



Air Quality and its Effects on Child Health of a Metropolitan City in Jalisco, Mexico

Graciela González Torres¹, Javier García Velasco^{4*}, Felipe Lozano Kasten², Josefina Casas Solis¹, Alejandro Aarón Peregrina Lucano³, Martha Georgina Orozco Medina⁴

¹ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara Jalisco México

² Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara Jalisco México

³ Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara Jalisco México

⁴ Instituto de Ciencias Ambientales y Comunidades Humanas, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara Jalisco México

Autor Corresponsal: Instituto de Ciencias Ambientales y Comunidades Humanas Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, Camino Ramón Padilla Sánchez #2100 Nextipac, Teléfono: Directo 3777-1180, Zapopan, Jalisco Código Postal 45200 México. E-mail garciavelasco@gmail.com

ABSTRACT

Air pollution is a risk factor for environmental health, the metropolitan area of Guadalajara (zmg), in western Mexico, does not escape this context. The purpose of the study is to provide information on air quality and its possible effect on a town located in industrial area, on the Santiago River, which faces an environmental contingency contamination of soil, air and water affecting ecosystems and populations neighboring, mainly by the discharge of domestic sewage, agricultural and industrial discharged into the river. The results of a descriptive and exploratory research that began in October 2015 to investigate the effects that aerosols in the atmosphere, causing health of 70 children aged 10 and 11 years in a primary school in the municipality of present El Salto, Jalisco. This study is the analysis of outside air and respiratory health in said child population. The outdoor air samples will: a) identify the pathogenic bacteriology for diseases of the respiratory system; b) characterize the size of particles smaller than 10 microns (pm10) in the air. The above data are correlated with climatic factors to establish the influence of air pollution in the area of interest. While in children it is performed individually sensitive diagnostic test for characterizing lung function.

KeyWords: air pollution, child population, particulate matter, PM10, pathogenic.

CALIDAD DEL AIRE Y SU EFECTO EN LA SALUD INFANTIL DE UNA CIUDAD METROPOLITANA EN JALISCO MEXICO

Resumen

La contaminación del aire es un factor de riesgo para la salud ambiental, la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), en el occidente de México, no escapa a este contexto. La finalidad del trabajo es aportar información sobre la calidad del aire y su posible efecto en una población situada en área industrial, sobre el Río Santiago, la cuál enfrenta una contingencia ambiental por la contaminación de suelo, aire y agua que afecta los ecosistemas y poblaciones aledañas, principalmente por las descargas de aguas residuales domésticas, agropecuarias e industriales que se vierten al río. Se presentarán los resultados de una investigación descriptiva y exploratoria que inició en octubre de 2015 para indagar en las afectaciones que los aerosoles presentes en la atmosfera, provocan en la salud de 70 niños de 10 y 11 años en una escuela primaria ubicada en el Municipio de El Salto, Jalisco. Este estudio consiste en la realización de análisis de aire exterior y de salud respiratoria en la mencionada población infantil. Las muestras de aire exterior servirán para: a) identificar la bacteriología patógena para enfermedades del sistema respiratorio; b) identificar el tamaño de partículas menores a 10 micras (PM10), presentes en el aire. Los datos anteriores se correlacionan con factores climáticos, para establecer la influencia de la contaminación del aire en la zona de interés. Mientras que en la población infantil, se realiza de manera individualizada una prueba sensible diagnóstica para caracterizar la función pulmonar.

Palabras clave: bacterias patógenas, calidad del aire, material particulado, PM10, población infantil

www.acodal.org.co



Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACODAL

PBX: +571 7020 900 Fax: +571 346 4428

Diagonal 60 # 22 – 20 Bogotá - Colombia

comitecongreso@acodal.org.co



Introducción

Municipio de El Salto

Forma parte del estado de Jalisco en el occidente de México, municipio ubicado al sur oriente de la Zona Metropolitana de Guadalajara, asentado en las márgenes del río Santiago, en los últimos cuarenta años, se ha expandido de manera acelerada, incentivado por la industria y las demandas que esta requiere. Cuenta con una población de 138,226 habitantes, con una extensión territorial de 41 kilómetros² (INEGI, 2010). Zona decretada de vocación industrial en los años sesenta. Para el 2010, existían 607 industrias, (SEIJAL 2013). En la zona de estudio se encuentra instalado uno de los corredores industriales más importantes del país, con diversos giros industriales, automotriz, alimenticio, electrónico, metal mecánico, farmacéutico, textil, metalúrgico, y de química básica. En particular El Salto, ha padecido un cambio radical en su conformación, las personas están expuestas cotidianamente a los contaminantes. Se generó un desarrollo, centrando su promoción en los beneficios económicos, y la población se ve “sometida a contaminación, congestionamientos y desastres ambientales, como resultado de inversiones inmobiliarias e industrialización crecientes, en ausencia de un proceso de planeación de sus impactos sociales y ambientales, y de inversiones adicionales que corrijan los efectos adversos, indeseados del crecimiento” (PNUMA, 2001).

El Río Santiago

El río Santiago es uno de los afluentes más importantes del occidente de México, forma parte de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago. Nace a la altura del lago de Chapala, en Jalisco, alimentado principalmente del río Zula, recorre 475 kilómetros hasta desembocar en el Océano Pacífico por el estado de Nayarit. En el tramo que atraviesa las poblaciones de El Salto y Juanacatlan, cae en forma de cascada. En su flujo a través de Jalisco atraviesa una gran cantidad de municipios, en donde existen al menos diez parques y zonas industriales. La Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente de Jalisco confirmó, que ninguna de las 1,266 granjas porcícolas que tiene registradas cumple a cabalidad con las normas ambientales y denunció que el 85% de esas granjas vierte el excremento y orina de los animales en el Río Santiago (Público 2009) Los procesos de urbanización industrial y habitacional, han traído consigo los efectos nocivos de su desarrollo en estos espacios. El Instituto Mexicano de Tecnología del agua, en el 2011 en el estudio denominado *Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago*, refiere que la contaminación microbiológica se presenta a lo largo de todo el río y, en la mayoría de las zonas, niveles muy altos de estos indicadores. El río recibe, 4.22 ton/día de DQO, 1.87 ton/día de DBO5 y 4.44 ton/día de SST, presencia y concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos, existe evidencias de que las aguas y lodos del río contienen sustancias en niveles superiores a los límites permitidos por los índices de calidad de agua, además de plomo, mercurio, cromo, cobalto, arsénico, coliformes fecales, así como algunos tipos de sustancias cancerígenas como el benceno, furano, entre otros. En general, en el estudio se considera que los riesgos que deben ser abordados a corto plazo, son aquellos considerados altos o medios, para evitar consecuencias adversas que ya se están gestando o revertir o disminuir las consecuencias que ya son evidentes (CEA, 2012). De acuerdo a McCulligh, *et. al.*, (2007) el 36.5% lo aporta la industria químico-farmacéutica; 15% industria de alimentos y bebidas; 13% industria textil. Durán y Torres (2006), señalan que la cantidad de materia orgánica que se descarga en él rebasa su capacidad de depuración, asimismo, los residuos industriales generan la salinización de los suelos y la degradación de los nutrientes necesarios para el uso agrícola. Se ha constatado que los efluentes no reciben el tratamiento óptimo, por lo cual es uno de los ríos con más impactos de la contaminación y el consecuente deterioro en el bienestar de los habitantes de El Salto. (Martínez y Hernández, 2009) Es importante mencionar que al caer el agua por la pendiente de la cascada, se produce ácido sulfhídrico en forma de gas y éste es respirado cotidianamente por los pobladores, las investigaciones apuntan que inhalar el ácido provoca diversas afecciones en las vías respiratorias, en el aparato digestivo y en el sistema nervioso central y que puede generar ansiedad, depresión y estrés crónicos (McCulligh, Páez y Moya, 2007), así mismo los aerosoles generados en esta sección de la cascada del río arrastran una carga microbiológica importante que incide en problemas respiratorios agudos como los expuestos en este trabajo. Además el río recibe 24 lts/seg de lixiviados provenientes del Vertedero Los Laureles, que recibe alrededor de 4,000 toneladas de basura diariamente, dicha población se sitúa a menos de 1 km. de distancia, no se tiene información de la contaminación del aire que produce el sitio, como tampoco se conoce tipo de bacterias y partículas del aire, de los polvos y olores de la basura durante su putrefacción. Además, el vertedero de basura no cuenta con cumplimiento total de la Norma oficial mexicana NOM- 083-SEMARNAT-2003.

Las enfermedades presentes en la zona de estudio se clasifican en CIE, J02 Faringitis aguda, J15 Neumonía, J20 bronquitis aguda, J21 Bronquiolitis aguda, en niños de 0 a 10 años (DGIS, 2015). Actualmente la población refiere

www.acodal.org.co



Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACODAL

PBX: +571 7020 900 Fax: +571 346 4428

Diagonal 60 # 22 – 20 Bogotá - Colombia

comitecongreso@acodal.org.co



enfermedades gastrointestinales en primer lugar, seguida de enfermedades de las vías respiratorias, y enfermedades largas e incapacitantes en muchos casos, así como muertes prematuras. No obstante, aunque los trabajos mencionados sugieren que los pobladores están expuestos a enfermar, hasta la fecha, no se han realizado investigaciones longitudinales que confirmen que la contaminación del río es la causa determinante de los padecimientos, que por lo general tienen un origen multifactorial. El presente trabajo puede abonar en el diagnóstico de la calidad del aire, ya que en la zona de estudio se requiere elaborar e implementar un estudio longitudinal y un programa de monitoreo para generar insumos y evaluar los efectos adversos a la salud y bienestar de los habitantes del municipio, derivado de la exposición a contaminantes atmosféricos.

Objetivos

1) Identificar presencia (diversidad y tipo) de bacterias patógenas en el aire ambiental de la cabecera municipal de El Salto, Jalisco, del género *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella* y *Pseudomona*. 2) Identificar tamaños de material particulado menores a 10 micras en aire exterior. 3) Clasificar la función respiratoria, mediante una prueba diagnóstica sensible de manera individualizada, en la población infantil, denominada Espirometría

Material y Métodos

Se trata de un estudio descriptivo y exploratorio, conformado por análisis de variables ambientales y de salud humana en la cabecera municipal de El Salto, Jalisco. Para ello utilizamos mapas para la geo referencia de 25 puntos de muestreo en la zona de estudio. En la selección de los puntos de muestreo, aparte de la distancia de 500 mts aproximadamente entre ellos, se tuvo en cuenta otras variables como, dos zonas de contaminación que emiten aerosoles, que corresponde al vertedero Los Laureles al norte y el río Santiago al sur de la población, ver figura 1.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio y puntos de muestreo de El Salto, Jalisco. Fuente: Elaboración propia, 2015.

En cuanto a los objetivos de carácter ambiental para la identificación de bacterias patógenas en el aire ambiental se prepararon cuatro medios de cultivo selectivos para los 25 puntos de Agar Trypticaseína, (TSA), para bacterias Mesófilos aerobios, Agar Salado Manitol (MAS) para *Staphylococcus* y *Streptococcus*, Mac Conkey (MAC) *Pseudomona* y *Klebsiella*. Se utilizó el analizador de aire Millipore TM®. Se transportó el conjunto de muestras y se incubaron a 37° C por 48 horas, se procedió a cuantificar las Unidades Formadoras de Colonias, (UFC/cm²) utilizando el Contador de colonias Quebec El crecimiento de UFC, tuvo un rango de 1 hasta 1,405 utilizando el modelo de conteo, con constante calculada de acuerdo con el tamaño de la placa 7 cm de diámetro. Se realizó la observación y análisis de morfología colonial, se procedió al aislamiento, en caldo de Agar Trypticaseína, de cada una de las formaciones coloniales en los medios de cultivo selectivos, con resultante de 281 inoculaciones. Se sembraron, para ello se utilizaron medios de cultivos selectivos y diferenciales: Eosina azul de metileno (EMB),



Agar Salado Manitol (MAS), Mac Conkey (MAC), Staphylococcus (STAPH) y Pseudomona (PSE), se incuban a 37° C por 48 horas, se revisa la presencia del crecimiento de cada uno de los resembrados. Con un total de pruebas para el medio primario de TSA de 942 pruebas, para el medio de MAS fueron 498 y para el medio de MAC 216, en total 1,656. Se realizó la prueba tinción de Gram, posteriormente se realizaron las pruebas bioquímicas respectivas de cada grupo resultante, para identificar las especies. En relación segundo objetivo, la identificación se realizó en base a la medición de material particulado menor a 10 micras del número de partículas, utilizando el Video contador de partículas con cámara incorporada Modelo VPC300 de la marca EXTECH Instruments, la cual permite medir de manera simultánea 6 tamaños de partícula: 0.3, μm 0.5 μm , 1.0 μm , 2.5 μm , 5.0 μm , 10 μm . Esta medición es puntual, directa en la zona de estudio. Las unidades de medida del número de partículas por pie cúbico (ft^3), aún no tienen normativa nacional e internacional, a diferencia de lo que reporta el Sistema de Información, Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ) que radica en concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los datos hidrometeorológicos de acompañamiento como fueron, Temperatura, Humedad relativa, Presión atmosférica, Dirección y velocidad de vientos, se midieron por medio de una estación meteorológica portátil (Kestrel 4000).

En cuanto a la variable de salud humana, el objetivo fue clasificar la función respiratoria, se aplicó la prueba diagnóstica sensible de manera individualizada, por personal médico del Área de Fisiología pulmonar del Antiguo Hospital Civil de Guadalajara, a 71 niños, alumnos de la escuela primaria ubicada a 300 metros del cauce del río Santiago en la cabecera municipal. Dicha prueba consta de una serie de pruebas respiratorias sencillas, bajo circunstancias controladas, que miden la magnitud absoluta de las capacidades pulmonares y los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados (flujos aéreos). Los resultados se representan en forma numérica fundamentados en cálculos sencillos y en forma de impresión gráfica.

Resultados

En las pruebas de morfología tintorial de Gram, que se aplicaron a los cultivos obtenidos en los 25 puntos de muestreo, puede observarse en la figura 3, la presencia de bacterias en mayor número las que corresponden a cocos positivos presentes en todos los puntos. Los porcentajes de colonias de cocos positivos corresponde a 31.8% del total, mientras que los cocos negativos al 9.2%, los bacilos positivos al 21.2% y bacilos negativos al 37.8%, mostrado en la figura 4. Se encontró presencia de bacterias patógenas para el sistema respiratorio por especie en el siguiente orden: Entre los cocos positivos están Streptococcus pneumoniae 1.4%; Staphylococcus aureus 6.54% y otros 92.06%.

Entre los bacilos negativos se encuentran Klebsiella pneumoniae en 5.8%; de Pseudomona aeruginosa 52.6% y otros 41.6%. Los porcentajes de presencia de bacterias por especie por puntos de muestreo, corresponden a 12% a Streptococcus pneumoniae, 28% a Staphylococcus aureus, 40% a Klebsiella pneumoniae, y 100% a Pseudomona aeruginosa.

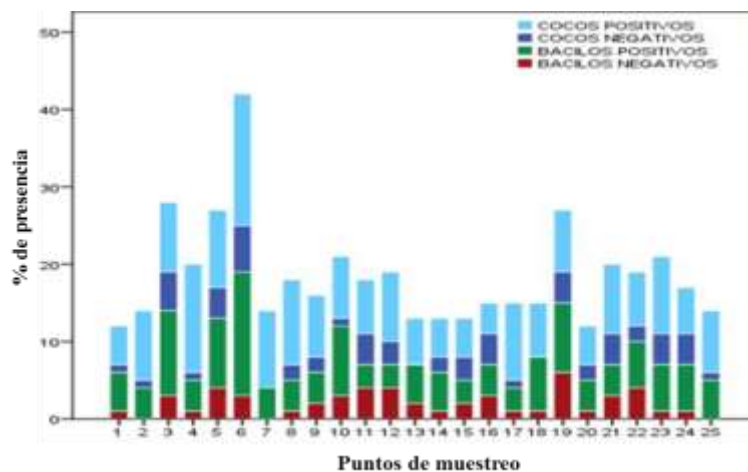


Figura 3. Resultados de prueba de morfología tintorial de Gram en los 25 puntos de muestreo

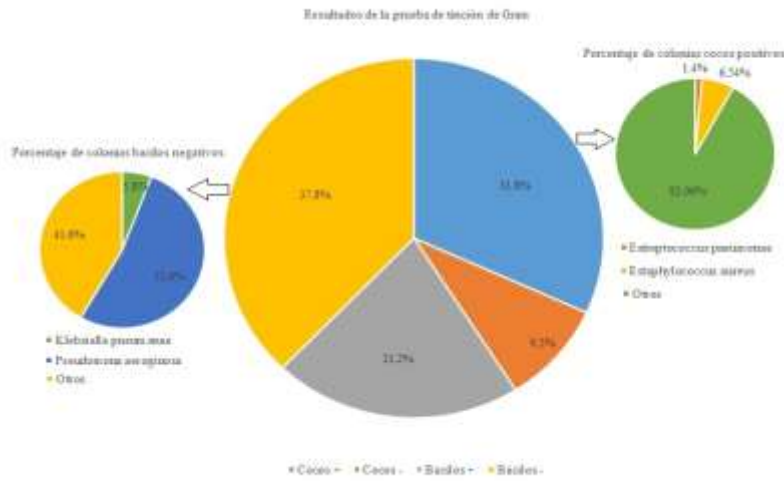


Figura 4. Porcentajes de bacterias patógenas para el sistema respiratorio presentes en el aire en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos de la medición de los tamaños de partículas menores a 10 µm muestran una fuerte presencia de 0.3 µm y 0.5 µm en todos los puntos de muestreo.

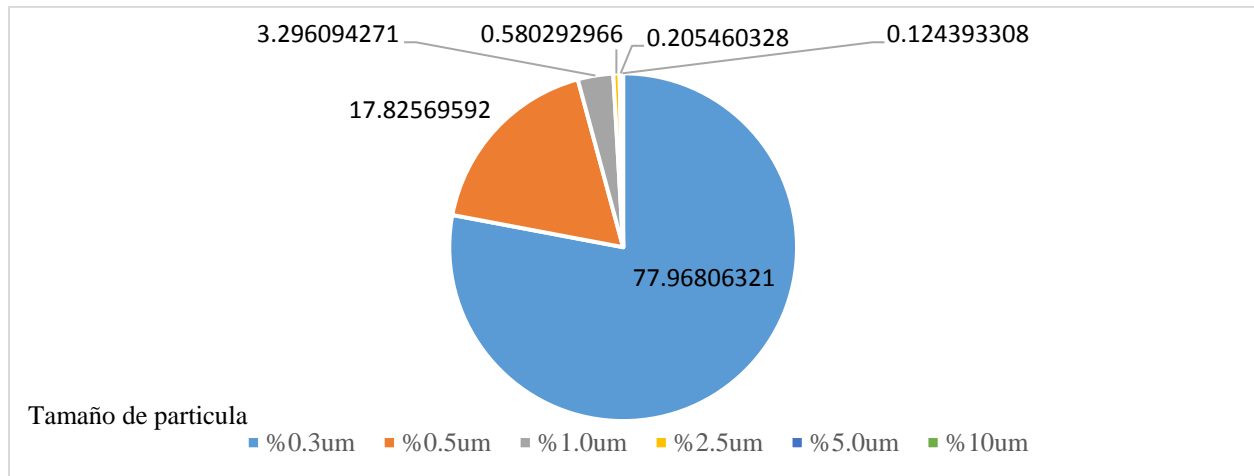


Figura 6. Porcentajes de material particulado en tamaño y número de partículas

Se aplicó la prueba de espirometría a setenta y un niños, de los cuales catorce resultaron con enfermedad restrictiva, se encontró que los domicilios de casa habitación, 12 de ellos pertenecen a la zona centro de la población ubicada entre 300 a 500 metros del río Santiago.

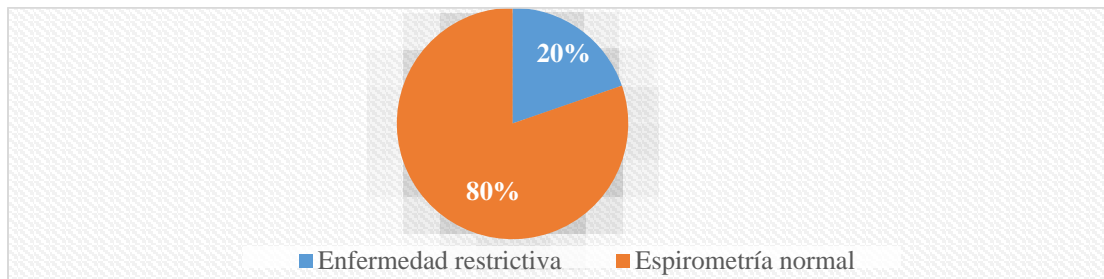


Figura 7. Porcentajes de casos con enfermedad restrictiva en niños estudiados.

Discusión y Conclusiones

Los resultados representan un avance de la investigación, hasta el momento los datos obtenidos de las variables ambientales refieren una importante contaminación atmosférica, se siguen evaluando otras variables del aire exterior como la caracterización del polvo atmosférico y de salud humana, la aplicación de un instrumento denominado, Historia clínica ambiental en la población infantil. Una evaluación del riesgo será presentada posteriormente, buscando inferencias de causa-efecto entre medio ambiente y salud. El resultado del análisis bacteriológico se identificaron las cuatro especies de bacterias patógenas para sistema respiratorio en los 25 puntos de muestreo, en el punto 1 que corresponde a la cascada de El Salto en el Río Santiago, se encontraron mayor número de colonias de bacterias, así mismo, ocurrió con el número de partículas menores a 10 μm , lo que permite considerar que la cascada, es una importante fuente de emisión de contaminantes. El que 20% de la muestra de población infantil, presentó enfermedad restrictiva de acuerdo con la clasificación de la función pulmonar y éstos presentan su domicilio cercano al río, lo que alienta la búsqueda de los factores desencadenantes de dicho diagnóstico, que de acuerdo con la bibliografía relacionada con la salud respiratoria, se conoce que las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos, la respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones. Se hace indispensable realizar estudios longitudinales y monitoreo de la calidad del aire y de la respuesta del estado de salud respiratoria de la población infantil y en general en las diferentes localidades del municipio.

Referencias bibliográficas

- CEA, Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2011) Análisis de riego sanitario-ambiental. *Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la presa Santa Rosa)*. Ed. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Duran, J.M. y Torres A. (2006) ¿Agua para Guadalajara?. En Barkin D, (coordinador). *La gestión del agua urbana en México. Retos, debates y bienestar*. México: Universidad de Guadalajara.
- Estrada Cortés, J. (2009) Atrapados entre sangre de puero y el tóxico Santiago, *Periódico Público*. Acceso el 21 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.tonaladehoy.com/561/i-10.php>
- Martínez, P. y Hernández, E. (2009) Impactos de la contaminación del Río Santiago en el bienestar de los habitantes de El Salto, Jalisco Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología ISSN 1315-0006 / Depósito legal pp 199202ZU44 Vol. 18 No. 4 (octubre-diciembre, 2009): 709 - 729
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010) Censo de Población y Vivienda. Acceso el 21 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cpv/cpv2010/Default.aspx>
- McCulligh, C.; Páez, J.C. y Moya, G. (2007) Mártires del Río Santiago, Informe sobre violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano en Juanacatlan y El Salto, Jalisco, México. México: Ed. Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A.C.
- SEIJAL, Sistema Estatal de Información Jalisco (2013) El Salto. Acceso el 21 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/el-salto>
- SEMARNAT, Secretaría de Medios Ambiente y Recursos Naturales (2003) NOM-083-SEMARNAT-2003, *Diario Oficial de la Federación*. Acceso el 21 de marzo de 2016, disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5402726&fecha=04/08/2015
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2001) XIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Acceso el 21 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.pnuma.org/forodeministros/13-brasil/>