



Título del artículo.

Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México

Título del artículo en lenguaje Inglés.

Estimation of pollution in watercourses derived from anthropogenic waste at the city of Acapulco, Guerrero, Mexico

Autores.

María Laura Sampedro Rosas
Ana Laura Juárez López
José Luis Rosas Acevedo

Referencia bibliográfica:

MLA

M. Laura Sampedro Rosas, A. Laura Juárez López, y J. Luis Rosas Acevedo. Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Tlamati*, 5.1 (2014): 35-42. Print

APA

Sampedro-Rosas, M. L., Juárez-López, A. L., y Rosas-Acevedo, J. L. (2014). Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Tlamati*, 5(1), 35-42.

ISSN: 2007-2066.

Publicado el 29 de Abril del 2014.

© 2014 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

TLAMATI es una publicación trimestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAG. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.



Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México

María Laura Sampedro Rosas^{1*}
Ana Laura Juárez López¹
José Luis Rosas Acevedo¹

¹Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad de Ciencias en Desarrollo Regional. Calle Pino s/n Colonia El Roble, Acapulco, Guerrero, México. C.P. 39640. Tel. +52(744) 4876624

*Autor de correspondencia
laura_1953@live.com.mx

Resumen

Se realizó un inventario de tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y de descargas de aguas residuales domiciliarias en los 78 cauces fluviales de la Ciudad de Acapulco, Gro. La estimación de la contaminación emitida a los cauces se obtuvo utilizando la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). La frontera física para implementar la técnica fueron los 78 cauces fluviales y, la frontera político-legal las 349 áreas geo-estadísticas básicas (AGEB) de INEGI (2001). Para obtener la población de cada cauce, se creó un buffer de afectación con una distancia de 50 m a cada lado, se contaron todas las viviendas localizadas dentro del buffer, y se multiplicaron por cinco, como señala INEGI (2008) y Juárez (2009). Se georreferenciaron 415 tiraderos de RSU, 115 de residuos de la construcción (RME) y 799 puntos de descargas de aguas residuales clandestinas. La estimación de la contaminación emitida por RSU fue de 30,616 ton/año y un volumen de descargas de 4,086.58m³/año. Los valores de los sólidos suspendidos y del nitrógeno estuvieron excedidos del límite máximo para cualquier uso. En el caso de la demanda bioquímica de oxígeno y fósforo, los valores sólo están por arriba de los límites para su uso público, establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Palabras claves: cauces fluviales, residuos sólidos, aguas residuales

Abstract

An inventory of illegal dumping of urban solid waste (MSW), special handling waste (RME) and domestic wastewater discharges thrown away in 78 water effluents at the city of Acapulco, Guerrero, México was developed in this study. Estimate measure of pollution emitted to the effluent's at the city was obtained using the technique of Rapid Assessment of Sources of Environmental Pollution (ERFCA). The physical boundary used to implement the ERFCA-technique were 78 water effluents, and political-legal border of 349 border basic

Como citar el artículo:

Sampedro-Rosas, M. L., Juárez-López, A. L., y Rosas-Acevedo, J. L. (2014). Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Tlamati*, 5(1), 35-42.

geostatistical areas (BGA); both elements were defined by INEGI in 2001. In order to obtain the population for each effluent channel, a damage buffer was generated. This buffer is a 50 m on each side, and all the houses located within this buffer were counted and multiplied by five, following recommendations indicated by INEGI (2008) and Juárez (2009). A georeference of 415 garbage dumps (RSU), 115 construction waste sites (RME), and 799 points wastewater underground wastewater discharges locations were conveyed. An estimated pollution's measures estimated by RSU it were 30,616 tons/year, and the volume of wastewater discharged was 4086.58 m³/year. Values related with suspended solids and nitrogen exceeded the maximum limit allowable for any use. In the case of biochemical oxygen demand, and phosphorus' values are just above the limits for public use established at NOM-001-SEMARNAT-1996

Keywords: water effluents, municipal solid waste, domestic wastewater discharges,

Introducción

La ciudad de Acapulco, Guerrero, México (99°52' 57" Norte, 16°51' 59" Oeste) es un centro turístico de importancia en la economía del estado de Guerrero. El desarrollo urbano desordenado de la Ciudad está afectando la actividad turística, por el crecimiento de la mancha urbana hacia lugares inadecuados carentes de servicios básicos y de infraestructura. Esto está causando deforestación y erosión de la parte alta de los cerros, azolvando los cauces. Los asentamientos irregulares cercanos a los cauces, carecen del servicio de recolección de residuos y han provocado que en el interior y en las laderas de las 78 cauces exista una gran cantidad de residuos sólidos y descargas de aguas negras, que en época de lluvias son arrastrados a las partes bajas y conducidos hacia el Río de La Sabana, la

Bahía de Santa Lucía, la Laguna de Tres Palos y la Laguna de Coyuca, causando un deterioro de los recursos naturales y una severa contaminación en los cuerpos de agua (Ramírez,1986).

El municipio de Acapulco por su propia orografía y falta de accesos a las partes altas, se ve imposibilitado a cubrir los servicios básicos de la población ahí asentada de forma irregular. La Dirección de Saneamiento Básico Municipal recolecta el 89.43% de los residuos sólidos urbanos (RSU), quedando alrededor de 80.03 toneladas diarias (10.57%) en calles, cauces, barrancas y drenajes pluviales, que en los meses de lluvia (mayo-noviembre) terminan en los diferentes cuerpos de agua arriba mencionados, especialmente en la bahía que hace la función de una cuenca receptora (Toscano, 2003).

HIDROLOGÍA DE LAS MICROCUENCAS DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO

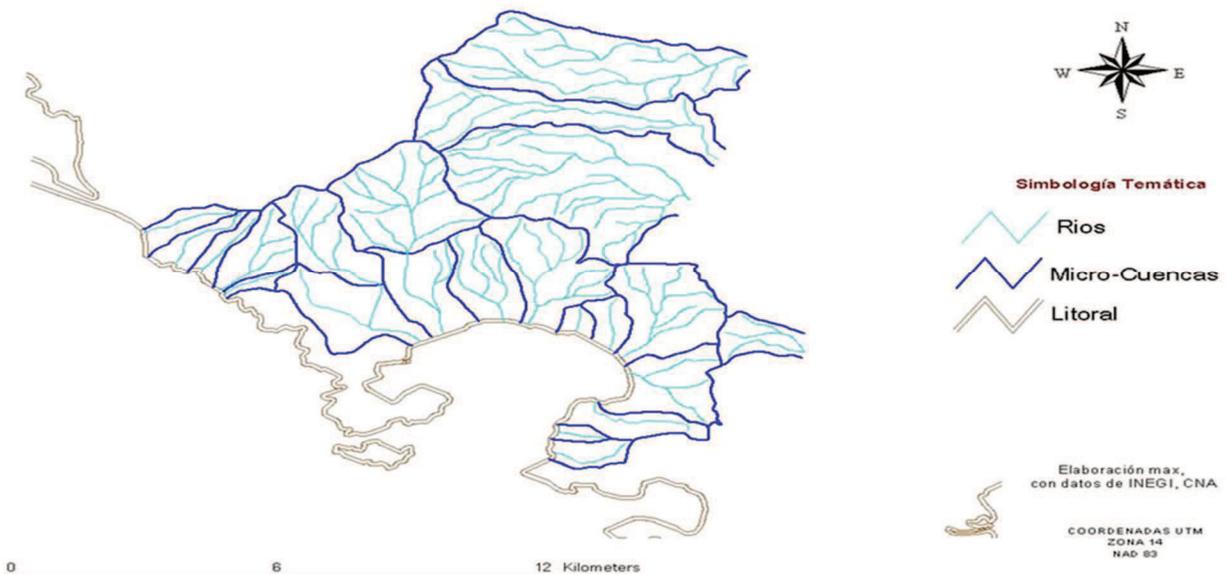


Figura 1. Mapa Hidrológico del Municipio de Acapulco, Gro.

En el 2000, Restrepo señaló que la Bahía de Acapulco tenía más de una década recibiendo descargas de aguas negras, que provenían de los asentamientos humanos ubicados en los cerros, así como también de hoteles, comercios y talleres diversos; sin embargo, no se había realizado un estudio puntual de la problemática real de los 78 cauces. El presente trabajo ha tenido como propósito realizar un inventario de tiraderos clandestinos a cielo abierto (TAC) de RSU, residuos de manejo especial (RME) y descargas de aguas residuales domiciliarias. Con los resultados obtenidos se realizó la estimación de la contaminación que esta problemática, está generando en los cuerpos de agua. De esta manera se podrán formular acciones tendientes a la mejora del manejo de RSU, RME y aguas residuales, con el objeto de evitar problemas de contaminación de aire, agua, suelo y salud pública.

Materiales y métodos

Se utilizó la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCA (Weitzenfeld, 1989), que utiliza indicadores recopilados de literatura técnica proveniente de países desarrollados (Sitting, 1975; Schimmel y Griffen 1976; United States Environmental Protection Agency (USEPA) 1973,

1977; World Health Organization (WHO), 1971, 1977, 1982, 1983), revisados por un comité de expertos para adecuarlos a las características propias de países subdesarrollados y en vías de desarrollo económico, como es el caso de México. Esta técnica permite la realización de inventarios de fuentes contaminantes de manera rápida y a bajo costo, ha sido empleada en el estado de Hidalgo por diversos autores (Cabrera, Gordillo y Cerón, 2003, 2004, Gordillo-Martínez y Cabrera-Cruz, 2010), para estimar la variación de la contaminación en el aire, agua y suelo.

Para implementar la técnica se siguieron las siguientes etapas:

1. Definición del área de estudio: La frontera física seleccionada fueron los 78 cauces fluviales del Municipio de Acapulco de Juárez y la frontera político-legal, que contiene 349 áreas geoestadísticas básicas (AGEB) de INEGI (2001). En la figura 1, se observan los 78 cauces, algunos drenan en mar abierto, otros van a las playas de la bahía, otros al río de La Sabana que termina en la Laguna de Tres palos. La Dirección de Protección Civil y Bomberos del Municipio de Acapulco dividieron la ciudad en veinte zonas de alerta hidrometeorológica, y estiman en más de 118 km de escurrimientos superficiales asociados a las microcuencas del municipio de Acapulco, de los 78

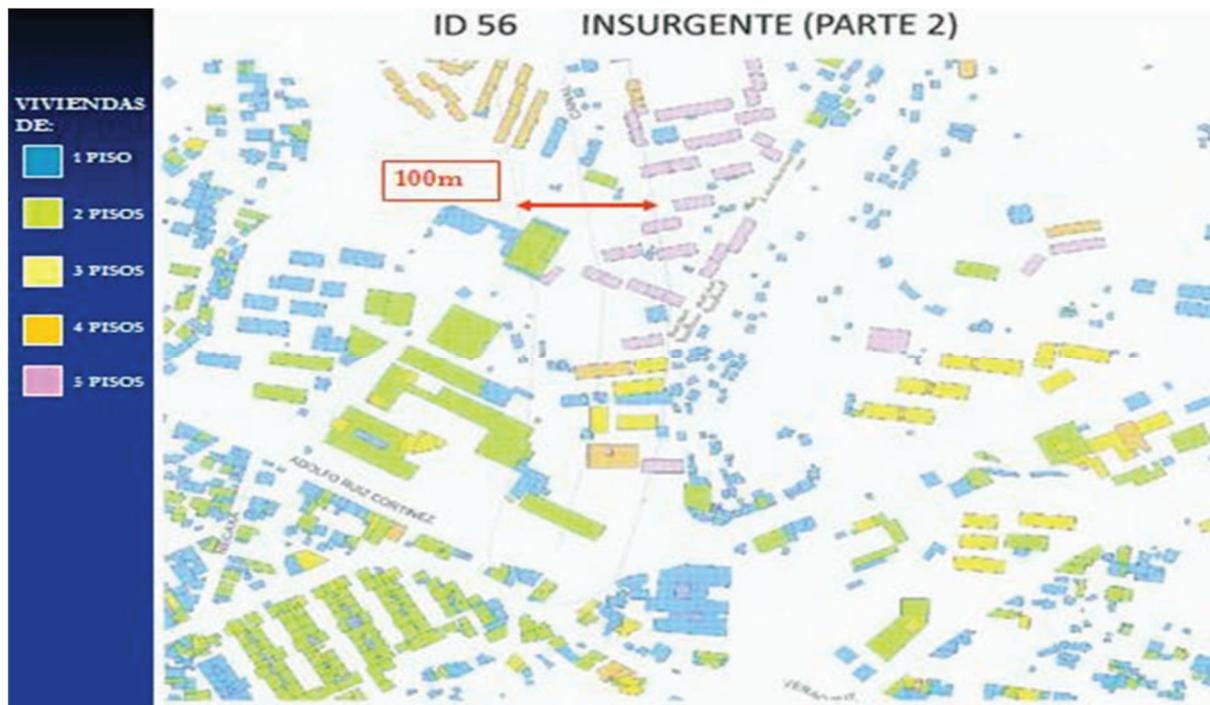


Figura 2. Mapas de los cauces con las viviendas. Las viviendas de color azul son de un piso, las verdes de dos pisos, las amarillas de tres pisos, las anaranjadas de cuatro pisos y las lilas de cinco pisos. La flecha roja señala el buffer de afectación sobre el cauce, con una distancia de 50 m a cada lado, un total de 100 m.

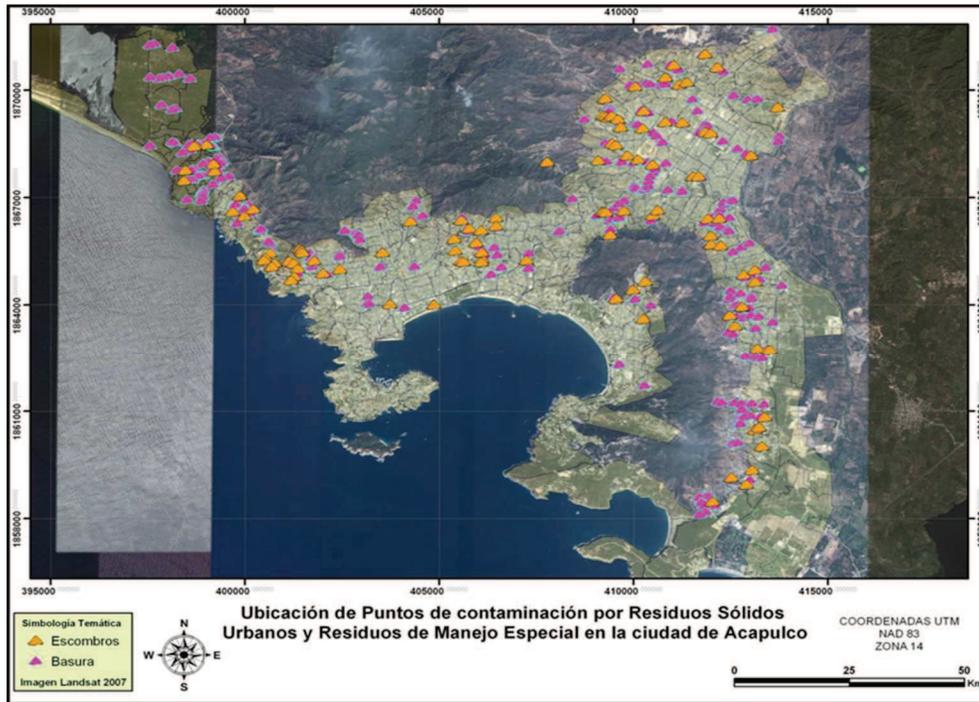


Figura 3. Mapa que muestra los puntos donde se localizaron tiraderos de RSU en color lila, y de tiraderos de RME en color naranja.

cauces. El 72% (56 cauces) se localizan en la zona suburbana y el 28% (22 cauces) restantes en la zona urbana.

2. Obtención de datos. Se realizaron recorridos exploratorios a pie en las 20 zonas, por los 78 cauces fluviales, abarcando un total de 116.57 km. Los recorridos comenzaron en la parte alta de los cauces hasta la parte baja. Con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se hicieron mediciones puntuales de: tiraderos clandestinos de RSU, de RME (restos de la construcción) y drenajes clandestinos (descargas de aguas residuales). Los datos generados se digitalizaron sobre una base cartográfica del área, con escala 1:50,000 de INEGI (2001). Los datos obtenidos de la Geo-referenciación fueron capturados en una hoja de cálculo, se pusieron los códigos de identificación de cada elemento gráfico, que sirvieron para elaborar mapas temáticos usando el programa ArcView 3.2.

Con la cartografía vectorial en línea de la página del Gobierno del Estado de Guerrero e INEGI (2001) y ortofotos digitales del Municipio de Acapulco, 1:50,000; 1:10,000; 1:5,000 y 1:1,000; se elaboraron mapas de los cauces con las viviendas. Se creó un buffer de afectación sobre cada uno de los 78 cauces, con una distancia de 50 m a cada lado del cauce (100 m) y se contaron todas las viviendas que se encontraron dentro del buffer, el número de viviendas

fue multiplicado por el promedio de ocupantes por vivienda (cinco), para obtener la población del rango considerado en los cauces (INEGI, 2008, Juárez López, 2009) (véase figura 2).

Para utilizar los cuadros de trabajo de la técnica ERFCA (Weitzenfeld, 1989), de RSU y obtener la contaminación por estos, la población se clasificó por condiciones económicas (ingresos bajos, en desarrollo e industrializada). Utilizando los resultados de Juárez López (2009); que encontró que en el área suburbana el 81.12% de la población percibía ingresos de 1-3 salarios mínimos, se clasificó con el rubro de ingresos bajos, y el 18.88% de la población como típica de una nación en desarrollo (4-5 salarios mínimos). En el área urbana, el 68.4% como ingresos bajos, el 29.64% como nación en desarrollo y el 1.95% como nación industrializada (más de cinco salarios mínimos).

Para determinar la contaminación total por efluentes domésticos en los cauces, se consideró a la población de la zona de estudio, que contaba con servicio de alcantarillado y sin el servicio, aplicando los parámetros de los indicadores ambientales considerados por los protocolos de la técnica.

Resultados

Los procesos de urbanización y las actividades antropogénicas, han alterado severamente la condición

Tabla 1. Residuos sólidos urbanos generados por la población asentada cerca de los cauces

Zona Suburbana	Población	Carga Ton/año
Área con ingresos muy bajos	79,088	11,863
Área típica en una nación en desarrollo	18,407	4,602
Zona Urbana		
Área con ingresos muy bajos	52,089	7,813
Área típica en una nación en desarrollo	22,964	5,741
Área típica en una nación industrializada	1,492	597
Totales	174,040	30,616

natural de los cauces fluviales. En los recorridos se georreferenciaron 415 tiraderos de RSU, 115 de residuos de la construcción (RME) (véase figura 3) y 799 puntos donde existen descargas clandestinas (véase figura 4). Estas alteraciones, son la consecuencia de asentamientos irregulares que carecen del servicio de recolección de RSU, falta de colectores marginales o el mal estado de drenajes, observándose de dos hasta diez descargas por punto. En la mayoría de los cauces naturales, corre agua cargada de lodo, rocas, residuos, descargas y otros objetos. Muchos de estos cauces han sido modificados sin las previsiones necesarias, algunos han sido desviados, otros han sido reducidos y otros han desaparecido totalmente al convertirse en calles, o se han incorporado como patios de las viviendas. Todo este desorden urbano, en época de lluvia causa serios problemas, pues las corrientes se desbordan de sus cauces porque resultan insuficientes para contenerlas y arrasan con muchas de las casas, como sucedió en 1997 con el huracán Paulina (Toscana, 2003).

En la tabla 1 se observa la estimación de generación de residuos sólidos de origen doméstico, obtenidos en función de los indicadores ambientales considerados por la técnica ERFCA (factor), el total fue de 30,616 ton/año. El 54% de los RSU provienen de cauces suburbanos y el resto de cauces urbanos. La mayor parte de estos RSU tiene dos destinos: son depositados e incinerados dentro de los cauces o entregados al camión recolector, cuando el servicio existe.

La contaminación del aire en las zonas de cauces es evidente; existe contaminación atmosférica por la presencia de malos olores y animales muertos, la generación de humos, gases y partículas suspendidas, producto de la quema de residuos. La lixiviación que proviene de la basura y el fecalismo al aire libre,

podrían estar afectando el suelo y el agua que corre por los cauces, que en época de lluvias arrastran los desechos y contaminantes a la Bahía de Santa Lucía, Puerto Marques, las Lagunas de Coyuca, Tres Palos, y Río de la Sabana.

Las estimaciones obtenidas de las cargas por efluentes domésticos en los cauces con las cantidades de contaminación generadas agrupadas por indicadores de calidad en ton/año (véase tabla 2). También se observa el volumen de los efluentes en miles de metros cúbicos anuales ($10^3\text{m}^3/\text{año}$). El volumen de desecho fue de $4,086.58\text{m}^3/\text{año}$. Al comparar los resultados obtenidos de los indicadores con los valores de la NOM-001 (SEMARNAT, 1997), tenemos que los sólidos suspendidos (SS) y el nitrógeno (N), están excedidos del límite máximo para cualquier uso, ya sea agrícola, urbano o recreativo, además de afectar la vida acuática. En el caso de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y fósforo (P), los valores sólo están por arriba de los límites para su uso público y en la afectación de la vida acuática, pudiéndose utilizar las aguas para uso agrícola.

Respecto a los RME (material de construcción), el problema radica que por el volumen de estos, se tapan los cauces y en épocas de lluvias pueden causar inundaciones como sucedió con el huracán Paulina en 1997 (Toscana, 2003).

Por su topografía, la zona del anfiteatro de Acapulco, tiene problemas para la introducción de redes de infraestructura pública, como las de agua potable y drenaje. De manera, que en las partes altas de varios cauces, como no se cuenta con red de agua potable, la población se abastece de pozos de donde se conectan con mangueras y, en algunos casos el agua la toman de los arroyos y manantiales que pasan por las colonias. En ambas zonas (urbana y suburbana), en los

cauces se encontraron pozos, algunos abandonados, otros con aguas verdes estancadas y contaminadas, con la presencia de insectos como larvas de mosquitos. La población utiliza el agua contaminada de los cauces para lavar ropa, trastes y bañarse, lo que significa un riesgo para su salud. Respecto al drenaje, como no todos cuentan con el servicio, utilizan los cauces para desalojar sus descargas, por eso se detectaron 799 puntos donde había de dos hasta diez descargas, colectores marginales rotos, azolvados, inconclusos o fuera de funcionamiento. Estas descargas ilícitas son un delito ambiental de acuerdo al Código Penal Federal (artículo 416). La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA), que en sus artículos 17 y 119 Bis establece que las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cauces, vasos, aguas marinas, aguas de subsuelo y otros. También se señala que el gobierno estatal y municipal son los responsables del control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.

Discusión y conclusiones

Los principales problemas ambientales detectados en los cauces fueron las descargas domésticas (799 puntos), los tiraderos de RSU (415) y los RME (115) dentro de los cauces. Los efluentes domésticos son un problema de contaminación a los cuerpos de agua del

municipio, las dos lagunas y el mar, como lo citaron Pineda (2007) y Leal, García y Gelovert (2000), que encontraron contaminación bacteriológica en el agua de los cauces y en la Bahía.

De acuerdo con Juárez López (2009), fueron reportados 219 tiraderos dentro de los cauces, incrementado su número considerablemente y convirtiéndose en un problema a considerar. La presencia de estos tiraderos provoca mal olor, generación de lixiviados, fauna nociva y contaminación visual, por lo que la gente los quema, causando contaminación al agua y suelo. El diagnóstico realizado en este estudio, concuerda con lo manifestado por González (2007) y Juárez López (2009), ambos, señalan la falta de servicios públicos, de infraestructura y de educación ambiental por parte de los habitantes para realizar la separación y disposición correcta de los RSU, además de ser una de las principales fuentes de contaminación en la ciudad de Acapulco.

A pesar de que los artículos del capítulo noveno en el Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente municipal se refieren a la prevención y control de la contaminación del suelo y control de residuos sólidos no peligrosos, y de que existe la Ley Número 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero, cuya observancia es obligatoria; el Municipio no realiza una gestión adecuada de los RSU y RME.

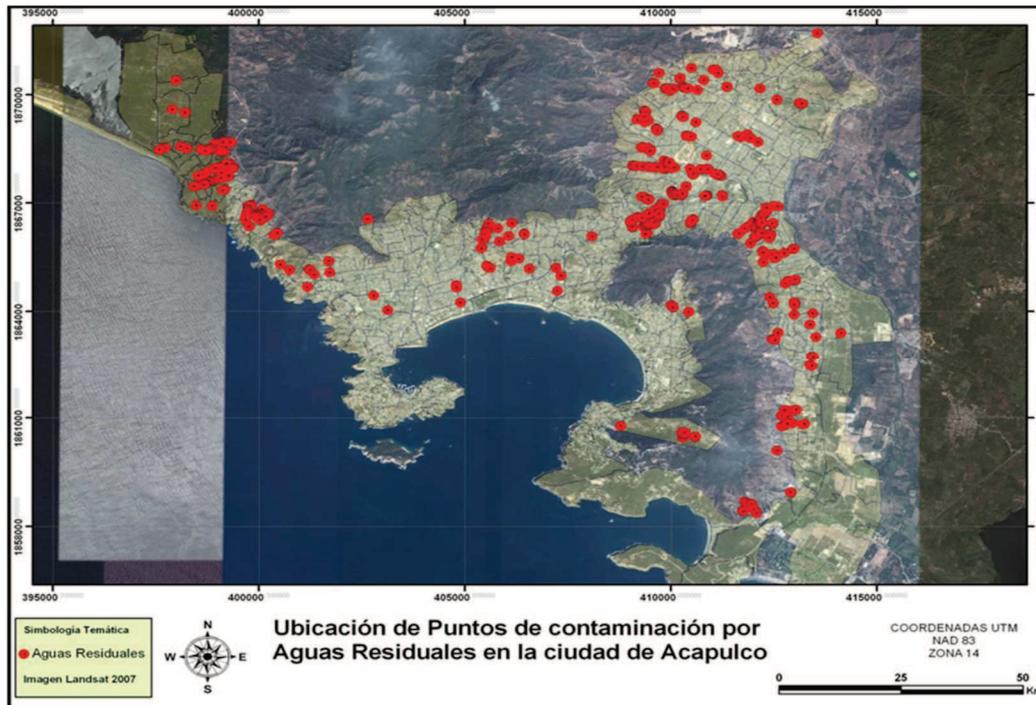


Figura 4. Mapa que señala los 799 puntos donde se observaron descargas de aguas residuales.

Tabla 2. Carga total de efluentes domésticos dispuesta en los 78 cauces

Población total al 10 ³ de los 78 cauces de la Ciudad de Acapulco	Volumen de desecho 10 ³ m ³ /año*	DBO ₅ t/año	DQO t/año	SS t/año	N t/año	P t/año	
Con servicio de alcantarillado	42.863	3,128.99	844.401	1,886	857.24	141.447	17.1452
Con servicio individual	131.177	957.592	905.121	2,098.8	2,098.83	432.884	52.4708
Totales Anuales	174.04	4,086.58	1,749.5	3,984.8	2,956.07	574.331	69.616

DBO₅ = demanda bioquímica de oxígeno; DQO = demanda química de oxígeno; SS = sólidos suspendidos; N = nitrógeno; P = fósforo; *en miles de metros cúbicos anuales (10³m³/año)

De una población aproximada de 174,040, que vive cerca de los cauces, se estima que se generan 30,616 Ton/año de RSU, que se arrojan y queman dentro de ellos.

Algunos autores han señalado que el método ERFCA genera una confiabilidad en los datos determinados (Cabrera et al. 2003, 2004; Gordillo et al. 2010), lo que permite afirmar que las descargas a los cauces están contaminando los cuerpos de agua del Municipio, ya que los valores de SS, N, DBO₅ y P, están por arriba de lo que señala la NOM-001 (SEMARNAT, 1997).

Las actividades antropogénicas y la falta de servicios del Municipio, están ocasionando problemas de contaminación como lo han señalado varios autores (Leal et al, 2000; Pineda, 2007; González, 2007 y Juárez López, 2009).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Cuerpo Académico UAGro-CA-29 "Ambiente y Desarrollo Regional" y al Sistema PROMEP-SEP que apoyó económicamente este proyecto de la Red Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable.

Referencias

Cabrera R., Gordillo A. y Cerón A. (2003). Inventario de contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del estado de Hidalgo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19, 171-181.

Cabrera R., Gordillo A. y Cerón A. (2004). Inventario

de residuos peligrosos industriales en 17 municipios del estado de Hidalgo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20, 13-22.

González, G. J. (2007). *Propuesta de un plan de desarrollo ambiental para el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero*. Tesis de doctorado, Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero, 190 pág.

Gordillo-Martínez A. J., Cabrera-Cruz, R.B.E., Hernández-Mariano, M., Galindo, E., Otazo, E. y Prieto, F. (2010). Evaluación regional del impacto antropogénico sobre aire, agua y suelo. Caso: Huasteca Hidalguense, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3), 229-251.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2001). *Conjunto de datos vectoriales y toponímicos*. México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2008). *Anuario Estadístico del Estado de Guerrero*. México: INEGI.

Juárez López, A. L. (2009). *Manejo de residuos sólidos urbanos para los cauces fluviales de la zona urbana y suburbana de Acapulco, Guerrero*. Tesis de doctorado, Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, 186 pág.

Leal, A. M. T., García, R. J., Gelover, S. S. L. (2000). *Calidad del agua en la Bahía de Acapulco*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Pineda, M. D. (2007). *Determinación de contaminantes bacteriológicos en las aguas de seis cauces fluviales en las playas de Icacos, la Diana, Papagayo, Hornos y Caletilla, que desembocan en*

- la Bahía de Santa Lucía, en Acapulco, Guerrero, México.* Tesis de licenciatura, Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero.
- Ramírez, J. (1986). *Turismo y medio ambiente. El caso de Acapulco, México.* México: Editorial Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Restrepo, I. (2000). *Diagnóstico sobre la situación ecológica de Acapulco.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ecodesarrollo.
- Toscana, A. (2003). Impacto del huracán Paulina en la política local de Acapulco. *Política y cultura, México*, 19, 65-79.
- Schimmel C. y Griffen D. (1976). *Treatment and disposal of complex industrial wastes.* Washington, D.C.: USEPA (EPA-600/2-76-123).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-001 SEMARNAT-1996. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de enero de 1997. México: SEMARNAT.
- Sitting M. (1975). *Environmental sources and emission handbook.* Park Ridge, NJ USA: Noyes Data Corporation..
- United States Environmental Protection Agency (1973). *Guide for Compiling a Comprehensive Emission Inventory.* Washington, D.C.: USEPA
- United States Environmental Protection Agency (1977). *State decision-makers guide for hazardous waste management.* (SW612). Washington, D.C.: USEPA
- Weitzenfeld H. (Ed.) (1989). *Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo).* (WHO trad.). Metepec, Edo. de México: ECOSEDUE. (Obra original publicada en 1982).
- World Health Organization (1971). *Solid waste disposal and control. Technical report series* No. 484.
- World Health Organization (1977). *Toxic and hazardous waste.* Regional Office Europe (Rept. ICP/CEP 402). Copenhagen.
- World Health Organization (1982). *Rapid assessment of sources of air, water and land pollution.* Geneva.
- World Health Organization (1983). *Compendium of*