

CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS POR EFECTO DE LOS LIXIVIADOS EN EL ÁREA ADYACENTE AL VERTEDERO DE DESECHOS SÓLIDOS LA GUÁSIMA, MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO.

**Mirna Polo y Edilberto Guevara Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental-
Universidad de Carabobo**

RESUMEN

El presente estudio trata sobre el diagnóstico de la contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados generados en el vertedero de desechos sólidos La Guásima, ubicado en un sector del Municipio Libertador del Estado Carabobo. Se basa en un análisis de las características físicas geográficas del área y de los resultados del análisis de la calidad del agua subterránea muestreada en pozos de observación implementados para ese fin. El área donde se asienta el vertedero La Guásima muestra una notoria actividad neotectónica y en la misma se localizaba un drenaje natural interrumpido por el movimiento de tierra debido a la disposición diaria de los desechos sólidos. El agua de pozos ubicados aguas abajo del vertedero, mostró altas concentraciones de elementos tales como Manganeseo y Aluminio, mientras que para el Hierro este comportamiento fue tanto en los pozos ubicados aguas arriba, como dentro del mismo. También se evidenció la presencia de coliformes fecales y totales, sulfuro de hidrogeno y pesticidas organoclorados en las muestras analizadas en los pozos antes mencionados, por lo que se infiere que probablemente se están movilizando contaminantes provenientes de los lixiviados del vertedero La Guásima hacia las aguas subterráneas en el sector.

Palabras claves: Contaminación de acuíferos, lixiviados, polución de aguas subterráneas, efectos de rellenos sanitarios.

ABSTRACT

This study deals about the diagnosis of groundwater pollution due to the leaching effects of the solid waste disposal La Guásima, which lies in the sector Municipio Libertador, Carabobo State. The study is based on the analysis of physic and geographic characteristics of the disposal site and the results of groundwater quality analysis of samples taken in observation wells constructed for this purpose. The areas of the disposal site La Guásima, shows signs of neotectonic activity that affects the more recently sediments. In the area was a natural drainage, now covered by the earth movement due to daily solid waste disposal. As results of the chemical analysis a high manganese, iron and aluminum concentration in groundwater was found, inside and downstream of de disposal site (observation wells P2, P4 and P5). It was also evident the presence in water of fecal coliform organisms, hydrogen sulfur and organoclorinates, meaning that there is a mobilization of pollutants in groundwater coming from the leaching of the landfill.

Key works: aquifer pollution, leachings, groundwater pollution, effects of landfills.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas constituyen una importante fuente de abastecimiento de algunos sectores y la única de otros, pero con el crecimiento demográfico y la expansión urbana e industrial, están siendo contaminadas, a tal punto que se limita grandemente su uso.

Entre las fuentes de contaminación de los acuíferos figura la polución difusa proveniente de desarrollos urbanos, muchos de los cuales carecen de sistemas de recolección de aguas de lluvias y servidas. Otra fuente de contaminación lo constituyen los lixiviados provenientes de los sitios de disposición final de desechos sólidos mal manejados.

En el Estado Carabobo, el más importante sitio de disposición final de desechos sólidos es el vertedero La Guásima con una carga media diaria de unas ochocientas (800) Toneladas, asentado en la Cuenca del Pao Cachinche, donde los acuíferos son muy permeables y las precipitaciones pueden arrastrar los lixiviados hacia los cuerpos de agua subterránea, es necesario evaluar la calidad del agua subterránea y el efecto que pueden ejercer los lixiviados sobre su calidad para así planificar el uso de los acuíferos como fuente de abastecimiento en el sector.

En este trabajo se presentan resultados parciales de una investigación más amplia sobre el mencionado diagnóstico de la contaminación de las aguas subterráneas.

OBJETIVO

El objetivo de la investigación fue el de conocer si la calidad del agua subterránea en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos urbanos La Guásima, está siendo afectada por lixiviados provenientes de los desechos sólidos dispuestos en ese sitio.

DESCRIPCIÓN DEL SITIO.

El vertedero La Guásima se ubica en el Flanco Centro Norte del país, en jurisdicción del Estado Carabobo abarca la Entidad del Municipio Libertador y su vía de acceso es la Carretera Nacional Valencia-Tocuyito; su superficie es aproximadamente cincuenta y dos (52) Has y su área de influencia la constituyen las poblaciones asentadas en forma anárquicas, entre las cuales se encuentran La Fundación Carlos Andrés Pérez, Los Chaguaramos y Barrio La Guásima.

Este sitio está delimitado por dos quebradas de régimen intermitente de nombre Quebrada Bermeja y Quebrada El Zanjón que confluyen entre sí para continuar su curso hasta descargar al Río Paito, principal afluente del embalse Pao Cachinche. Hacia el nordeste del vertedero se forma una laguna en la época de lluvias ya que en este sector se localizaba un drenaje superficial que confluía a la quebrada Bermeja, pero durante las labores de movimiento de tierra fue interrumpido su flujo natural llegando a represarse y formar la actual laguna, la cual podría ser una fuente de infiltración hacia la base de la terraza.

La disposición diaria de desechos sólidos es de aproximadamente ochocientas (800) toneladas, las cuales provienen del área metropolitana de Valencia y se estima que en el sitio existen zonas con 20 a 30 m de desechos enterrados. Actualmente no hay material de préstamo para el cubrimiento diario de los rellenos. En épocas de lluvia se generan y acumulan grandes cantidades de lixiviados en algunos sectores del vertedero ya que éstos no son recolectados ni tratados dado que no existen sistemas de controles ambientales. (ver Figura 1)



Figura 1. Acumulación de Lixiviados en La Guásima

METODOLOGÍA

Basado en una inspección de campo durante los meses de marzo y Abril del año 1999, y debido la existencia de poblaciones marginales adyacentes al vertedero, se requirió el apoyo de dueños de fincas y establecimientos del lugar para ubicar los pozos, quedando conformada la red por un total de cinco pozos, ubicados dos al sur, uno al norte, otro al oeste y uno existente dentro del taller del vertedero. Se utilizó tubería de PVC ranurada de cuatro pulgadas con un anillo sanitario en la parte superior del mismo para protegerlos de contaminación y la perforación se realizó por sondeo rotativo, hasta sesenta (60) metros de profundidad y se colocó cuarenta y cinco metros de la tubería ranurada (ver Figura 2)

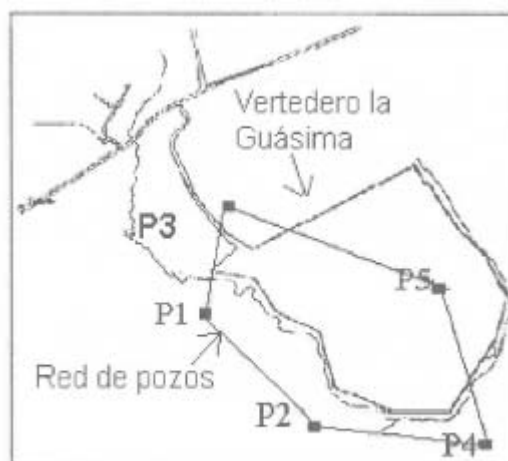


Figura 2. Ubicación de pozos de observación.

Para el muestreo del agua subterránea, se diseñó un muestreador con un tubo de PVC de pulgada y media, conformado por un tapón en su base y en el extremo superior una válvula que permite abrir y cerrarlo a diversas profundidades. La toma de muestra de agua se llevó a cabo en los meses de Mayo, Julio y Agosto del año 2000.

En el mes de Mayo se tomó muestras de los pozos N° P4 y P5; en el mes de Julio en los pozos P1, P2 y P3; y en Agosto, todos los pozos. Se realizaron en total dos muestreos en cada pozo a quince (15) metros la profundidad. Es importante destacar que en esta fase se presentaron muchas limitaciones debido a los costos y la logística en campo.

Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental de La Agencia de Cuenca del Lago de Valencia del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales en Maracay, Estado Aragua. Se analizaron los parámetros físicos, químicos, sanitarios, metales, plaguicidas y grupo Coliformes.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5. Los valores de sólidos disueltos varían desde 62 mg/I hasta 650 mg/I, siendo el pozo P5 el que presentó los máximos valores, lo cual se debe posiblemente a que se encuentra ubicado dentro del vertedero en comparación con el pozo P3 que presentó los mínimos valores y se ubica aguas arriba de este sitio. (Ver cuadros 3 y 5)

Por otra parte la conductividad eléctrica en todos los pozos fluctuó entre valores de 119 Micromhos/cm y 1002 Micromhos/cm , con pequeñas variaciones entre fechas de muestreos (ver cuadros 3 y 5). Este parámetro mostró una tendencia descendiente en el siguiente orden P5, P1, P2, P4 y P3 lo cual se deba a la ubicación de los pozos.

Los nutrientes mostraron valores en los pozos P5, P4 y P2. El Nitrógeno total alcanzó valores desde 0.06 mg/I en el pozo P3 ubicado aguas arriba del vertedero y 39 mg/I en el pozo P5, ubicado dentro del vertedero (Ver cuadros 2, 4 y 5). Así mismo, el Fósforo Total mostró valores desde 0.02 mg/I en los pozos P4 y P5 hasta 0.3 mg/I en el pozo P2 (Ver cuadro 2,4 y 5). Cabe destacar que ocurrieron variaciones asociados con las fechas de muestreo.

La Demanda Química de Oxígeno osciló desde < 1 mg/I en los pozos P1 y P2 hasta valores de 54 mg/I en el pozo P5 ubicado dentro del vertedero. (Ver cuadros 1, 2 y 5) observándose altas variaciones en las fechas de muestreo

Las grasas y aceites, arrojan valores de 1 mg/I y 10 mg/I, siendo los pozos P5, P4 y P3 los que muestran los valores máximos, todos por encima de los valores establecidos en las aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883. (Ver cuadros 3, 4 y 5) Los coliformes totales y fecales en el primer muestreo oscilan entre <2 y 240 NMP/100ml con bajas concentraciones en el pozo P-3 y elevadas en el pozo P2; en el segundo muestreo los valores de estos parámetros se elevaron a rangos desde <20 hasta 1600 NMP/100ml. Los pozos P4 y P5 presentaron valores >1600 NMP/100 ml. (Ver cuadros 2, 4 y 5)

En el caso de los metales, el Hierro, Manganeseo y Aluminio, presentan valores que van desde 2.2 mg/I hasta 27.7 mg/I. En el caso del Hierro en el primer muestreo, los valores fueron de 7.8 mg/I y 18.8 mg/I en los pozos P4 y P5 respectivamente y en el segundo muestreo varían desde 2.2 mg/I hasta 27.7 mg/I en los pozos P1 y P3. (Ver cuadros 1, 3, 4 y 5). En el caso del Manganeseo se obtuvo valores de 0.17 mg/I en el primer muestreo en el pozo P4 y en el segundo valores de 0.22 mg/I en el pozo P3 hasta 0.72 mg/I en el pozo P2. (Ver cuadros 2, 3 y 4). Cabe destacar que estos valores en los pozos P2, P4 y P5 están por encima de los establecidos en las aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883. El elemento Aluminio mostró altos valores en los pozos P2 y P4, ubicados aguas abajo del vertedero seguidos en forma decreciente por los valores obtenidos en los pozos P5 y P3.

Con respecto a la presencia de plaguicidas en las aguas subterráneas, se obtuvo en un primer muestreo valores de Aldrin de 0.643 en el pozo P4 y en un segundo muestreo, se determinó la presencia de BHC que también corresponde a organoclorados.

Con respecto a la presencia de gases en el agua, se evaluó el sulfuro de hidrógeno, obteniéndose valores de 2.4 mg/I en el pozo P5 y P4 para el primer muestreo, disminuyendo a valores por

debajo de 0.6 mg/l en todos los pozos en el segundo muestreo, siendo el pozo P1 el que presentó menores valores de este elemento.

Las concentraciones más altas de los parámetros evaluados en el agua subterránea, se encontraron en los pozos P2 y P4 ubicados aguas abajo del vertedero, a excepción del elemento Hierro que se encontró en mayor concentración en el pozo P3 ubicado a la entrada de éste. Es de hacer notar que los pozos P y P4 están en la dirección del flujo de agua subterránea.

CUADRO 1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZO DE OBSERVACIÓN N° 1

Parámetro	Unidad	Fecha		Estándares	
		13-07-09	02-08-09	Decreto 883 Agua 1A.	Decreto 883 Agua 2B.
Conduct. Eléctrica	Microhm/cm	439	469	-	-
pH a 25°C		7.34	7.30	6.5-8.5	6.5-8.5
Dureza total (CaCO ₃)	mg/l	250	163	300	-
Dureza Calcio (CaCO ₃)	mg/l	203	150	-	-
DOO	mg/l	<1	<1	-	-
Nitratos	mg/l	-	0.02	-	-
Nitritos	Mg/l	-	1.56	-	-
Asbestos y grasas	mg/l	<1	<1	-	-
Fósforo total	mg/l	0.14	0.18	-	-
Cloruros	mg/l	26	30	600	-
Sulfato	mg/l	<1	1.9	400	-
Sólidos (D. totales)	mg/l	271	256	1.500	3000
Coliformes totales	NMP/100 ml	4	500	<2000 uca	<1000 uca
Coliformes fecales	NMP/100 ml	4	500	-	<100 uca
Nitrogeno Total	mg/l	1.7	1.07	-	-
Magnesio	mg/l	12	1	-	-
Cadmio	mg/l	<0.015	<0.015	0.01	0.005
Plomo (Pb) (mg/l)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cobre (Cu)	mg/l	0.04	0.075	1	1.0
Niquel (Ni)	mg/l	<0.050	<0.050	-	0.5
Manganeso	mg/l	0.12	0.14	0.1	0.5
Hierro Total	mg/l	2.2	1.59	0.1	1.0
Zinc	mg/l	0.52	0.36	-	5.0
Sodio	mg/l	-	0.24	-	-
Aluminio	Mg/l	-	0.99	0.5	1.0
organoclorados	µl	0.001C 0.005	0.001C 0.005	0.2	0.2

CUADRO 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZO DE OBSERVACIÓN N° 2

Parámetro	Unidad	Fecha		Estándar	
		13-07-00	02-08-00	Decreto 883 Agua 1A.	Decreto 883 Agua 2B.
Conduct. Eléctrica	Micromhos/cm	350	357	-	-
PH a 25°C		7.83	7.96.8	6.5-8.5	6.0-8.5
Dureza total CaCO ₃	mg/l	160	166	500	
Dureza Calceica CaCO ₃	mg/l	152	157	-	-
DQO	mg/l	<1	<1	-	-
Nitritos	mg/l	-	0.02	-	
Nitratos	Mg/l	-	0.25	-	-
Aceites y grasas	mg/l	<1	<1	-	-
Fosforo total	mg/l	0.30	0.28	-	-
Cloruro	mg/l	2.0	2.0	600	-
Sulfato	mg/l	9.0	10.2.0	400	
Sólidos D. tot(SDT)	mg/l	224	221	1.500	3000
Coliformes totales	NMP/100 ml	240	>1600	<2000 men	<1000 men.
Coliformes fecales	NMP/100 ml	240	>1600	-	<100 men
Nitrógeno Total	mg/l	1.97	1.12		
Magnesio	mg/l	2	2		-
Cadmio	mg/l	<0.015	<0.015	0.01	0.005
Plomo (Pb) (mg/l)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cobre (Cu))	mg/l	0.10	0.2	1	1.0
Níquel (Ni)	mg/l	<0.050	<0.050		0.5
Manganeso	mg/l	0.72	0.83	0.1	0.5
Hierro Total	mg/l	2.2	22	0.1	1.0
Zinc	mg/l	0.78	1.23		5.0
Sulfuro	mg/l	-	0.35		-
Aluminio	mg/l		4.3	0.2	1.0
organoclorados	μ/l	ND	αBHC 0.00	0.2	0.2

CUADRO 3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZO DE OBSERVACIÓN N° 3

Parámetro	Unidad	Fecha		Estándar	
		13-07-00	02-08-00	Decreto 883 Agua 1A.	Decreto 883 Agua 2B
Conduct. Eléctrica	Micromhos/cm	100	119	-	-
PH a 25°C		6.24	6.8	6.5-8.5	6.0-8.5
Dureza total CaCO ₃	mg/l	38	64	500	
Dureza Calcica CaCO ₃	mg/l	24	28	-	-
DQO	mg/l	2.0	2.0	-	-
Nitritos	mg/l	-	0.01	-	
Nitratos	Mg/l	-	1.45	-	-
Aceites y grasas	mg/l	16	13	-	-
Fosforo total	mg/l	0.06	0.09	-	-
Cloruro	mg/l	110	15	600	-
Sulfato	mg/l	<1	2.0	400	
Sólidos D. tot(SDT)	mg/l	62	75	1.500	3000
Coliformes totales	NMP/100 ml	<2	130	<2000 men	<1000 men.
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<2	130	-	<100 men
Nitrógeno Total	mg/l	0.06	0.96		
Magnesio	mg/l	2	8		-
Cadmio	mg/l	<0.015	<0.015	0.01	0.005
Plomo (Pb) (mg/l)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cobre (Cu))	mg/l	0.08	0.137	1	1.0
Niquel (Ni)	mg/l	<0.050	<0.050		0.5
Manganeso	mg/l	0.22	0.27	0.1	0.5
Hierro Total	mg/l	27.7	4.8	0.1	1.0
Zinc	mg/l	0.71	0.62		5.0
Sulfuro	mg/l	-	0.51		-
Aluminio	Mg/l		2.2	0.2	1.0
organoclorados	μ/l	BHC 0.001	αBHC 0.004	0.2	0.2

CUADRO 4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZO DE OBSERVACIÓN N° 4

Parámetro	Unidad	Fecha			Estándar	
		24-05-00	13-07-00	02-08-00	Decreto 883 Agua 1A.	Decreto 883 Agua 2B.
Conduct. Eléctrica	Micromhos/cm	270	200	200	-	-
PH a 25°C		7.10	7.54	7.5	6.5-8.5	6.0-8.5
Dureza total CaCO_3	mg/l	78	120	78	500	
Dureza Calcica	mg/l	73	78	58	-	-
DQO	mg/l	1.0	4.0	5.0	-	-
Nitritos	mg/l	-	-	0.02	-	
Nitratos	Mg/l	-	-	1.08	-	-
Aceites y grasas	mg/l	9	7	6	-	-
Fosforo total	mg/l	0.02	0.11	0.14	-	-
Cloruro	mg/l	5.0	4.0	3.9	600	-
Sulfato	mg/l	116.0	5.0	6.1	400	
Sólidos D. tot(SDT)	mg/l	170	126	128	1.500	3000
Coliformes totales	NMP/100 ml	130	80	>1600	<2000 men	<1000 men.
Coliformes fecales	NMP/100 ml	130	80	>1600	-	<100 men
Nitrógeno Total	mg/l	6.72	0.84	1.12		
Magnesio	mg/l	1	10	5		-
Cadmio	mg/l	<0.015	<0.015	<0.015	0.01	0.005
Plomo (Pb) (mg/l)	mg/l	<0.125	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	<0.125	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cobre (Cu)	mg/l	<0.025	0.08	0.137	1	1.0
Níquel (Ni)	mg/l	<0.0500	<0.050	<0.050		0.5
Manganeso	mg/l	0.17	3.73	6.35	0.1	0.5
Hierro Total	mg/l	7.8	4.3	8.8	0.1	1.0
Zinc	mg/l	0.11	0.52	0.21		5.0
Sulfuro	mg/l	2.4	-	0.35		-
Aluminio	Mg/l	--	-	4.5	0.2	1.0
organoclorados	µ/l	Aldrin0643	-	αBHC 0.004	0.2	0.2

CUADRO 5 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZO DE OBSERVACIÓN N° 5 (LA GUÁSIMA)

Parámetro	Unidad	Fecha		Estándar	
		24-05-00	02-08-00	Decreto 883 Agua 1A.	Decreto 883 Agua 2B.
Conduct. Eléctrica	Micromhos/cm	1002	988	-	-
PH a 25°C		6.9	7.1	6.5-8.5	6.0-8.5
Dureza total CaCO ₃	mg/l	92	107	500	
Dureza Calcica CaCO ₃	mg/l	68	52	-	-
DQO	mg/l	54	5	-	-
Nitritos	mg/l	-	0.01	-	
Nitratos	Mg/l	-	0.13	-	-
Aceites y grasas	mg/l	9	10	-	-
Fosforo total	mg/l	0.02	0.08	-	-
Cloruro	mg/l	182	193	600	-
Sulfato	mg/l	40	8.2	400	
Sólidos D. tot(SDT)	mg/l	650	613	1,500	3000
Coliformes totales	NMP/100 ml	13	<20	<2000 men	<1000 men.
Coliformes fecales	NMP/100 ml	13	<20	-	<100 men
Nitrógeno Total	mg/l	39.2	14.0		
Magnesio	mg/l	-	13		-
Cadmio	mg/l	<0.015	<0.015	0.01	0.005
Plomo (Pb) (mg/l)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	<0.125	<0.125	0.05	0.05
Cobre (Cu))	mg/l	<0.025	0.08	1	1.0
Niquel (Ni)	mg/l	<0.0500	<0.050		0.5
Manganeso	mg/l	-	14	0.1	0.5
Hierro Total	mg/l	18.8	14.8	0.1	1.0
Zinc	mg/l	<0.026	-		5.0
Sulfuro	mg/l	2.56	0.67		-
Aluminio	Mg/l	-	1.9	0.2	1.0
organoclorados	u/l	Aldrin 0.177	αBHC0.0006	0.2	0.2

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El área donde se asienta el vertedero La Guásima muestra rasgos de una notoria actividad neotectónica que afecta los sedimentos recientes, por lo cual se recomienda realizar investigaciones detalladas para identificar y evaluar estas actividades neotectónicas ya que las mismas pueden constituir una fuente de riesgo por los posibles planes de ocupación de estos espacios, en el momento de clausura de este sitio, por parte de las poblaciones que bordean este vertedero.

2. Las altas concentraciones del elemento Hierro encontradas en el pozo P3, sobrepasan los rangos establecidos en las aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883. Es posible que este fenómeno se deba a la presencia de viviendas de tambores de hierro presentes en ese sector, lo cual puede estar influenciado por las épocas del año. Por tanto, se recomienda realizar mayor número de mediciones de éste parámetro para determinar con certeza si esa es la fuente de las altas concentraciones de este elemento en ese punto y tomar así los correctivos del caso.
3. Las concentraciones de metales tales como el Manganeseo y Aluminio sobrepasan los rangos establecidos en las aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883. Hay que realizar mayor número de mediciones de éstos parámetros, ya que altas concentraciones de Aluminio y Manganeseo producen enfermedades tales como el mal de Alzheimer y Locura - Manganésica, respectivamente, las cuales generan daños irreversibles en las células del cerebro.
4. En cuanto a la presencia de Plaguicidas Organoclorados en el agua subterránea, éstos deben ser evaluados con mayor atención ya que la predicción del traslado de estas sustancias se complica aún más por ser compuestos orgánicos que se caracterizan por su inmiscibilidad o escasa solubilidad en agua y la exposición de los individuos a estas sustancias causan efectos adversos en su salud.
5. La presencia de Coliformes Totales y Fecales, debe ser considerada con mucha atención, ya que el agua puede ser vehículo de diversas enfermedades, por lo que se recomienda controlar el consumo de agua de pozos que se encuentren aguas abajo del vertedero.
6. En vista que en uno de los muestreos se obtuvo valores de Sulfuro de Hidrógeno en los pozos P4 y P5 por encima de los rangos establecidos para las aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883 y considerando que este elemento es un indicador de descomposición de materia orgánica, se recomienda ahondar más sobre la-presencia de gases en el agua subterránea, ya que concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno por encima de 1.0 mg/l inutiliza el agua como consumo humano; así mismo gases como el Dióxido de Carbono y Oxígeno pueden alterar la composición química del agua; y altas concentraciones del gas Metano puede llegar a constituir un peligro potencial por su posibilidad de inflamación y explosión.
7. Los parámetros evaluados en este estudio, mostraron concentraciones mayores a principios de la época de lluvia y menores durante el periodo de precipitaciones, por lo que se puede inferir que las lluvias producen una mayor dilución y arrastre de estos contaminantes.
8. Las mayores concentraciones de los parámetros químicos evaluados en este estudio, se encuentran en los pozos P2 y P4 ubicados aguas abajo del vertedero; es decir, en la dirección del flujo del agua subterránea; indicando que pueden provenir del vertedero y están contaminando las aguas subterráneas del sector por lo que se hace necesario desarrollar investigaciones dirigidas a definir la pluma de contaminantes y su comportamiento en el tiempo.
9. En virtud de que en el área se utilizan pozos de agua como fuentes de abastecimiento para la población, se requiere estudiar los pozos que se encuentren ubicados en los sectores aguas abajo del vertedero, sobre todo en la dirección del flujo de agua, a fin de decidir sobre su uso o clausura y así evitar riesgos de exposición de la población a estos contaminantes.

10. Se recomienda llevar a cabo un programa de monitoreo de la calidad de agua subterránea y aplicar modelos ambientales para evaluar el transporte y transformación de contaminantes proveniente del vertedero sobre los acuíferos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- √ ALVAREZ, R(1995). Bioremediación de Acuíferos. I Conferencia Latinoamericana sobre Riesgo Ambiental. Asociación Venezolana de Ingeniería Ambiental. Valencia. Venezuela.
- √ ASOCIACIÓN PARA LA DEFENSA DEL AMBIENTE Y DE LA NATURALEZA. Basura Municipal. Manual de Gestión Integrada.
- √ BADILLO, E; A. RODRIGUEZ. (1978) Mecánica de suelos. Editorial Limusa 4ta Edición. México.
- √ BEDIENT, P; H NEWELL (1994). Groundwater Contamination. Transport and Remediation, Editorial Kim Guaterman.
- √ BENNETT H. (1955). Elements of Soil Conservation. 2da. Edición. Mc Graw - Hill book company, Inc. New York. .
- √ BROWN, T. (1996). Waste Disposal Site Groundwater Monitoring, Design And Evaluation. I Seminario Interamericano sobre Manejo de Residuos.
- √ BURKHARD, H; Y. MICHAWEL.(1997). Tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios Municipales e Industriales. Revista Prevención de la contaminación. Vol 5, No 4. Publicado por MacDonald Communications, INC.
- √ CHAPMAN, H; P. PARKER. (1961). Methods of analysis for soil, plant and water. University of California. EEUU
- √ CLAVIER, L (1988). Estudio en el Relleno Sanitario La Bonanza. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Venezuela.
- √ CUSTODIO, E. Hidrología Subterránea, Editorial Omega, S.A., Barcelona, España.
- √ DIAZ A. V. YAKOVLIEV: (1994) La selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios: Reflexiones sobre la normativa técnica. XIII Seminario Venezolano de Geotecnia: Experiencias Venezolanas en Geotecnia Ambiental. Caracas. Venezuela.
- √ FELL, R; T. PHILLIPS. (.1993). Geotechnical Management of Waste and Contamination Edited: A.A. BALKEMA, Rotterdam
- √ GELDREICH, E. (1996). La Amenaza Mundial de los Agentes Patógenos Trasmitidos por el Agua. OPS. ILSIPRES.
- √ HEVEL, B y M STRACK. (1997). Tratamiento de Lixiviados de Rellenos Sanitarios Municipales e Industriales. Revista Prevención de la Contaminación.
- √ JUAREZ B. (1978.)Flujo de agua en suelos. Mecánica de suelos. Tomo III, Editorial Limusa. México.
- √ LA GREGA; M. (1996). Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, Eliminación y Recuperación de Suelos. Editorial MC Graw Hill.
- √ LARA, C. (1990). Metales Tóxicos en el Agua. VI Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.