

Impacto del sitio de disposición final de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y su relación con la calidad del agua subterránea en el ejido Emiliano Zapata¹

Pedro Vera Toledo²

Hugo Alejandro Nájera Aguilar³

Deisy Escobar Castillejos⁴

RESUMEN

Los llamados “Basureros”, son fuente de innumerables problemas al medio y a la salud pública. Destacando la contaminación del agua subterránea. El sitio de disposición final de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez, durante once años trabajó como tiradero a cielo abierto, en 2006 se implementaron medidas para disminuir la contaminación, sin que implique, que la contaminación generada durante los años previos se evite, por lo que es necesario analizar el posible daño causado, en especial, al agua subterránea. Este trabajo analiza esta problemática. Se tomaron muestras de agua en dos pozos y un manantial. Se analizaron metales pesados, microbiológicos y fisicoquímicos. Se llevaron a cabo estudios de la geología local y un modelo de funcionamiento

hidrogeológico, para determinar si existe correlación entre la contaminación generada por el sitio de disposición final de residuos con la calidad del agua subterránea del poblado más cercana al sitio, el ejido Emiliano Zapata.

Palabras Clave: Sitio de disposición final, Residuos sólidos, Metales pesados, Agua subterránea.

ABSTRACT

The so called “Dust-bins”, they are a source of innumerable problems to the environment and to the public health. Emphasizing the pollution of the underground water. The site of final disposition of Tuxtla Gutiérrez’s solid waste, for eleven years has worked like Dust-bin to opened sky, at 2006 measures were implemented to diminish the pollution, without it that implies, that the pollution generated during the previous years avoids, for what it is necessary to analyze the possible caused damage, especially, to the underground water. This work analyzes this problematic. Water samples took in two wells and a spring, were analyzed: Metals heavy, microbiological and physicochemical. Go to them studies of the local geology and a model of functioning hydrogeology, to determine if correlation exists between the pollution generated by the site of final disposition of residues end, with the quality of the underground water of the population the most nearby to the site, the ejido Emiliano Zapata.

¹ Resultado del proyecto de investigación “Diagnóstico ambiental de los sitios de disposición final de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal Las Casas, Chiapas” financiado por FOMIX, Chiapas 2005 -2007

² Docente de la UNICACH del PE Ingeniería Ambiental, Tel./fax (01961) 1256033 e-mail caachis1@hotmail.com

³ Docente de la UNICACH del PE Ingeniería Ambiental, Tel./fax (01961) 1256033 e-mail hnajera72@hotmail.com

⁴ Docente de la UNACH, de la facultad de Ingeniería Civil. e-mail daisye@unach.mx

Key words: Site of final disposition, Solid waste, Heavy metals, Underground water.

INTRODUCCIÓN

México enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esto debido, principalmente, al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, al cambio de hábitos de consumo de la población, la elevación de los niveles de bienestar, y la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos.

Lo anterior ha modificado de manera sustancial la cantidad y composición de los residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, la generación aumentó



Foto 1 ■ | Intercalaciones de estratos.



Foto 2 ■ | Lutitas cementadas.

de 300 g por habitante por día en la década de 1950 a más de 860 g en promedio para el año 1998. Asimismo, la población se incrementó en el mismo periodo de 30 millones a más de 98 millones, contribuyendo una generación nacional estimada de 83,830 toneladas diarias (SEMARNAP, 1999).

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social, de los años cincuenta al año dos mil, la generación de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial se incrementó nueve veces y su composición cambió de ser mayoritariamente orgánica, fácilmente integrable a los ciclos de la naturaleza, a estar caracterizada por abundantes elementos cuya descomposición es lenta y requiere de procesos complementarios para efectuarse, a fin de reducir sus impactos al ambiente (Lichtinger, et al, 2001).

El municipio de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, al igual que la mayoría de los municipios, se enfrentan a un sinnúmero de retos en cuanto a la

gestión de los residuos sólidos urbanos, entre ellos, la problemática de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial. En 1995 se adquirió por parte del municipio el predio denominado San Francisco Tucutzano a escasos 2.5 km del ejido Emiliano Zapata y en ese mismo año se iniciaron las operaciones como basurero a cielo abierto, depositando en una cañada del citado predio un promedio de 400 toneladas al día de residuos sólidos provenientes de la ciudad.

Cuando existe aportación de agua del exterior hacia el sitio de disposición final de residuos sólidos y la infiltración excede tanto la evapotranspiración total como la capacidad de retención de humedad de la capa de cubierta, si ésta existe, el agua se precuela hasta los residuos sólidos; una vez infiltrada, el agua remueve los productos disueltos o los productos suspendidos por la descomposición química y biológica de los residuos, generando lixiviados. Éstos a su vez pueden llegar a tener concentraciones altas de sustancias tóxicas, que pueden impactar la salud pública y al medio ambiente, tanto en la superficie como en el subsuelo.

En el sitio de disposición final se ha trabajado durante varios años de manera continua como basurero a cielo abierto, y hasta inicios de 2006 se implementaron medidas para reducir la contaminación al medio ambiente. Sin embargo la contaminación generada durante los años previos no se evita por este hecho o en el mejor de los casos no se elimina, por lo que es necesario analizar el posible daño causado, en especial, al agua subterránea.

Se han realizado estudios sobre la composición de los lixiviados del sitio de disposición final de residuos, y de otros sitios, determinándose, parámetros de monitoreo: Plomo, Mercurio, Cobre, Arsénico, Cromo, Cadmio, Níquel, Zinc, Fierro, entre otros, los cuales pueden servir de marcadores para conocer la migración de los mismos.

Finalmente, la justificación de este estudio se basa en que, los lixiviados generados en los basureros, pueden infiltrarse en los suelos y escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos contaminando acuíferos, cuerpos de agua para consumo humano (Cortinas, 2001) y puede dar lugar a la contaminación del suelo y del agua, representando un riesgo potencial a la salud humana y los demás organismos vivos (Cossu *et al.* 2001, Ding *et al.* 2001).

GEOLOGÍA LOCAL

La ubicación geográfica del sitio de disposición final es N: 16° 39' 19'' y W: 93° 12' 85'', con una altitud media de 905.56 msnm. Las rocas aflorantes en el sitio de disposición final corresponden a intercalaciones de arenisca con limonitas, lutitas y calizas arcillosas; resulta factible ubicarse sobre la Formación Méndez u Ocozocoautla (CNA 2003). Dentro de este paquete, las areniscas son las que predominan en la porción norte del sitio y las lutitas, en el extremo sur; la granulometría es variable, desde las areniscas de grano grueso hasta las areniscas de grano fino, cementadas o simplemente compactadas, en estratos de espesor variable, desde los 110 cm hasta los 3 o 4 cm. Las limonitas y lutitas por su parte, se presentan de manera esporádica en la parte Norte, bien compactada e incluso cementada, en estratos de delgados a gruesos (caso último de las limolitas).

Una vez que se entra al sitio de disposición final de residuos sólidos proveniente de Emiliano Zapata, se encuentra al Norte un cerro constituido por areniscas tanto de grano grueso como fino, intercalados con algunos estratos de limolitas de hasta 1 metro de espesor (foto 1) y de lutitas en color café claro fuertemente cementadas (foto 2).

En cuanto a las calizas de la formación Sierra Madre, si bien éstas no afloran en el sitio de disposición final, se presentan en contacto directo al sur de éste (foto 3), subyaciendo al paquete sedimentario terrígeno antes descrito.

Cuadro 1 ■

| | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------|
| Aprovechamiento | La Pozona | El Chocolatillo | El Sabinito | |
| Ubicación | 16°39´53.73. | 16°39´57.97 | 16°39´58.98 | Norte |
| | 93°12´08.48 | 93°12´10.37 | 93°12´14.16 | Oeste |

Modelo de Funcionamiento Hidrogeológico en el sitio de disposición final

Los materiales sobre los que se encuentra el sitio se consideran en general poco permeables sin embargo, la existencia en algunas zonas de la porción norte del mismo, de areniscas compactadas pero sin cementar, muestra que algunas zonas dentro del paquete sedimentario deben ser moderadamente permeables. Si bien las lutitas pueden considerarse como impermeables, las areniscas en algunas partes no lo son. De esta forma, las areniscas pueden permitir en algunas zonas, específicamente hacia las porciones centro norte y



Foto 3 ■ | Intercalaciones de estratos.

centro este del sitio, la infiltración de lixiviados al ser moderadamente permeables. En contraste, hacia el sur del sitio, las que predominan son las lutitas muy compactadas, lo que le imprime un carácter impermeable hacia esta zona, ocasionando que los fluidos no se infiltren, sino que escurran.

Alrededor del sitio existen aprovechamientos de agua subterránea, como son norias y agujeros ubicados estos al noroeste, en la localidad de Emiliano Zapata. Las norias existentes extraen el agua a menos de 5 metros de profundidad y poseen un dren muy pobre ya que si se extrae de manera rápida, el agua se agota. Resulta evidente que no se trata de un acuífero y si de un acuitardo, radicado en materiales terrígenos poco permeables, consistentes de intercalaciones de lutitas y areniscas cementadas y poco fracturadas. Por ello se requiere determinar si la pluma de los contaminantes provenientes del sitio no han contaminado esta fuente de abastecimiento de agua; para lo cual se tomarán en cuenta sobre todo los metales pesados presentes en los lixiviados del sitio.

METODOLOGÍA

Localización de los puntos de muestreo

Se realizó el censo de los aprovechamientos de agua en el núcleo poblacional del ejido Emiliano Zapata en las proximidades del sitio. La ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en el cuadro Núm. 1 y se aprecia en la foto Núm. 4.

Para conocer la calidad del agua, se colectaron muestras de agua subterránea en tres puntos seleccionados; una noria y un manantial suministran agua para toda la comunidad, la noria restante es de propiedad



Foto 4 ■ Localización de los puntos de muestreo.

privada. La primera muestra se tomó el 4 de marzo y la segunda el 20 de julio del año en curso, esto en función de las estaciones de estiaje y lluvias respectivamente. Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo con las condiciones del lugar, es decir por la cercanía al sitio de disposición final de residuos, su accesibilidad y tomando en cuenta las características tanto de la hidrogeología como de la geología local, y por último y no menos importante por la disposición de los propietarios.

En total se recolectaron 6 muestras de agua, in situ se determinó el pH, con un pH-metro (Hanna, EUA), la temperatura con termómetro (Brahham, EUA) y el oxígeno disuelto con un sensor (Vernier EUA), lo que permitió conocer algunas condiciones fisicoquímicas

del agua. Los parámetros que se determinaron en laboratorio son: coliformes totales, coniforme fecales, Plomo, Mercurio, Cobre, Arsénico, Cromo, Cadmio, Níquel, Zinc, Fierro utilizando el método NMX-AA-028-CSFI-2001, para coliformes y el MNX-AA-051-SCFI-2001, para metales; esto nos permite realizar un comparativo con los valores de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-127-SSA1-1994 y NOM 001/1996 ECOL.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A partir de la recopilación de muestras del primer y segundo muestreo, en los alrededores del sitio de disposición de Tuxtla Gutiérrez, localidad de Emiliano Zapata, el concentrado de resultados obtenidos, tanto

Cuadro 2 ■ Resultados de los análisis

| Muestreo marzo 2007 | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------|-----------------------|------------|
| Aprovechamiento/ Parámetro | La Pozona | El Chocolatillo | El Sabinito | NOM 001 | NOM-127- SSA1-1994 | Unidades |
| pH | 7.2 | 7.22 | 6.90 | N/A | 6.5-8.5 | de pH |
| Temperatura | 23.2 | 24.7 | 25 | 40 | N/A | ° C |
| Oxígeno disuelto | 2.5 | 2.7 | 2.00 | N/A | N/A | Mg./l |
| Coliformes Totales | > 200 | > 200 | > 200 | N/A | 2 | UFC/100 ml |
| Coliformes Fecales | 0 | 0 | 0 | N/A | 0 | UFC/100 ml |
| Plomo | ND | ND | ND | 0.2 | 0.025 | Mg./l |
| Mercurio | ND | ND | ND | 0.005 | 0.001 | Mg./l |
| Cobre | ND | ND | ND | 4.0 | 2 | Mg./l |
| Arsénico | ND | ND | ND | 0.1 | 0.05 | Mg./l |
| Cromo* | ND | ND | ND | 0.5 | 0.05 | Mg./l |
| Cadmio | ND | ND | ND | 0.1 | 0.005 | Mg./l |
| Níquel | ND | ND | ND | 2 | N/A | Mg./l |
| Zinc | ND | ND | ND | 10 | 5 | Mg./l |
| Fierro | ND | ND | 0.252 | N/A | 0.30 | Mg./l |
| Muestreo Julio 2007 | | | | | | |
| Aprovechamiento/ Parámetro | La Pozona | El Chocolatillo | El Sabinito | NOM 001 | NOM-127- SSA1-1994 | Unidades |
| pH | 6.27 | 6 | 6.17 | N/A | 6.5-8.5 | de pH |
| Temperatura | 25 | 23 | 23.5 | 40 | N/A | ° C |
| Oxígeno disuelto | 0.7 | 0.7 | 0.76 | N/A | N/A | Mg./l |
| Coliformes Totales | 4.5X10 ³ | 7.44X10 ² | 4.2X10 ² | N/A | 2 | UFC/100 ml |
| Coliformes Fecales | 3.77X10 ² | 20 | 44 | N/A | 0 | UFC/100 ml |
| Plomo | ND | ND | ND | 0.2 | 0.025 | Mg./l |
| Mercurio | ND | ND | ND | 0.005 | 0.001 | Mg./l |
| Cobre | ND | ND | ND | 4.0 | 2 | Mg./l |
| Arsénico | ND | ND | ND | 0.1 | 0.05 | Mg./l |
| Cromo* | ND | ND | ND | 0.5 | 0.05 | Mg./l |
| Cadmio | ND | ND | ND | 0.1 | 0.005 | Mg./l |
| Níquel | ND | ND | ND | 2 | N/A | Mg./l |
| Zinc | ND | ND | ND | 10 | 5 | Mg./l |
| Fierro | 0.332 | 0.083 | 0.424 | N/A | 0.30 | Mg./l |

Notas:

1) Los valores en el cuadro 2, tomados de la NOM 001, son los mínimos para cualquier tipo de cuerpo receptor.

2) N/A no aplica para esa Norma en particular

3) * Se toma como Cromo Total

4) ND no detectado por el método empleado para la determinación del parámetro.

del laboratorio como los realizados in situ por punto de muestreo, se presentan en el cuadro 2.

Sobre la base de los resultados de laboratorio y de campo (cuadro 2), la mayoría de los parámetros, sobre todo los metales pesados no se detectaron con las técnicas utilizadas y por lo tanto no rebasan los límites máximos permitidos en las correspondientes normas oficiales mexicanas.

Los parámetros: coliformes totales y fecales determinados en las muestras de agua rebasaron el límite máximo permisible por la NOM-127-SSA1-1994, presentándose los valores más altos en “La Pozona”, sin embargo, no se puede considerar que sea provocado por el sitio de disposición final de residuos, ya que estos microorganismos difícilmente viajarían por las condiciones geológicas descritas (UNAM 2006), sino más bien, se pueden relacionar con las descargas de aguas residuales cercanas a los puntos de muestreo o por la presencia de animales de corral como cerdos y gallinas. En relación con Fe al igual que el anterior parámetro sobrepasa el límite máximo permisible por la NOM-127-SSA1-1994, en dos puntos para el segundo muestreo, nuevamente La Pozona y El Chocolatillo, que bien se puede explicar desde que forma parte de las características naturales del agua nativa, hasta que pudiese existir artefactos de Fe abandonados en el fondo de las fuentes lo que se reflejaría en los resultados.

Para el caso del pH, los tres puntos muestreadas se encuentran fuera de la NOM-127-SSA1-1994, en la muestra tomada en julio.

De acuerdo con la geología del sitio, existen intercalaciones de arenisca con limonitas, lutitas y calizas arcillosas, de manera general las lutitas pueden considerarse como impermeables, con valores en general menores a 10⁻⁷ cm/seg, (Alvarez-Manilla, *et al* 2002), lo preocupante son los estratos de las areniscas compactadas de grano grueso a fino, porque permitiría que los lixiviados que se infiltraron viajen a grandes distancias, sin conocer la dirección que tome la pluma que describen; esto provocaría, que pudiesen contami-

nar al acuitardo, a pesar de que se ubica en materiales poco permeables, de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas del núcleo poblacional de Emiliano Zapata, consistentes de intercalaciones de lutitas y areniscas cementadas y poco fracturadas

CONCLUSIÓN

La configuración de los estratos, por naturaleza poco permeables (a excepción de las areniscas no cementadas ni compactadas) y la diferencia topográfica presupone muy poco viable que el acuitardo existente en Emiliano Zapata (CNA 2003) se afecte por la infiltración de lixiviados generada en el sitio de disposición final de residuos sólidos.

De acuerdo con la hidrogeología y geología del SDF, no se evidencia que el acuitardo detectado en el sitio (CNA 2003) se continúe hacia la zona de la toma de muestras, por lo que resulta aún más improbable su afectación.

La posibilidad de otras fuentes de contaminación es alta, para los coliformes, es recurrente que en las comunidades rurales se realicen deyecciones al aire libre, o las descargas de las aguas residuales de origen tanto doméstico como agropecuario se manejen de forma inadecuada, dando como resultado que lleguen a las fuentes de abastecimiento lo que explicaría el porqué la aparición de los coliformes totales. Lo cual da como resultado el decremento del pH en los tres puntos de muestreo, no obstante que la NOM-127-SSA1-1994 posee límites estrictos en cuanto a que se refiere a “*Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que Debe Someterse el Agua Para su Potabilización*” y para este caso se habla de agua de origen natural que posee características propias, sin tratamiento alguno.

Hasta este momento no se tienen registros sobre la migración de lixiviados o de la pluma que describen, para el sitio de disposición de residuos sólidos de Tuxtla, con los resultados de laboratorio se puede inferir que al menos en los puntos que se muestrearon no se

tiene contaminación por los lixiviados generados en el sitio de disposición final, ya que no se detectaron metales pesados de la NOM 001/1996 ECOL, y a excepción del Fe, para la NOM-127-SSA1-1994, que bien puede tener explicación desde que forma parte de las características naturales del agua nativa, hasta que pudiese existir artefactos de Fe abandonados en el fondo de las fuentes lo que se reflejaría en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ-MANILLA A, A, P GARNICA, I MARTÍNEZ, J VALADÉZ, (2002) “La Permealabilidad de los Suelos en los Problemas de Transporte de Contaminantes. Aplicación en la Infraestructura del Transporte”. **Publicación Técnica Núm. 195. Sanfandila, Qro, 2002. 16.**

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2003, Determinación de la Disponibilidad de Agua Subterránea en el Acuífero Tuxtla, Estado de Chiapas. **Subdirección General Técnica, Diciembre, 2003 pp. 5, 6**

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2003. Disponibilidad de Aguas Subterráneas en el Acuífero Tuxtla, Estado de Chiapas. **Gerencia de Aguas Subterráneas, Diciembre 2003, pp. 13-17**

COSSU R, HAARSTAD., LAVAGNOLO M. Y LITTARUP P., 2001, “*Removal of municipal solid waste COD and NH4-*

N by phyto-reduction: A laboratory-scale comparison of terrestrial and acuatic species at different organics loads”, **Elsevier Science Ltd. www.elsevier.com/locate/ecoleng. pp. 4-9**

CORTINAS, DE N., C, 2001 “HACIA UN MÉXICO SIN BASURA, BASES E IMPLICACIONES DE LAS LEGISLACIONES SOBRE RESIDUOS”. Impreso en México en los **Talleres Gráficos de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México D. F. pp. 28-30**

DING A., ZHANG Z., FU J. Y CHEN L., 2001 “*Biological control leachate from municipal landfill*”, **Elsevier Science Ltd. www.elsevier.com/locate/ecoleng. pp. 8-9.**

UNAM. 2006, Instituto de Ingeniería, **MANEJO DE LIXIVIADOS Y BIOGÁS GENERADOS EN UN RELLENO SANITARIO (GENERACIÓN, CONTROL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO)** Gobierno del Distrito Federal, México Ciudad de la Esperanza, p. 209.

LICHTINGER W, V., I AGUIRRE, I JIMÉNEZ, J MEDINA, M ROCHA, R TOBÓN, S VALLEJO-AGUILAR, (2001) “**MINIMIZACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**”, Primera reedición: diciembre de 2001. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp. 7, 9-14.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, Instituto Nacional de Ecología, (1999) “**MINIMIZACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**”. p. 6.

