mg / L), alkalinity (836mg / L), (826) , 56mg / L), (310mg / L), P (260mg / L), ammoniacal nitrogen (7.2mg / L), Fe (0.2mg / L), BOD5 (260mg / L), COD (520mg / L) , SST (240mg / L), using regulated or validated methods. The results were compared with the maximum permissible limits of the Peruvian norm and WHO, verifying that the regulations are not complied with. The results achieved in this research point to the significant negative environmental effect of the leachates created in the Puno dump.

Keywords: *Dump, solid waste, leachate, sanitary landfill, urban solid waste.*

Introducción

Los estudios de los suelos tropicales en el Perú han sido poco abordados en el campo de la ingeniería, principalmente a la gran variabilidad y complejidad en las propiedades que presentan los suelos de estas regiones. Esto se evidencia en gran parte de las obras de ingeniería, en las cuales se implementan modelos de la mecánica clásica de suelos, lo cual ha propiciado la falla de grandes proyectos a lo largo de todo el territorio peruano. Por tal motivo, la investigación se basa en la evaluación de los efectos nocivos sobre el medio ambiente, específicamente agua y suelo. Producto de la disposición de los residuos sólidos del botadero a cielo abierto en la zona de Cancharani, ubicado en la Región Puno, la contracción en los suelos puede ocasionar en los horizontes superficiales grietas que desencadenen en problemas de estabilidad (Quintero & Valencia, 2012). Lamentablemente los botaderos a cielo abierto producen dificultades ambientales que perturban el suelo, el agua y el aire asimismo la capa vegetal originaria de la zona desaparece, se muestra una erosión del suelo, se contamina a la atmósfera con materiales inertes (papel/cartón, chatarra, plásticos, vidrios, textiles, materiales tóxicos derivados de productos de limpieza, pilas, etc.) y microorganismos de forma tal que con el tiempo, alguna parte de sus componentes darán lugar a nuevos compuestos químicos que provocarán la contaminación del medio a pesar de que las poblaciones concibieron un esfuerzo apartando residuos, solo una parte de tales residuos, un 30%, fueron regularizados a centros de acopio para su mercantilización y aprovechamiento (Bernache 2011b). Asimismo, la administración de residuos sólidos está comprendida por todas las diligencias funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el lugar donde son creados hasta la disposición final de los mismos (Ochoa, 2009).

En consecuencia, la administración deficiente de residuos sólidos no solo puede crear situaciones de riesgo que amenacen la salud de la ciudadanía, además puede ser efecto de situaciones de deterioro ambiental al crear molestias y pérdida de bienestar. Estos contextos ponen en peligro el ecosistema de aquellos sectores de la comunidad que directa o indirectamente están expuestos al contacto con material contaminado, o cuando los residuos son trasladados para su tratamiento o disposición final (Sánchez, 1996, Trujillo, 1998). Pero la eliminación de los desechos sólidos en zonas sin infraestructura de protección del medio ambiente es responsable de la contaminación de los recursos naturales y los seres humanos y animales a través de la emisión de efluentes gaseosos y líquidos, el transporte directo de residuos es ineficaz por el consumo de combustible, horas hombre desaprovechadas, deterioro de parque vehicular y coste generales de operación, lo ideal es que un 85% de los RSU se manejen vía transferencia (Bernache, 2013). De forma tal la determinación de estas transferencias y las prácticas de las formas de mediador intensivo urbano del Medio Ambiente están determinados por los valores culturales, los hábitos de los establecimientos y creencias de forma tal que, el mayor porcentaje de residuos espaciados (un 5% de los RSU) está relacionado con las diligencias de

pepenadores de varios tipos, en situaciones de un trabajo informal. En total se separaba un 8% de RSU en la ciudad (Bernache, 2011b, Aguayo, 2013, Vilches, 2013).

Los lixiviados son la derivación de la percolación de líquidos a través de los desechos en proceso de estabilidad; es decir, líquidos que salen a la superficie o se infiltran hacia el terreno donde se encuentra instalado un botadero sanitario o un vertedero de basura. Los lixiviados pueden mostrar un movimiento horizontal, a lo largo del terreno, infectando y perjudicando así el suelo y vegetación tanto del terreno como de zonas colindantes. Asimismo, puede suceder un movimiento vertical, que penetre el subsuelo y en diversas ocasiones, alcance los mantos freáticos y acuíferos, produciendo dificultades de contaminación del agua subterránea, principal origen de suministro de agua potable en varias ciudades por más de una década, productores de emisiones de gas metano a la atmósfera y de torrentes de lixiviados que corren de los sitios y que contienen residuos peligrosos (como hexavalente, plomo, y cianuros). Aún hace poco tiempo, la operación de estos tres sitios no cumplía con la normatividad actual (Bernache, 2011a). En tal sentido la ciudad requiere de cambios reales en la operación y un engarzamiento de los servicios municipales para plasmar con las obligaciones de una gestión integral, sustentable de los residuos sólidos urbanos y un modo de que los contaminantes creados por los residuos no afecten directamente al ambiente es la utilización de rellenos sanitarios (RS), el cual es un procedimiento de disposición final que confina los desechos en un área lo más estrecha posible, los cubre con capas de tierra y se compacta diariamente para comprimir drásticamente y significativamente su volumen (Bernache, 2011a; Vilches, 2013).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) expone como el procedimiento de disposición final por excelencia, aquel que no representa ningún riesgo para la salud de la población. Aunque estos sitios de disposición final deben de estar controlados y en constante mantenimiento de forma tal que el asociacionismo intermunicipal ha sido inducido como una respuesta significativa de los municipios para superar sus restricciones y debilidades en materia de gestión ambiental (Arellano y Rivera, 2011; Galván y Santín, 2012). Pero, sin embargo, los RS no están equipados con una buena tecnología de ingeniería que permita el control de fuentes de agua como la lluvia, que domina la producción de lixiviados (Ho y Qiao, 2008). Por otro lado, las regulaciones para la disposición final de desperdicios industriales no se han llevado a cabo correctamente ya que estos desperdicios son comúnmente depositados en estos sitios de disposición final. Cabe mencionar que la mayoría de los rellenos sanitarios en el Perú no son manejados correctamente y no son regidos con los estándares de regulaciones ambientales, ya que no controlan los residuos que entran al RS y por la inadecuada cubierta de los residuos que utilizan, sin embargo Puno carece de indicadores adecuados de generación de RS, motivado a la falta de sistematización y control en la recolección de los mismos, lo que trae como resultado la ausencia de datos que permitan a los municipios establecerlos. Su descripción es imprescindible para calcular la

eficiencia en la gestión y reorientar las políticas, recursos, acciones, procesos y operaciones en la conducción de los desechos (Acuña y Valera, 2008) y los determinantes importantes de las estimaciones de producción de RSU son: el incremento de la población en una localidad, el cambio en los patrones de consumo y el nivel de ingreso económico de la población. Los municipios no poseen una vigilancia directa sobre estos determinantes de la producción de residuos, por lo que no logran reducir las estimaciones de generación de los RSU, que ascienden a una tasa del 2% al 5% anual (Jaramillo J., 2002)

La investigación respecto a la cantidad de residuos sólidos creados por una región y la caracterización de los mismos, constituye un instrumento para la planificación del proceso de recolección de residuos sólidos y el diseño de los sistemas de manejo de los RSU por parte de los gobiernos municipales, así como los avances y retos que experimentan en la gestión de RSU en Perú, se propone mostrar cómo, a pesar del discurso ambiental que ahora es muy común en todos los niveles de gobierno, el problema de contaminación derivado del precario manejo y disposición final de los RSU no se ha resuelto, sino que se agrava y afecta la calidad de los recursos naturales (principalmente el agua) y daña la salud de sectores de la población. (Sharholly, et al., 2008). Por ello la gestión de RDS ha alcanzado en muchos países un alto nivel de importancia, respondiendo a los llamados internacionales por alcanzar la sustentabilidad del medio ambiente y proteger la salud pública desde un enfoque de la economía de los recursos naturales. (Barradas, 2009)

Los RSU son cualquier producto, materia o sustancia, efecto de la acción humana o de la naturaleza, que ya no tiene función para la actividad que lo generó. Pueden clasificarse de acuerdo a:

- Origen (domiciliario, industrial, comercial, institucional, público),
- Composición (materia orgánica, vidrio, metal, papel, plásticos, cenizas, polvos).
- Peligrosidad (tóxica, reactiva, corrosiva, radioactiva, inflamable, infecciosa), (Fuente. BID, 12/97, Guía para la evaluación de Impacto Ambiental).

Los RSU tienen como principal problemática el incremento exponencial de su volumen debido a:

- El acrecentamiento progresivo de la población y su concentración en determinadas áreas.
- Incremento progresivo de la generación per cápita de residuos.
- Insuficientes programas educativos a la comunidad sobre la temática.
- Métodos de tratamiento y/o disposición final inadecuados/inexistentes.
- Falta de una evaluación integral de costos y asignación de recursos.
- El uso de envases sin retorno (fabricados con materiales no degradables). Los RSU logran eliminarse por técnicas adecuadas, pero si son realizadas de forma incompleta, pueden llevar a una situación de impacto negativo sobre el entorno. El RSU puede causar contaminación

hidrológica, suelos y la incineración, contaminación atmosférica; a saber:

- La contaminación de los recursos hídricos. Se muestra en las aguas superficiales en forma directa con la presencia de residuos sobre ellas. El lixiviado proveniente del Botadero a Cielo Abierto (BCA) contamina las aguas superficiales y a los acuíferos con altas concentraciones de materia orgánica y sustancias tóxicas. La carga orgánica se aumenta con la baja de oxígeno disuelto, la incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos.
- La Contaminación del suelo es producto de la descarga y acumulación de residuos en el BCA. El suelo subyacente se contamina con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos clorados, presentes en el lixiviado.
- El impacto sobre la flora y fauna, está asociado a la remoción de especímenes de la flora y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de construcción. La existencia de vectores (animales que se alimentan con los residuos descartados) provocan la modificación del ecosistema de la zona aledaña.
- Los costes sociales y económicos, crean desvalorización de propiedades, pérdida de turismo, aumento de sistemas no formales de gestión de residuos (acopiadores).
- El impacto sobre la salud pública por transmisión de enfermedades, genera el incremento de costes de la salud pública por la proliferación de vectores quienes transportan enfermedades.

El Botadero de Puno, funciona sin criterios técnicos en una zona de sobrecarga situada junto a un cuerpo de agua (drenaje natural). Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son estropeados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos. Motivo por el cual se considera como hipótesis general, que el BCA genera graves efectos nocivos sobre el suelo y agua; y como específicos los niveles de contaminación del BCA causan degradación en los suelos, así como la precipitación influirá en la generación de lixiviados que contaminan el agua. Como secuencia el objetivo general es evaluar los impactos ambientales generados por el BCA sobre el suelo y agua; y los objetivos específicos son: determinar el grado de contaminación del suelo producto BCA, y determinar el grado de influencia de la precipitación en el lixiviado del BCA.

Materiales y métodos

El Botadero de Puno se encuentra ubicado en la Comunidad de Cancharani, Distrito, Provincia y Región de Puno.

N 8 242 515	E 389 885
N 8 242 800	E 390 033
N 8 242 769	E 389 860
N 8 242 691	E 389 769



Figura 1. Localización del Botadero de Puno.

La topografía de la zona presenta altitudes desde los 3 900 msnm hasta los 4 330 msnm. Su clima es frígido y seco; con temperaturas promedio anual de 8,76 °C; precipitación pluvial promedio 792,46 mm al año, con fuertes precipitaciones pluviales en los meses de (Diciembre – Marzo) y presenta temperaturas por debajo de 0°C en los meses (Mayo – Julio).

La flora está representada por especies vegetales características de la zona: Chillihua, Ichu; en fauna la especie representativas están conformadas por: Las falcónidas, Tiranidae, Muridae, Cavidae, etc.

El acceso a la zona es a través de la red vial nacional Puno – Moquegua, a la altura del Kilómetro 7, desde la ciudad de Puno.

Se realizó el análisis de la situación de los contaminantes sobre al suelo y agua en el Botadero de Puno, en los puntos como sigue:

Punto	Muestra	Coordenadas	
		Norte	Este
01	M1(agua)	8242938	390056
	R1(suelo)	8242938	390056
02	M2(agua)	8242454	389787
	R2(suelo)	8242541	389780

Posteriormente, el análisis de las muestras físico químico se realizaron en los laboratorios de la UNA – Puno, y sus resultados son indicadores del grado de contaminación ambiental.



Figura 2. Ubicación de los lugares muestreo de agua y suelo del Botadero de Puno.

Realizamos el balance hídrico del agua para estimar los caudales de lixiviado que genera el botadero sanitario, en relación a la precipitación pluvial; siendo los componentes del balance los siguientes:

- Lixiviados (L): líquidos que brotan a la superficie.
- Pluviometría de la zona (P): Representa la cantidad de agua pluvial capaz de filtrarse al interior del vaso (botadero).
- Agua perdida por las reacciones anaeróbicas (A): es despreciable frente a la aportada por la lluvia (A << P).
- Agua perdida por evapotranspiración (E): es despreciable frente a la aportada por la lluvia (E << P).
- Variación del factor (R): depende de la precipitación en los meses, que determina la cantidad de agua saturada en los RSU.



Figura 3. Lixiviado del Botadero de Puno.

Además, para simplificar los cálculos de la ecuación, se asumió los siguientes supuestos:

- La estimación a, que es una zona húmeda o de pluviometría, hace que el término $(A + E) \leq (0,3\% \cdot P)$.
- No toda el agua de lluvia que cae se infiltra, debido al escurrimiento superficial.

Por tanto, el balance de agua del Botadero queda expresado de la siguiente manera:

$$L = P - A - E - R \quad (1)$$

Determinamos el grado de contaminación en los puntos de muestreo del recurso agua y suelo, de acuerdo a los análisis de laboratorio en comparación con los estándares de contaminación ambiental (ECA) de la normativa peruana y OMS.

También, se utilizó el programa estadístico InfoStat, para ver el grado de correlación entre el lixiviado (variable dependiente) y precipitación pluvial (variable independiente).

Resultados y discusión

Las características del agua, de acuerdo a los análisis de laboratorio, presentan concentraciones mayores en comparación a los ECAs de la normativa peruana, como se muestra, en las siguientes tablas

Tabla 1.

Resultado de análisis físico químico del agua en el punto de muestreo M1 y los ECAs de la normativa peruana.

Parámetro	Unidad	Cantidad	ECA - Perú
pH	-	6,9	6,5 – 8,5
DBO5	mg/L	20,10	3
DQO	mg/L	45,20	10
SST	mg/L	21,10	*
Sulfatos	mg/L	8,10	250
Dureza total	mg/L	64,36	500
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	20,90	*
Cloruros	mg/L	18,22	250
Fosforo Total	mg/L	2,20	0,1
Conductividad	uS/cm	35,00	1500
Salinidad	%	0,20	*
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,00	1,5
Hierro	mg/L	0,20	0,30

(ECAs). Estándares de Calidad Ambiental

(*) Parámetros no considerados en la norma DS N° 002-2008 MINAM.

(DBO5). Demanda Bioquímica de Oxígeno.

(DQO). Representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica.

(SST). La seguridad y la salud en el trabajo

Tabla 2.

Resultado de análisis físico químico del agua en el punto de muestreo M2 y los ECAs de la normativa peruana.

Parámetro	Unidad	Cantidad	ECA - Perú
pH	-	9,9	6,5 – 8,5
DBO5	mg/L	261,00	3
DQO	mg/L	521,00	10
SST	mg/L	241,00	*
Sulfatos	mg/L	311,00	250
Dureza total	mg/L	218,80	500
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	837,00	*
Cloruros	mg/L	827,56	250
Fosforo Total	mg/L	261,00	0,1
Conductividad	uS/cm	4941,00	1500
Salinidad	%	71	*
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	7,20	1,5
Hierro	mg/L	0,2	0,30

ECAs. Estándares de Calidad Ambiental

(*) Parámetros no considerados en la norma DS N° 002-2008 MINAM.



Figura 4. Toma de muestra de agua en la zona de estudio.

Los valores obtenidos en laboratorio de los puntos M1 y M2, vistos en las tablas 1 y 2, fueron comparados con los ECAs para agua de consumo humano.

A continuación, se muestra el análisis comparativo del punto M2 (efluente lixiviado), con los ECAs, Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad.

Tabla 3.
Resultado de análisis físico químico del agua en el punto de muestreo M2 y los ECAs para efluentes (lixiviados) de rellenos sanitarios.

Parámetro	Unidad	Cantidad	ECA – Perú (lixiviado)
pH	-	9,9	6,5 – 8,5
DBO5	mg/L	261,00	20
DQO	mg/L	521,00	120
SST	mg/L	241,00	30
Sulfatos	mg/L	311,00	*
Dureza total	mg/L	218,80	*
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	837,00	*
Cloruros	mg/L	827,56	*
Fosforo Total	mg/L	261,00	*
Conductividad	uS/cm	4941,00	*
Salinidad	%	71	*
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	7,20	*
Hierro	mg/L	0,2	2

(*) Parámetros no considerados en la norma DS N° 002-2008 MINAM.



Figura 5. Suelo destinado al cultivo en cercanías al Botadero de Puno.



Figura 6. Alteración paisajista negativo del Botadero de Puno.

De acuerdo a los análisis físicos de las muestras se pudo apreciar que el color en el punto de muestreo M1 el agua es incoloro que caracteriza a un agua manantial pura, mientras que en el punto de muestreo M2 el color del agua es amarillo pardo, debido a la presencia de sólidos totales en suspensión.

Los parámetros físicos químicos del análisis del laboratorio, muestran un lixiviado alto en concentraciones de pH (9.9), DBO5 (261 mg/L), DQO (521 mg/L), Conductividad (4941 uS/cm) y sulfatos (311 mg/L); que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por los ECAs de la norma peruana.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelos, se puede apreciar el incremento sustancial en los componentes, tales como: salinidad (Mg^{++} , Na^+ , P , K) y la conductividad eléctrica, como se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 4.
Resultado de análisis físico químico del suelo en los puntos de muestreo R1 y R2

	Arena	Arcilla	Limo	C. textura	CO ₃ ²⁻	M.O %	N.T %	pH	CE mS/cm	C.E. Ce mS/cm
R1	71.83	5.90	23.27	F.Arenoso	0.0	3.99	0.80	6.28	0.14	0.7
R2	44.43	5.20	50.37	F.Limoso	0.0	4.80	1.20	6.17	1.34	6.7

	Elementos disponibles		Cationes cambiabiles					CIC Mc/100g	S.B %
	P Ppm	K Ppm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺		
R1	13	154	2	1.80	0.60	0.42	0.00	6.01	80.20
R2	26.73	361.12	6.5	6.5	0.55	1.17	0.00	15.5	94.97

Según los análisis físicos químicos de la muestra de suelos realizado en el botadero sanitario de Cancharani, se aprecia que entre las muestras R1 y R2 existe una gran variación a consecuencia de los residuos sólidos, tales como en el: Fosforo (P), Potasio (K), Sodio (Na) y conductividad; y observándose una menor variación en materia orgánica.

Realizando el balance hídrico, se hizo el análisis de regresión y correlación entre la variable precipitación pluvial (año 2018) con la variable del efluente de lixiviado generados por BCA, utilizando el software estadístico InfoStat. Se puede constatar que la presencia de lixiviados en las muestras aumenta la cantidad de partículas finas de tamaño limo al compararla con una muestra sin contaminar (Oztoprak & Pisirici, 2011).

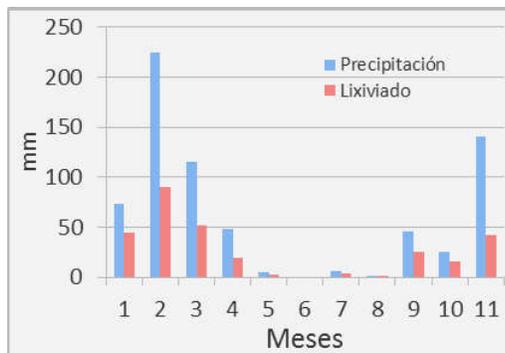


Figura 7. Comportamiento de la precipitación (mm) y lixiviación (mm), en el año 2018.

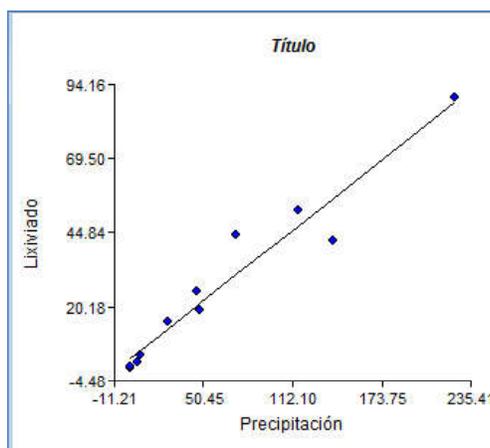


Figura 8. Prueba de correlación entre las variables precipitación (mm) y lixiviación (mm).

El resultado de los datos determina: $a=3,06$ y $b=0,38$, entonces la ecuación de regresión es $Y = 3,06 + 0,38X$

Indica que las variables tienen un alto grado de asociación entre precipitación y lixiviación, es decir a mayor precipitación mayor lixiviado, que es:

$$r = 0,97 \Rightarrow r^2 = 0,94$$

Conclusiones

Los resultados muestran que la precipitación incide significativamente en el caudal del lixiviado, en un 97%, este hecho puede deberse a problemas de permeabilidad en la zona.

El efluente lixiviado del BCA supera LMP, contemplados en los ECAs, para la descarga de efluentes líquidos de rellenos sanitarios.

El efluente lixiviado del BCA no es apto para, aguas de abastecimiento con tratamiento doméstico, riego de vegetales y riego para zonas recreativas de contacto primario.

Las altas concentraciones de salinidad y conductividad, provocarán la degradación y posterior desertificación de los suelos circundante al BCA.

Referencias bibliográficas

- Acuña S, Valera V (2008). Indicadores de Generación de Residuos y Desechos Sólidos en Venezuela. Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela. p. 1.
- Aguayo N. (2013). Reciclaje de residuos en el Área Metropolitana de Guadalajara y su impacto en la sustentabilidad ambiental. Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara. Maestría en Desarrollo Local y Territorio.
- Arellano, A. y Rivera, Y. (2011). Asociacionismo municipal y medio ambiente. La Junta Intermunicipal del Río Ayuquila, Jalisco. Espacios Públicos. Vol. 14 (31) pp. 32-56
- Barradas A (2009). Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales. Estado del Arte. Instituto Tecnológico de Minatitlán, México. 3 pp
- Bernache, G. (2013). Diagnóstico de Residuos Sólidos Área Metropolitana de Guadalajara. Guadalajara: Informe para ONU HABITAT Ciudades Prósperas.
- Bernache, G. (2011a). Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental. México: Publicaciones de la Casa Chata, 566 pp.
- Bernache, G. (2011b). Informe Técnico Final. Estudio de la gestión de residuos municipales en zonas urbanas de la Región Centro Occidente-Tercera etapa de trabajos del OURCO. Guadalajara: Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente. 47 pp
- Galván, F. y Santín, L. (2012). El asociacionismo intermunicipal. Estrategias para el desarrollo sustentable del territorio y de los servicios públicos en México. Guadalajara: Ediciones Arlequín, 160 pp.
- Jaramillo J., (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Recuperado el 2012 de septiembre de 27, <http://www.cepis.org.pe/bvsars/e/fulltext/rellenos/rellenos.pdf>
- Ochoa, O. (2009). Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana. Caso: Ciudad Bolívar. Recuperado el 13 de septiembre de 2012, de <http://www.cianz.org.ve>
- Quintero, A. y Valencia, Y., (2012) Variación de las propiedades geotécnicas por los lixiviados de residuos sólidos urbanos en un suelo tropical. XVI Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Bogotá D.C., Colombia.
- Oztoprak, S. and Pisirici, B., Effects of micro structure changes on the macro behaviour of Istanbul (Turkey) clays exposed to landfill leachate, Engineering Geology, 121(3-4), pp. 110-122, 2011. DOI: 10.1016/j.enggeo.2011.05.005.
- Vilches E. (2013). Testing Benchmark Indicators for Integrated and Sustainable Waste and Resource Management. Londres.