

Degradación ambiental e inundaciones en La Lagunilla, Xalapa, Veracruz, México

Environmental degradation and floods in La Lagunilla, Xalapa, Veracruz, México

Rosa María Lozada-Grajales^a–Socorro Menchaca-Dávila^b

^a Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Contacto: rosa.lozada06@gmail.com

^b Responsable del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Contacto: socorro.menchaca@gmail.com

Recibido: 10 de agosto de 2020

Aceptado: 08 de octubre de 2020

RESUMEN: En este artículo se presentan los resultados de un estudio en el cual se identificaron los factores que contribuyen al proceso de degradación ambiental y las inundaciones que afectan la zona contigua al cuerpo de agua natural *La Lagunilla* localizado al norte de la ciudad de Xalapa, Veracruz; esto de acuerdo con los valores de precipitación y el volumen de escurrimientos de la zona de estudio; los aspectos relacionados con el deterioro de la laguna en cuanto a las descargas de aguas residuales domésticas y el vertido de residuos sólidos urbanos; así como la opinión de los habitantes sobre la degradación ambiental, inundaciones y daños materiales.

Palabras clave: Laguna; degradación; inundaciones; riesgo; vulnerabilidad.

ABSTRACT: This article presents the results of a study in which the causes that contributes to environmental degradation process and floods that affect the houses contiguous to the natural water body *La Lagunilla*, located to the north side of Xalapa city, Veracruz were identified in accordance with the study zone values of rainfall and runoff; the aspects related to the deterioration of the lake in terms of domestic wastewater and solid urban waste

discharges; as well as the inhabitants opinion about the environmental degradation, floods and material damages.

Keywords: lake; degradation; flood; risk; vulnerability.

Introducción

El proceso de urbanización se caracteriza por sustituir los ecosistemas naturales por sistemas artificiales, inestables e insustentables como son las ciudades (Elgueta, 2006). La acelerada expansión de zonas urbanas carentes de planificación ha llevado a una reclasificación de los espacios naturales y rurales (CEPAL, 2000) en donde, el cambio de uso de suelo, el crecimiento poblacional, la racionalidad económica, entre otros aspectos, contribuyen significativamente a la degradación ambiental de los ecosistemas. Se contextualiza aquí, con especial atención, la degradación ambiental de los cuerpos de agua naturales, misma que impacta y afecta tanto a los seres humanos como a las funciones de los ecosistemas.

Las lagunas urbanas, se pueden identificar como parte de las ciudades, ya sean naturales o creadas artificialmente. Estos cuerpos de agua no sólo tienen un fin estético o de recreación, también son utilizados como reservorios de agua que ayudan a la captación de la lluvia y sus escurrimientos, con lo que evitan inundaciones y recargan los mantos acuíferos (Naselli, 2008), entre otros servicios ambientales. Sin embargo, al formar parte de un sistema complejo urbanizado, éste ejerce una fuerte influencia sobre los factores físicos, químicos y biológicos en los cuerpos de agua naturales, degradándolos significativamente. Para Lavell (1996) la degradación ambiental, se define como cualquier cambio o alteración en las funciones naturales de un ecosistema que se percibe como perjudicial en el entorno sobre el cual tiene influencia; y como consecuencia afecta sensiblemente a la sociedad y la hace vulnerable.

Un aspecto asociado a la degradación ambiental es la creciente contaminación de los cuerpos de agua naturales, que tiene como causa las múltiples y constantes actividades antrópicas de todos los usuarios del agua (Menchaca y Uscanga, 2016); así como el cambio de uso de suelo y el crecimiento o expansión de las zonas urbanas, cuestión que se complejiza por la falta de políticas eficientes en el contexto del tratamiento de las aguas residuales domésticas, el manejo y la disposición inadecuada de los residuos sólidos, y el uso de estos cuerpos de agua como basureros clandestinos lo que aporta diversos componentes y patógenos que deterioran la calidad del agua (Alcocer, 2007).

Otro aspecto relacionado con los efectos de la antropización y, por ende, con la degradación de los cuerpos de agua naturales son las inundaciones, ya que sin una planeación urbana que impida los asentamientos urbanos en zonas inundables y/o próximos a cuerpos de agua como las lagunas, la construcción de drenajes diferenciados y colectores pluviales aptos para regular el volumen de escurrimientos que llegan al sitio, entre otros. A lo anterior, se agrega la alteración del ciclo natural del agua ante la presencia de superficies pavimentadas y edificaciones que producen un aumento del escurrimiento superficial y que impiden la infiltración del agua hacia el subsuelo (Jáuregui et al., 2016; Castrillón, 2014), factores que incrementan los efectos que hacen vulnerable a la población y no disminuyen la amenaza por los fenómenos naturales.

En el contexto anterior, el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas) estudió la degradación ambiental del cuerpo de agua urbano *La Lagunilla* ubicado al norte de la ciudad de Xalapa, Veracruz en relación con aspectos naturales y factores antrópicos; así como la opinión de los habitantes aledaños al cuerpo de agua respecto a dicha degradación, misma que está asociada con las inundaciones y los daños materiales, lo que centra el propósito del presente artículo.

I. Antecedentes y problemática

Durante las primeras décadas del siglo XX, la ciudad de Xalapa capital del estado de Veracruz, se caracterizó por su lento crecimiento urbano. Hasta 1950, tenía una población aproximada de 50 mil habitantes y la mancha urbana ocupaba un área de 6.03 km²; fue durante la década del 2010 que ésta rebasó el medio millón de habitantes y alcanzó una extensión aproximada de 47.9 km² (Villanueva, 2015).

En este proceso de urbanización, las tierras destinadas al cultivo y a las actividades agropecuarias, localizadas al norte del cerro de Macuiltépetl, identificada como la zona de estudio, fueron destinadas para la construcción de viviendas, comercios y otros bienes y servicios. Lo anterior, se desarrolló de una forma desordenada, es decir, no hubo planeación urbana, por lo que se afectaron significativamente los recursos naturales y hubo un deterioro del medio ambiente a nivel local y regional (Galicia et al., 2007; Lang et al., 2007).

Durante el periodo de mayor crecimiento poblacional y de expansión urbana en esta zona norte de la ciudad (1960-1980), el ejido Rafael Lucio fue expropiado por el gobierno con el fin de crear nuevos espacios como fue la estación de ferrocarril y el Panteón Xalapeño, entre otros. Asimismo, se establecieron las colonias Rafael Lucio, Rubén Pabello Acosta, Tabasco, Ferrocarrilera y La Lagunilla. Cabe señalar que, en ésta última, se asentaron de manera

irregulares pobladores provenientes de zonas rurales de los municipios cercanos a la capital, ocupando el espacio contiguo donde se ubica el cuerpo de agua natural *La Lagunilla*.

Las afectaciones por el cambio de uso de suelo dieron como resultado, según el testimonio de los habitantes, inundaciones que se volvieron comunes a partir de la década de 1970. Durante estos eventos la población ha sido afectada con relación a la pérdida de sus bienes materiales, sus viviendas, entre otros. En la época de lluvias, actualmente, aumenta el nivel de alerta en los habitantes debido al incremento de las inundaciones por lluvias intensas, las cuales ocasionan el rápido aumento del nivel de agua como consecuencia de los escurrimientos que provienen de los cerros ubicados en la zona.

En adición a lo anterior, el rápido crecimiento urbano en esta zona generó deficiencias en la construcción de servicios básicos como fue el drenaje en la colonia “La Lagunilla”, por lo que la población optó por descargar sus aguas residuales domésticas en el cuerpo de agua; además, se inició un severo proceso de afectación, debido al vertido de residuos sólidos urbanos y de los desechos de construcción en la laguna, que a la fecha continua sin que se apliquen sanciones. Esto genera una degradación ambiental significativa que tiene como consecuencia eventos de inundación que hacen vulnerable a la población.

La problemática que se aborda a partir del contexto anterior, es determinar cuáles son los valores de precipitación y escurrimiento; así como los factores relacionados con la degradación ambiental en cuanto a las descargas de aguas residuales domésticas que contaminan la laguna, y el vertido de residuos sólidos urbanos que generan su azolvamiento, factores antrópicos relacionados con la degradación ambiental; así como, conocer la opinión de los habitantes relacionada con aspectos relativos a la afectación del cuerpo de agua, lo que contribuye a las inundaciones y daños materiales en la zona contigua a *La Lagunilla* ubicada al norte de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

II. Metodología

1. Descripción de la zona de estudio.

El cuerpo de agua natural *La Lagunilla* se localiza al norte de la ciudad de Xalapa dentro de la subcuenca del río Sedeño a una altura de 1,410 msnm. Es un vaso regulador natural con una superficie aproximada de 6 mil m² que recibe los escurrimientos de los cerros cercanos como son el Macuiltépetl y el cerro de la Galaxia. De acuerdo con el Programa Parcial de Desarrollo

Urbano “La Lagunilla”, este cuerpo de agua natural es considerado un área verde de competencia municipal (Secretaría de Desarrollo Regional, 2004).

La colonia “La Lagunilla” limita con las colonias Rafael Lucio y Revolución de la ciudad de Xalapa. Ésta se consolidó oficialmente en la década de los ochenta, anteriormente formaba parte del ejido llamado Rafael Lucio. Sin embargo, debido al crecimiento urbano de Xalapa, las zonas rurales de la periferia norte, como es el caso de “La Lagunilla”, fueron transformadas en espacios para la construcción de casas, edificios, comercios, avenidas, calles, entre otros.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 por INEGI, “La Lagunilla” es habitada por un total de 4,482 personas de las cuales 2,184 son mujeres y 2,298 son hombres. En cuanto a la población, ésta se compone por cuatro rangos de edad: 3 a 11 años (600); 12 a 17 años (414); 18 a 49 años (3,079) y mayores de 60 años (389). La colonia abarca una superficie aproximada de 296 mil m², está conformada por 28 manzanas urbanas y un total de 1,268 viviendas, de las que 1,118 son habitadas y en promedio en cada una residen aproximadamente 3 personas.

2. Determinación de las características físicas de *La Lagunilla*, precipitación promedio anual y volumen de escurrimientos pluviales.

Con el propósito de determinar las características físicas de la laguna se utilizó el programa Google Earth Pro, de donde se obtuvieron 16 imágenes satelitales de la zona de estudio correspondientes a los años 2018 y 2019. Del total de imágenes, se seleccionaron dos y se descartaron aquellas que estuvieran borrosas u opacas. Las imágenes seleccionadas se utilizaron para la medición de la longitud, ancho, perímetro y área del cuerpo de agua *La Lagunilla* con las herramientas denominadas polígono y regla de este programa.

La profundidad y el volumen de la laguna se obtuvieron a partir del estudio batimétrico realizado por la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (2018). En dicho estudio se obtuvo el relieve actual de la laguna representado por curvas de nivel, y a partir de estos datos se determinó la profundidad y el volumen aproximado del cuerpo de agua urbano.

La precipitación media anual se determinó de la siguiente manera: primero, se descargaron las bases de datos de precipitación del Servicio Meteorológico Nacional (2020) de la CONAGUA de siete estaciones climatológicas: Xalapa CFE, La Concepción, Ingenio La Concepción, Banderilla CONAGUA, Briones, DGE El Castillo y Xalapa

CONAGUA. Cabe señalar que, tres de éstas se encuentran dentro de la ciudad capital y las cuatro restantes se localizan en los municipios cercanos a Xalapa. Se calcularon los promedios mensuales por cada año registrado en cada una de las estaciones climatológicas y su promedio anual global. Por último, se utilizó el programa QGIS 3.8.3 mediante el cual se calcularon los valores de las isoyetas, es decir, la unión de puntos en sitios donde se registra la misma cantidad de lluvia, utilizando los promedios anuales de cada estación.

El volumen de escurrimiento en la colonia “La Lagunilla” se determinó a través del método estadístico de Gumbel (1954) y el método racional (INEGI, 2013). Con este método se obtuvo la precipitación máxima con duración de 60 min en un periodo de retorno de 25 años, tal como señala INEGI (2013) para centros urbanos; para el cálculo de la precipitación máxima se promediaron los valores anuales de lluvia máxima de los últimos 25 años, registrados por la estación climatológica Ingenio La Concepción. Tomando como base el Modelo de Elevación Digital a 30 m obtenido de INEGI, el coeficiente de escorrentía para zonas urbanizadas estimado de 5 a 10% por el programa SIATL de CONAGUA y la precipitación máxima con duración de 60 min, se calculó el volumen de escurrimiento en la zona de estudio aplicando el método racional utilizando la aplicación de GRASS incluida en el programa QGIS 3.8.3.

3. Identificación de descargas de aguas residuales domésticas y residuos sólidos urbanos.

La identificación de las descargas de aguas residuales domésticas en *La Lagunilla* se realizó en un recorrido a la laguna, para esto se utilizó un GPS modelo Garmin etrex 10 con el cual se tomaron las coordenadas geográficas de las tuberías de drenaje observadas en este cuerpo de agua. Con este procedimiento se registraron los sitios en los que se depositan los residuos sólidos urbanos y aquellos comercios que por su actividad pueden ser una fuente de generación de residuos en el contexto inmediato a la laguna.

La técnica de separación de dichos residuos se realizó con base en lo establecido por las normas: NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985. La clasificación se realizó de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Dicha clasificación está determinada conforme a las siguientes categorías: 1) Domésticos: residuos orgánicos, botellas y cubetas de plástico, aluminio, cartón, madera, unigel y vidrio; 2) Residuos

de manejo especial: residuos electrónicos, material de construcción, chatarra, botes de aerosol y llantas. El procedimiento se realizó en noviembre del 2018, utilizando los siguientes materiales y equipo de seguridad señalados por la NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985: palas, cubetas, bolsas de polietileno, báscula de piso con capacidad de 200 kg, guantes de carnaza, mascarilla protectora y botas de hule. Se recolectaron los residuos que se encontraron al margen y dentro de la laguna en las bolsas de polietileno. Los elementos recolectados se separaron conforme a la clasificación establecida (LGPGIR, 2015). Los residuos orgánicos, el aluminio, cartón, madera, chatarra, unicel, vidrio, residuos electrónicos y el material de construcción se pesaron con la báscula; las botellas y cubetas de plástico, los botes de aerosol y las llantas se contabilizaron.

4. Opinión de los habitantes respecto a la degradación ambiental, inundaciones y daños materiales.

La opinión de los habitantes se midió por un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. Éste fue aplicado durante el periodo de enero a marzo del 2019 en la zona que es afectada por las inundaciones, misma que abarca un espacio aproximado de 150 m tomando como punto central la laguna.

El muestreo utilizado fue el no probabilístico por conveniencia (Jóhannesdóttir y Gísladóttir, 2010; Muñoz y Arroyave, 2017); ya que se tuvo el interés de estudiar a las personas que habitan cerca de la laguna, esto es, las que viven en la zona riesgo por inundación, las que tienen experiencia en eventos pasados y las que han sufrido afectaciones. En total, se seleccionaron 29 personas de dicha zona tomando en cuenta el número de años que han residido en la colonia “La Lagunilla” de manera estratificada en un periodo que fluctúa entre 5 a 50 años. El procesamiento de las respuestas del cuestionario se realizó utilizando el programa IBM SPSS Statistics 25 para la elaboración de la base de datos y el desarrollo de la técnica estadística de percentiles.

III. Resultados

Se presentan las características de la laguna de acuerdo con el promedio anual de lluvias y el volumen de escurrimientos de la zona de estudio; así como la degradación ambiental en cuanto a aguas residuales domésticas y residuos sólidos urbanos; la opinión referente al proceso de degradación ambiental, inundaciones y daños materiales en la colonia “La Lagunilla”.

1. Características físicas de *La Lagunilla*, precipitación promedio anual y volumen de escurrimientos pluviales.

La Lagunilla se localiza en una colonia que lleva su mismo nombre, al norte de la ciudad de Xalapa y a un costado del Área Natural Protegida Cerro de la Galaxia. Es un cuerpo de agua natural de tipo intermitente, esto quiere decir que el espejo de agua se forma durante los meses de abril a noviembre. En cuanto a su morfología, la laguna posee una forma semi ovalada y sus características son las siguientes: ancho de 57.85 m; longitud de 141 m; perímetro de 383.72 m; superficie de 6,357.85 m²; su profundidad máxima es de aproximadamente 2 m; y el volumen aproximado es de 6,256 m³ (Figura 1).

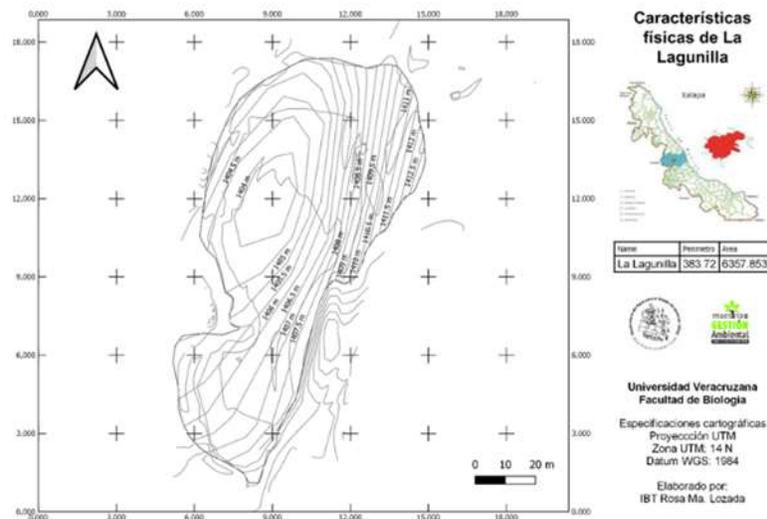


Figura 1. Características físicas de La Lagunilla. Fuente: Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC).

En relación con la precipitación, el promedio de lluvias en la zona de *La Lagunilla* es de 144 mm al año, la cual es mayor en comparación con otras zonas de la ciudad de Xalapa, donde se estima un promedio de 120 mm al año. En cuanto al volumen de escurrimiento, se estimó entre 800 a 1,100 L/s en el área de estudio, esto se debe a la topografía del lugar y el suelo urbanizado, ya que estos elementos favorecen los eventos de inundación que afectan a la población.

De acuerdo con lo anterior, Moguel *et al.* (2012) y Barrón (2012), establecen que Xalapa tiene un patrón medio de riesgo por inundaciones a causa de precipitaciones intensas, además, señalan que existen diversos elementos que actúan de manera simultánea sobre el fenómeno, estos son: la topografía y los asentamientos humanos, así como una mayor superficie de

suelos impermeabilizados que afecta el proceso de escurrimiento e infiltración del agua, factores que se presentan en la zona de estudio y que, además, tienen mayor impacto debido a la cantidad de lluvia, la topografía y el tipo de suelo, el cual se encuentra totalmente urbanizado.

El fenómeno de las inundaciones pluviales se ha incrementado a nivel mundial debido a la urbanización, proceso en el que se ha modificado considerablemente el paisaje, ya que la construcción de infraestructuras altera las funciones del suelo, principalmente por la disminución o eliminación de la cobertura vegetal. Lo anterior, ha traído como consecuencia cambios en la hidrología, como la disminución de la infiltración y el consecuente aumento del volumen y la velocidad de la escorrentía superficial, es decir, la llegada del mayor flujo de agua se alcanza en un tiempo mucho menor que se traduce en inundaciones más peligrosas (Rey y Zambrano, 2018), condiciones que se presentan en el contexto inmediato al cuerpo de agua *La Lagunilla*.

2. Degradación ambiental en el cuerpo de agua natural *La Lagunilla*

a. Aguas residuales domésticas

En la colonia “La Lagunilla” donde se localiza el cuerpo de agua de interés, el primer factor de degradación ambiental es el sistema de alcantarillado, ya que carece de drenes diferenciados, es decir, el agua de lluvia y las aguas residuales de las casas son vertidas en un mismo tubo en el que se mezclan. Además, con frecuencia, el volumen de las aguas residuales sobrepasa la capacidad de dicho sistema y las aguas servidas brotan en las calles contiguas a la laguna, lo que representa un riesgo de salud para los habitantes de la colonia.

En adición a lo anterior, las viviendas que se encuentran alrededor de la laguna no pueden conectarse al drenaje debido a que la calle donde pasa la red de drenaje tiene una altura mayor que donde están ubicadas las casas, por lo que se utilizan distintos métodos para tratar los desechos o se vierten directamente al cuerpo de agua urbano.

A continuación, se presenta el tipo de drenaje en las viviendas localizadas en el contexto inmediato al cuerpo de agua natural *La Lagunilla* (Figura 1).

El tipo de drenaje que se utiliza con mayor frecuencia es la fosa séptica con un 60.2%; le sigue los resumideros con un 29.9% y, por último, los pozos ciegos con un 9.9%. Cabe señalar que, este tipo de sistemas son una fuente de contaminación para *La Lagunilla* debido a la poca efectividad que tienen para tratar el nitrógeno, uno de los elementos causantes de la eutroficación de cuerpos de agua superficiales, lo cual es ocasionado por la falta de

mantenimiento a estos sistemas y debido a que se localizan en la zona afectada por inundaciones (Menchaca y Lozada, 2017).

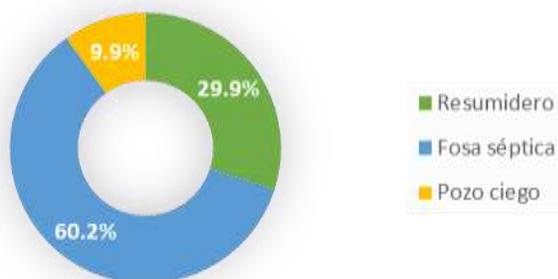


Figura 2. Tipo de drenaje en las viviendas contiguas al cuerpo de agua *La Lagunilla*. Fuente: Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC).

El tipo de drenaje que se utiliza con mayor frecuencia es la fosa séptica con un 60.2%; le sigue los resumideros con un 29.9% y, por último, los pozos ciegos con un 9.9%. Cabe señalar que, este tipo de sistemas son una fuente de contaminación para *La Lagunilla* debido a la poca efectividad que tienen para tratar el nitrógeno, uno de los elementos causantes de la eutroficación de cuerpos de agua superficiales, lo cual es ocasionado por la falta de mantenimiento a estos sistemas y debido a que se localizan en la zona afectada por inundaciones (Menchaca y Lozada, 2017).

Por otra parte, se identificaron seis tuberías que vierten directamente aguas residuales domésticas al cuerpo de agua de interés. Tres de estas tuberías ubicadas al extremo del sur de la laguna son utilizadas para vaciar aguas grises; y las tres restantes, situadas al norte del cuerpo de agua, descargan las aguas servidas de las viviendas ubicadas en el contexto inmediato a la laguna (Figura 3).

Además, cabe señalar que, los seis tubos que vierten las aguas residuales domésticas no tienen ningún tratamiento previo. Por lo que tienen un impacto y afectación negativo sobre el cuerpo de agua, ya que aportan un exceso de materia orgánica, microorganismos patógenos y sustancias derivadas de productos de limpieza que afectan el funcionamiento de este ecosistema y pueden provocar su eutroficación (EPA, 2017).

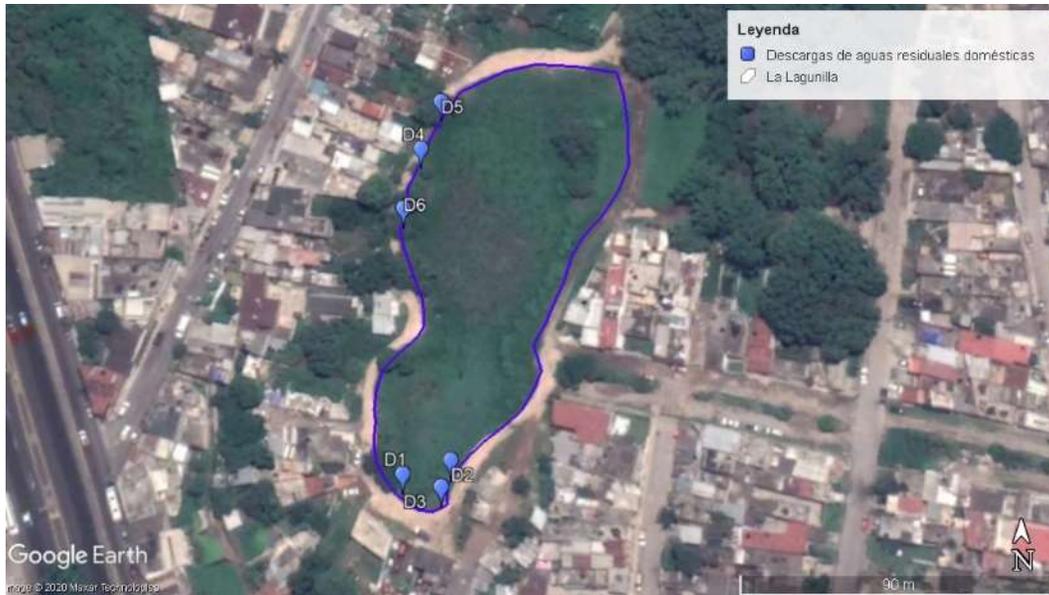


Figura 3. Localización de las tuberías que descargan aguas grises y servidas a la laguna.

b. Residuos sólidos urbanos.

Otro de los factores que contribuyen al proceso de degradación ambiental de *La Lagunilla* son los residuos sólidos urbanos, ya que este cuerpo de agua se ha transformado en un basurero en el cual se arrojan residuos sólidos urbanos de origen doméstico y de manejo especial como son desechos de construcción, chatarra, partes de electrónicos, entre otros.

Al respecto se señala que la colonia cuenta con el servicio de recolección de residuos tres veces a la semana. Sin embargo, se identificaron cinco sitios donde se depositan bolsas de basura de manera permanente; además se identificaron tres comercios ubicados en el contexto inmediato a la laguna, los que por el tipo de actividad son una fuente de generación de residuos sólidos, ya que se dedican a la separación de basura, tapicería, mecánica y a la reparación de electrodomésticos (Figura 4).

Los residuos sólidos urbanos que se identificaron en la laguna se muestran en la siguiente tabla (Tabla 1):



Figura 4. Localización de los sitios para depositar basura y comercios que generan residuos sólidos urbanos.

Tabla 1. Clasificación de los residuos encontrados en La Lagunilla.

Tipo de residuo	Descripción
Doméstico	Residuos orgánicos
	Botellas y cubetas de plástico
	Vidrio
	Aluminio
	Cartón
	Madera
	Unicel
Manejo especial	Residuos electrónicos
	Material de construcción
	Chatarra (elementos de metal)
	Botes de aerosoles
	Llantas

Cabe señalar que, en función de la composición, la cantidad de generación y la falta de manejo de los residuos sólidos urbanos estos tienen un efecto negativo en el ambiente y en la salud de la población, sobre todo cuando se utilizan compuestos tóxicos para su fabricación (SEMARNAT, 2016). Además, los residuos electrónicos, como son pilas, componentes de celulares y partes de electrodomésticos encontrados en este sitio degradan significativamente la laguna ya que impactan directamente sobre la calidad del agua.

En adición a lo anterior, los residuos sólidos urbanos que se encontraron impiden la infiltración natural del agua debido a la presencia de bolsas de basura, escombros,

electrónicos y partes de muebles, por lo que durante la época de lluvias aumenta la probabilidad de inundación en las viviendas contiguas a *La Lagunilla*; además de que la infraestructura para la captación de escurrimientos, es decir, los drenes y/o traga-tormentas siempre se encuentran azolvados por el arrastre de sedimentos y residuos sólidos urbanos, lo que también contribuye a aumentar el riesgo por inundaciones en esta colonia.

Esto representa un grave problema que debe atenderse de manera inmediata por parte de las autoridades municipales correspondientes, ya que altera severamente las funciones naturales de este cuerpo de agua y contribuyen al proceso de degradación ambiental; además, la exposición que las personas pueden tener con el agua contaminada durante las inundaciones puede tener afectaciones a la salud, lo que se traduce en un factor de riesgo.

3. Opinión de los habitantes respecto a la degradación ambiental, inundaciones y daños materiales.

A continuación, se muestran las diversas opiniones de las personas que han vivido en el contexto inmediato a laguna desde hace 50 años a la fecha respecto a cambios ocurridos en el cuerpo de agua relacionados con la degradación ambiental (Figura 5).



Figura 5. Cambios relacionados con la degradación ambiental de *La Lagunilla*.

Según la opinión de los habitantes, los cambios relacionados con la degradación ambiental de la laguna son los siguientes: el 67.6% establece que es la contaminación, debido a la falta de servicio de drenaje y el vertido de residuos sólidos urbanos; el 20.6% señala el número de inundaciones, debido a que las viviendas fueron construidas en terrenos contiguos a la laguna; y, por último, el 11.8% identifica que ha cambiado el ecosistema en cuanto a las especies de flora y fauna.

De acuerdo con Jáuregui *et al.* (2016) y Castrillón (2014), la alteración de las funciones naturales de los cuerpos de agua superficiales ocasionada por el proceso de urbanización es uno de los factores que contribuye a incrementar el riesgo de inundación en las ciudades. Lo anterior, tiene como resultado una degradación ambiental significativa en la laguna, en cuanto a la calidad del agua, el ecosistema y sus servicios ambientales.

La opinión de los habitantes sobre la importancia que tiene la laguna para las personas que viven en su contexto inmediato se muestra a continuación (Figura 6).



Figura 6. Importancia de la laguna para los habitantes.

El 69% establece que el cuerpo de agua no tiene ninguna importancia debido al proceso de degradación ambiental en el que se encuentra a causa de las descargas directas de drenaje y la acumulación de basura. Por el contrario, un 24.1% señala que su importancia reside en los servicios ambientales que brinda a la población; y un 6.9%, desafortunadamente, opina que es un lugar para tirar basura y escombros.

Respecto a lo anterior, es urgente el desarrollo de una cultura del agua entre los habitantes, ya que éste sirve de base para cuidar y conservar los cuerpos de agua naturales que deben de ser protegidos por su valor ecosistémico (Menchaca, 2016). Es fundamental que los gobiernos asuman su responsabilidad con relación a los cuerpos de agua naturales y no permitan que estos se conviertan en basureros clandestinos.

La opinión de los habitantes que viven en el contexto inmediato a *La Lagunilla* sobre los daños ocasionados por las inundaciones que se presentaron durante el periodo 2018-2020 se establecen a continuación (Figura 6).

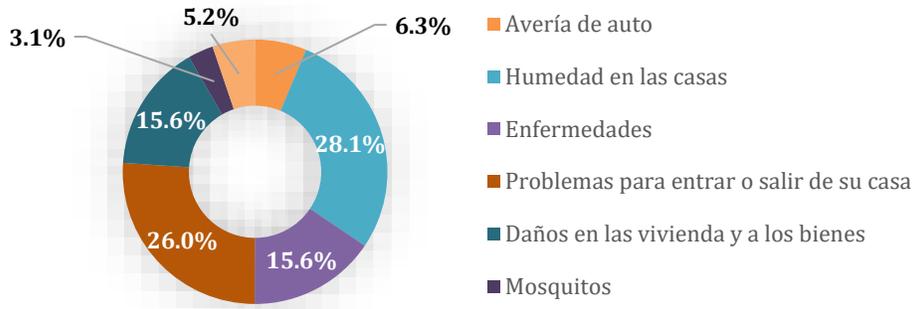


Figura 7. Daños ocasionados por las inundaciones en las personas, sus bienes materiales y sus viviendas en la colonia “La Lagunilla”.

El 28.1% señala que tuvieron problemas de humedad en las casas; un 26% no pudo acceder a su vivienda; el 15.6% tuvo daños en la vivienda y en sus bienes materiales, como son electrodomésticos, aparatos electrónicos o muebles; el 15.6% opina que tuvieron problemas de salud; un 6.3% establece que no pudieron realizar sus actividades cotidianas; sólo el 5.2% señala que se dañaron sus automóviles; y un 3.1% refirió a la presencia de mosquitos.

Durante el periodo 2018-2020 se presentaron tres eventos de inundación en la colonia “La Lagunilla”, en dichos eventos hidrometeorológicos el agua entró a las viviendas alcanzando una altura de 55 cm en promedio, esto generó daños económicos que van desde los mil a los 15 mil pesos. Respecto a lo anterior, el costo de las reparaciones y la adquisición de nuevos bienes implican gastos al ingreso familiar sin el apoyo de las instituciones gubernamentales. Se señala nuevamente que la responsabilidad, según el Programa Parcial de Desarrollo Urbano “La Lagunilla”, es del gobierno municipal de Xalapa; la falta de estrategias relativas a la protección de los cuerpos de agua y el cuidado a la población han estado ausentes por parte de los responsables gubernamentales que han sido omisos ante el hecho de que un cuerpo de agua natural se haya convertido en un basurero.

IV. Conclusiones

La degradación ambiental del cuerpo de agua *La Lagunilla* se califica como grave debido a dos factores antrópicos: el primero es, el impacto a la calidad del agua por descargas residuales domésticas, ya que el exceso de materia orgánica, microorganismos patógenos y sustancias derivadas de productos de limpieza, entre otros, afectan al funcionamiento del ecosistema acuático y pueden provocar su eutroficación, además, el agua contaminada representa un riesgo de salud para la población que habita en el contexto inmediato a la laguna; y el segundo, es el vertido de residuos sólidos urbanos al cuerpo de agua natural, los cuales contienen componentes o sustancias contaminantes, producen el azolvamiento de los drenes y traga-

tormentas e impiden la infiltración del agua; ambos factores determinan el riesgo por inundaciones y daños materiales en la colonia “La Lagunilla”.

La opinión de los habitantes sobre la degradación ambiental de *La Lagunilla* se relaciona con los factores antrópicos arriba establecidos, mismos que determinan las inundaciones, daños materiales y económicos de las personas que viven en el contexto inmediato al cuerpo de agua natural. En adición lo anterior, se señala que, existe una falta de cultura ambiental por parte de los habitantes relacionada con el cuidado de la laguna; así como estrategias de protección y recuperación por parte del gobierno municipal, lo que ha permitido que el problema de las inundaciones se presente cada año ocasionando distintas afectaciones a los habitantes de la colonia “La Lagunilla”, ubicada al norte de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

V. Recomendaciones

A partir de lo anterior, se consideran aspectos de carácter urgente para la solución de la problemática compleja abordada:

Desarrollo de estudios *in situ* sobre precipitación para calcular el volumen de escurrimientos en distintos eventos hidrometeorológicos que puedan compararse en relación con la altura de inundación, daños materiales, pérdidas económicas, entre otros aspectos asociados con el riesgo y la vulnerabilidad en *La Lagunilla*.

Diseño e implementación de un programa estratégico de rescate y protección de *La Lagunilla* con un enfoque de gobernanza en donde los gobiernos federal, estatal y municipal, en conjunto con la sociedad y las instituciones de educación superior, trabajen en el cuidado del cuerpo de agua natural y el bienestar de la sociedad.

Implementación de actividades de educación ambiental dirigidas a los habitantes de la colonia “La Lagunilla” con el propósito de que revaloricen las funciones y los servicios ambientales que brinda el cuerpo de agua natural.

Referencias

- Alcocer, J. (2007). El agua epicontinental de México. *Ciencia*, 58 (3), 26-35.
- Barrón, J.L. (2012). Microzonificación por inundación de la Zona Conurbada Xalapa (Tesis de Grado). Universidad Veracruzana, Xalapa.

- Castrillón, Y.A. 2014. Estrategias para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del río Meléndez. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 85 p.
- CEPAL (2000). Instrumentos económicos para el control de la contaminación del agua: condiciones y casos de aplicación.
- Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (2018). Batimetría de La Lagunilla [Archivo dwg]. Xalapa.
- Elgueta, J.R. 2006. Las áreas prestadoras de servicios ambientales en las grandes ciudades. Proyecto Regional Ordenamiento Territorial Rural, Sistemático y Participativo a nivel local en América Latina y el Caribe GCP/RLA/139/jpn.
- Environmental Protection Agency (2017). How your septic system can impact nearby water sources. Recuperado de: <https://www.epa.gov/septic/how-your-septic-system-can-impact-nearby-water-sources>
- Galicia, L., García, A., Gómez, L., y Ramírez, M.I. 2007. Cambio de uso de suelo y degradación ambiental. *Revista Ciencia*, 58 (4), 50-59.
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010, México.
- INEGI (2013). Taller SIATL y Red Hidrográfica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía: México.
- Jáuregui, E., Aversa, M., y Salas, R. 2016. Estrategias para la mitigación del riesgo por inundación: caso cuenca del Arroyo Maldonado, La Plata (Buenos Aires, Argentina). *Revista Urbano*, 34 (1), 34-47.
- Jóhannesdóttir, G., y Gísladóttir, G. (2010). People living under threat of volcanic hazard in southern Iceland: vulnerability and risk perception. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10 (1), 407-420.
- Lang, F.P., Pérez, A., Martínez, J.P., Platas, D.E., Ojeda, L.A., y Ortega, D.A. 2007. Actitud hacia el cambio de uso de suelo en la región Golfo Centro de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*, 23 (1), 47-56.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En M.A. Fernández (Comp.), *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastre* (pp. 12-42). Quito, Ecuador: La Red-USAID, 142 p.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, D.F., México, 22 de mayo de 2015.
- Menchaca, M.S. (2016). Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos. México: Secretaría de Medio Ambiente-Universidad Veracruzana, 112 p.
- Menchaca, M.S., y Lozada, R.M. (2017). Tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales: una propuesta para las zonas rurales. *UVserva*, 1 (3), 14-22 p.

- Menchaca, M.S., y Uscanga, A. (2016). Importancia de los ecosistemas y los servicios ambientales. En M.S. Menchaca (Aut.), *Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos* (pp. 22-37). Veracruz, México: Secretaría de Medio Ambiente-Universidad Veracruzana, 112 p.
- Moguel, A.G., Tejeda, A., y García, V.H. (2012). Propuesta para la evaluación de riesgo por inundaciones: el caso de Xalapa, Veracruz. En A. Tejeda (Coord.), *Las inundaciones de 2010 en Veracruz: La biósfera, escenarios y herramientas* (pp.154-179). Veracruz, México: Biblioteca del Especialista-Universidad Veracruzana, 223 p.
- Muñoz, L.A., y Arroyave, O. (2017). Percepción del riesgo y apego al lugar en población expuesta a inundación: un estudio comparativo. *Pensamiento Psicológico*, 15 (2), 79-92.
- Naselli, L. 2008. Urban lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. En M. Sengupta y R. Dalwani. (Eds.), *Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference* (pp. 1333-1337). ILEC, India.
- NMX-AA-015-1985 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Muestreo-Método de cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, D.F., México, 18 de marzo de 1985.
- NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, D.F., México, 18 de marzo de 1985.
- Rey, D., y Zambrano, J. (2018). Estudio de la respuesta hidrológica en la cuenca urbana de montaña San Luis-Palogrande. *Revista UIS Ingenierías*, 17 (1), recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5537/553756967012/html/index.html>.
- Secretaría de Desarrollo Regional. (2004). Actualización del Programa Parcial de Desarrollo Urbano “La Lagunilla”, de la ciudad de Xalapa, Ver.
- SEMARNAT (2016). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde, Edición 2015. México: SEMARNAT
- Servicios Meteorológico Nacional (2020). Información Estadística Climatológica [Base de datos]. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Villanueva, M. (2015). Modalidades recientes en la expansión urbana en una ciudad media: Xalapa, Veracruz, México: 1980-2010. En C. Bellet, E.S. Melazzo, M.E.B Sposito y J.M. Llop (Eds.), *Urbanización, producción y consumo en ciudades medias/intermedias* (pp. 471-492). Presidente Prudente, Brasil: Edicions de la Universitat de Lleida, 516 p.