

# METALES PESADOS EN LA LAGUNA NEGRA DE PUERTO MARQUÉS DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO, GUERRERO

*Juan José Dimas Mojarro<sup>1</sup>*

*Delfino Daniel Ortiz Guzmán<sup>2</sup>*

*Guadalupe Olivia Ortega Ramírez<sup>3</sup>*

## RESUMEN

La Laguna Negra de Puerto Marqués de Acapulco, Gro., recibe aguas residuales, aguas de drenaje y residuos sólidos urbanos; por las casas- habitación, hoteles y restaurantes. En su estado actual no cumple con las Normas Oficiales Mexicanas de aguas de humedales limpias. El agua no ha sido evaluada durante el año, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo principal, realizar un Estudio Exploratorio, visual Macroscópico Observacional, Físicoquímico y Microbiológico, para evaluar la calidad del agua y los metales pesados encontrados en la laguna. Aplicando las NOM-001-SEMARNAT-1996(1997), la Norma 127 SSA1-1994 (SS. 2000), y la Norma NMX-AA-120-SCFI-2006 (2016), considerando que la población y el turismo utiliza el agua para actividades domésticas y recreativas. Se tomaron muestras compuestas mensuales, de enero a diciembre 2017, analizando las muestras en el laboratorio. Los resultados indicaron que, en el estudio exploratorio visual, había muy abundantes residuos sólidos (basura), abundantes heces fecales, abundantes detergentes, así como Grasas y Aceites. En el laboratorio se encontraron: Concentraciones altas de Sólidos Suspendidos Totales, concentraciones altas de coliformes totales y fecales, así como enterococos y metales pesados que sobrepasan los Límites Máximos Permitidos (LMP) de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que aplican. Para conocer la opinión y percepción de los pobladores y turistas acerca del estado actual del agua de la laguna se les realizaron 25 entrevistas y se aplicaron 100 cuestionarios. Los pobladores opinaron en un 65% que el estado actual del agua de la laguna, sí la utilizarían para uso doméstico; mientras que el 30% dijo que no la utilizaría y el 2%, no sabe. Los turistas opinaron en un 43% que el agua de la laguna no la utilizarían para uso recreativo. Sin embargo, 57% no les interesan estas condiciones, sí la utilizaría. Con base a los resultados obtenidos, se plantearon algunas propuestas que pueden contribuir a mitigar la problemática ambiental para la población y turismo.

**Palabras clave:** Laguna, Análisis Físicoquímico de Metales Pesados, Opinión y Percepción de Pobladores y Turistas

## Introducción.

Diversos estudios a nivel mundial sobre los metales pesados, han revelado elevadas concentraciones de metales en sedimentos de los humedales de tipo lagunar (Irvine *et al.*, 2009), Esto representa un serio problema para los ecosistemas donde hay abundantes manglares por su cercanía con las poblaciones humanas y su alta productividad primaria (Tam, 2006). La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antrópicas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos

---

<sup>1</sup>Doctor, Unidad Académica de Turismo. Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Mención: Ciencias Ambientales y Turismo. Universidad Autónoma de Guerrero, [juan\\_dimas\\_m@yahoo.com.mx](mailto:juan_dimas_m@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup>Doctor, Unidad Académica de Turismo. Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Mención: Desarrollo Sustentable y Turismo. Universidad Autónoma de Guerrero, [ortizg1212@hotmail.com](mailto:ortizg1212@hotmail.com)

<sup>3</sup>Doctora, Unidad Académica de Turismo. Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Mención: Desarrollo Sustentable y Turismo. Universidad Autónoma de Guerrero, [ortega.olivia@yahoo.com](mailto:ortega.olivia@yahoo.com)

automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos. En México, existen reportes de la presencia de metales pesados en ríos, lagos, cultivos, suelos y aire de zonas urbanas, así como en ambientes costeros y marinos, donde se ha detectado la acumulación de metales tóxicos en tejidos de peces y moluscos de consumo humano (Villanueva y Botello 1992, pp. 47-61., García-Hernández *et al.*, 2007). Los sedimentos asociados a manglares pueden actuar como sumideros y a la vez como una fuente de metales pesados en las zonas costeras por sus propiedades físicas y químicas (Sundararajan and Natesan, 2010). Por lo que el estudio de los mecanismos de acumulación de los metales pesados en los sedimentos cada día cobra más importancia (Botté *et al.*, 2010).

El análisis del Programa de Tratamiento de Aguas de Conagua, hecho por varias organizaciones, advierte que se desconoce la calidad de la mayoría de los acuíferos que hay en México. Un 70% de los lagos, lagunas, ríos, y otros cuerpos de agua en México tienen algún grado de contaminación; según el Primer Informe de la Contraloría Social, realizado al Programa de Tratamiento de Aguas de la Conagua, el gobierno desconoce la calidad en la que están más de la mitad de los 653 acuíferos que hay en el país. (Conagua, 2017). Durante los últimos años, se ha vuelto común considerar la relación entre la cantidad del agua, la calidad del agua y sobre todo la determinación de metales. Como la población mundial sigue aumentando, se ha vuelto más difícil proveer un suministro de agua adecuado a todos los usuarios. En las ciudades industrializadas, los efluentes industriales y los químicos agrícolas han contaminado el agua superficial, poniendo en peligro la vida acuática y requiriendo de costosos tratamientos antes de que el agua pueda ser aprovechada como una fuente de suministro municipal e industrial. Igualmente, el agua subterránea, considerada en alguna ocasión mejor protegidas de la contaminación antropogénica, se han afectado por compuestos químicos, muchos de los cuales se sabe o se sospecha que son cancerígenos (Nash, 1993, p.473).

El Golfo de México es un claro ejemplo de ecosistemas costeros afectados por metales, dada la entrada de contaminantes por los ríos y por las actividades comerciales e industriales que se han desarrollado a lo largo de su extensión (Villanueva y Botello, 1998, pp. 53-94). Los metales pesados, presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras alteradas por el hombre y guardan una relación de su concentración con el tamaño de las partículas y la cantidad de materia orgánica sedimentarias, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Acosta, *et al.*, 2002). Un factor que es importante considerar en los sedimentos es su granulometría, porque en general los procesos de adsorción de los metales a partículas finas pueden ser factores significativos que controlen el balance geoquímico por los elementos presentes en los cuerpos costeros (Urrutia *et al.*, 2002 b).

Guerrero es uno de los Estados con más caudales. Lagos y lagunas hidrológicas. Dentro de la República Mexicana, el estado de Guerrero ocupa el 12º sitio en cuanto a disponibilidad acuífera, su aprovechamiento es de 602,626 millones de m<sup>3</sup>. Su territorio es cruzado por uno de los ríos más importantes de México, el Balsas. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La primera, es la región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La segunda es la región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo, y por otro lado; los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla. En Acapulco, principalmente existe tres importantes lagunas como son Tres Palos, Coyuca de Benítez y la Laguna Negra de Puerto Marqués, cada una tiene sus diferentes características y propiedades. Pero las tres forman parte de la imagen del Puerto de Acapulco (Conagua 2009).

Un factor que considerable en los muestreos aleatorios sedimentarios en los diferentes cuerpos de agua principalmente en la de humedales es su granulometría, ya que existe diferentes reacciones granulométricas positivas con aniones y cationes en diferentes procesos de absorción de los metales pesados., y como resultado existe un equilibrio paliativo de cuerpos de agua contaminantes con sales y sulfatos según las propiedades específicas de las áreas de humedales principalmente los lagunares (Urrutia *et al.*, 2002 a). Los metales pesados tales como el zinc, plomo, mercurio y níquel son comunes en la corteza terrestre. Algunos, en cantidades mínimas, incluso son esenciales para la salud humana. Debido a la erosión natural, los vertimientos de la industria y otras fuentes, y la corrosión de las tuberías transportadoras de agua, estos metales ingresan a las corrientes de agua mundiales y a las fuentes de dicho elemento hasta alcanzar niveles tóxicos. Los vertimientos provenientes de fuentes industriales, carreteras y rellenos sanitarios envían niveles altamente concentrados de metales pesados, particularmente hierro, plomo, níquel y mercurio, hacia los cuerpos de agua del mundo entero entre ellos los sitios lagunares (Conagua, 2013). Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones. Al ser ingeridos por el hombre en el agua y alimentos contaminados por los compuestos de mercurio, plomo o cadmio le provocan ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o hasta la muerte. El plomo es un metal escaso, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4 °C, un punto normal de ebullición de 1770 °C y una densidad de 11.35 g/mL. Forma compuestos con los estados de oxidación de +2 y +4, siendo los más comunes los del estado de oxidación +2. El plomo es anfótero por lo que forma sales plumbosas y plúmbicas, así como plumbitos y plumbatos. Se encuentra en minerales como la galena (sulfuro de plomo, PbS) que se utiliza como fuente de obtención del plomo, la anglosita (sulfato de plomo II, PbSO<sub>4</sub>) y la cerusita (carbonato de plomo, PbCO<sub>3</sub>). Gran parte del plomo se obtiene por reciclado de chatarras como las placas de baterías y de las escorias industriales como soldaduras, metal para cojinetes, recubrimientos de cables, entre otras.

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en fototermografía, en pirotécnia, en la coloración a vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras (Conagua, 2007). Las dos principales vías de acceso de los compuestos de plomo al organismo son el tracto gastrointestinal y los pulmones. Cerca del 10 % del plomo ingerido es excretado en la orina y en menor cantidad en el sudor, en el pelo y en las uñas. El 90 % del plomo que se encuentra en el cuerpo humano se deposita en el esqueleto óseo y es relativamente inerte, y el que pasa a través del torrente sanguíneo puede depositarse en los tejidos. Los signos más comunes de intoxicación por plomo son los gastrointestinales y sus síntomas comprenden anorexia, náusea, vómito, diarrea y constipación, seguida de cólicos. Estas fuentes son responsables de la mayor parte de la toxicidad derivada de metales pesados en las lagunas, ríos y océanos, poniendo en riesgo a las formas de vida acuática de toda la cadena alimenticia e introduciendo niveles nocivos de estos metales, como el mercurio, al suministro de alimentos humano a través de pescados como el atún y el salmón. La degradación de las aguas se manifiesta fundamentalmente de la siguiente manera: en la mayoría de las lagunas hidrográficas se han identificado fuentes contaminantes que afectan la calidad de las aguas, siendo la falta de tratamiento de las aguas residuales generadas en los sectores agropecuario, industrial y doméstico las principales causas (Tyller, 2002, p. 456). Los principales esfuerzos se dirigen hacia: medidas de mejoramiento y conservación de los suelos, disminución de la carga contaminante, tratamiento y aprovechamiento de residuales, medidas de saneamiento ambiental en los asentamientos humanos (acueducto, alcantarillado y tratamiento), reforestación (es especial en la franja hidrorreguladora (Villagómez *et al.*, 2003).

Para conservar el recurso natural como es el agua, es importante contar con información acerca de su calidad, relacionada con los atributos que presente, de manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos (Pérez y Rodríguez, 2008, pp. 1905-1918). Comprende todos los parámetros que influyen en el uso benéfico del agua, como son los físicos, químicos y biológicos. Para ello debe evaluarse la presencia de sustancias que puedan afectar la salud, el bienestar del hombre o ser una amenaza para el ambiente (Martínez y Trujillo, 2007). A pesar de esta problemática, los habitantes establecidos en las inmediaciones de la laguna, utilizan el agua para satisfacer diversas necesidades de tipo doméstico tales como el lavado de ropa, riego, limpieza, actividades recreativas (principalmente de los niños). Este uso se debe en gran medida a la escasez de agua potable y a la falta de los servicios básicos y de saneamiento en la zona de estudio. El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de realizar un diagnóstico de la calidad del agua, detectando la presencia de metales pesados de la laguna Negra de Puerto Marqués. Se realizó la evaluación de la calidad del agua y determinación de metales pesados en condiciones de estiaje (enero a mayo) y de lluvia (junio a diciembre) del año 2017, incluyendo análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el cálculo del promedio, estandar, t de student y del índice de calidad del agua (ICA). Los datos obtenidos en este estudio podrían ser la base para la formulación de estrategias de manejo de la laguna, en donde se involucre al turista, a la participación de la población local y de los diferentes sectores público y privado.

## Materiales y Métodos

**Localización del área de estudio.** La Laguna Negra de Puerto Marqués, forma parte del área conurbada del Puerto de Acapulco, en Guerrero, México. Se ubica al sureste de la ciudad siendo su principal vía de comunicación la carretera escénica. Se localiza entre la Playa de Puerto Marqués y la Playa Revolcadero; tiene una población de 41,756 habitantes (INEGI, 2016) ver figura 1.

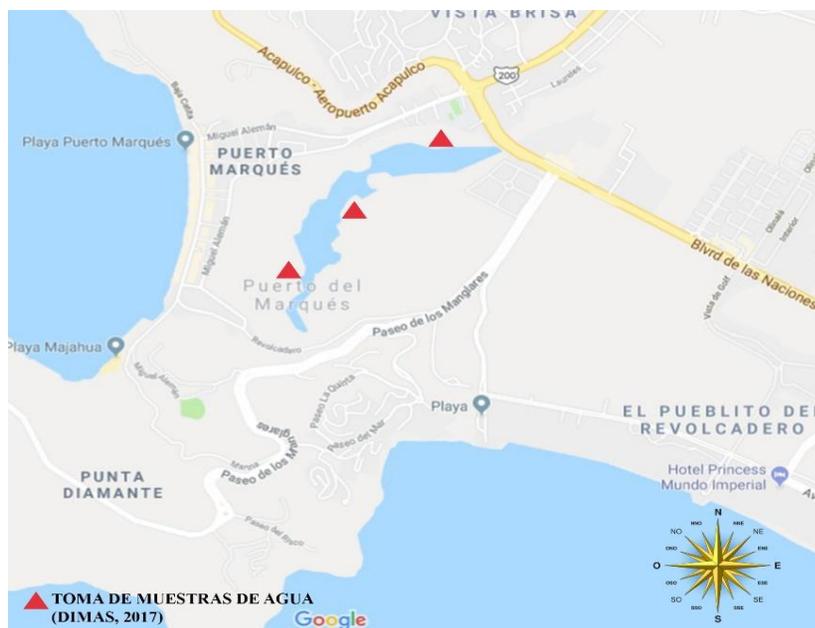


Fig. 1.- Se observa la Laguna Negra de Puerto Marqués, la cual se encuentra a un lado en la zona noroeste de la Playa de Puerto Marqués y desembocando al sur con la Playa Revolcadero (Google map, digital aérea (modificado el 8 de agosto 2017).

### **Sitio de Observación Visual Macroscópica y Muestreo de Agua**

Se realizó un recorrido caminando a orilla de la laguna y en lancha dentro de las aguas lagunares para el estudio exploratorio visual macroscópica sobre el grado de contaminación observado en la franja de laguna como son basura, grasas y aceites, maleza, detergentes, aguas negras, heces fecales (flotante), animales muertos, peces y caracolillos muertos, pinturas, para ello se consideró una escala arbitraria como parámetro para medir la contaminación en: +++++ Muy abundante, ++++ Abundante, +++ Regular, ++ Escasa, + Muy escasa, - No hay (Denzin, 2001). El muestreo se realizó de enero a diciembre del 2017 (12 muestreos en total, uno cada mes). Las muestras tomadas durante los meses de enero a mayo, fueron consideradas como del período de estiaje; aquellas tomadas durante el periodo de junio a diciembre, como del de lluvias; de acuerdo con datos obtenidos de la estación 768050 del Servicio Meteorológico Nacional, establecida en la Ciudad de Acapulco. Se recolectaron sus muestras del agua superficial de la laguna a lo largo de un día, las cuales se mezclaron hasta reunir un volumen aproximado de 5 L. De ahí se obtuvieron muestras compuestas para cada tipo de análisis y se preservaron según la norma (DOF, 1980). El muestreo se llevó a cabo de manera diferenciada en función de los parámetros a analizar. Para los fisicoquímicos y metales pesados, se utilizaron envases de plástico previamente tratados con ácido nítrico al 5 % y debidamente enjuagados con agua destilada y para su determinación en un Aparato Espectrofotómetro de Absorción Atómica Analyst 400, marca Perkin Elmer. Para los microbiológicos se utilizaron matraces Erlenmeyer de 250 mL con 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 1% y debidamente esterilizados. Las muestras se transportaron a 4°C al laboratorio de Investigación de la Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Facultad de Turismo Acapulco en donde se procedió de manera inmediata a realizar el análisis (APHA, 1998, p. 1520; Dimas, *et al.*, 2017, pp. 77-109).

### **Metodología analítica.**

Se analizaron *in situ* las aguas de la laguna mezclado con aguas residuales, determinando los principales parámetros como la temperatura en base a la norma (NMX-AA-007-SCFI -2013), el pH (NMX-AA-008-SCFI- 2011), DBO5 (NMX-AA-028-SCFI-2001), y DQO (NMX-AA-030/1-SCFI-2012) y algunos análisis fisicoquímicos en el laboratorio como Grasas y Aceites (NMX-AA-005-SCFI-2013), Sólidos Suspendidos Totales (NMX-AA-034-SCFI-2015). Y por el otro lado con base a la Norma Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015, se determinó la concentración de Coliformes totales y fecales por el método del número más probable en tubos múltiples; así como la NMX-AA-120-SCFI-2006 (2016), para la concentración de *Enterococos* por sustrato cromogénico. Para la determinación de metales pesados y metaloides se determinó en un aparato Espectrofotómetro de Absorción Atómica Analyst 400, marca Perkin Elmer. La obtención de resultados válidos requirió la aplicación estricta de los procedimientos de control de calidad, y la aplicación de la norma. Los parámetros analizados incluyen aquellos establecidos en la legislación que aplica en materia de agua (Cámara de Diputados, 2010, p. 473; S.S 2000; SEMARNAT, 1997; SEDUE, 1989).

### **Análisis estadístico**

A fin de contar con un valor que representara los datos obtenidos mensualmente, se determinaron las medidas de tendencia central y de dispersión de las variables cuantificadas (desviación estándar y coeficiente de variación), además de poder comparar las tres zonas de muestreo. Asimismo, se realizaron pruebas de *t de Student* para comparar las dos épocas de muestreo (estiaje y lluvias). Para obtener un criterio acerca de la calidad del agua en la laguna y dado que se utiliza para diferentes fines, los resultados analíticos de las muestras fueron analizados y relacionados con la legislación aplicable y vigente en México. Los documentos utilizados para comparar y evaluar la calidad del agua fueron las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1997) y NOM-027-

SEMARNAT/SSA1-1994 (S.S 2000); los Criterios Ecológicos para la Calidad del Agua (CECA) y (SEDUE 1989) y la Ley Federal de Derechos (Cámara de Diputados 2010). También se tomaron en cuenta los criterios utilizados por la CONAGUA (2010), con lo que se pudo clasificar el agua de la laguna en función de los resultados de la DBO5, de la DQO y de los sólidos suspendidos totales.

**Se desarrolló un diseño mixto, en el cual se determinó llevar a cabo una encuesta, y entrevistas a los pobladores y turistas con el propósito de conocer la opinión y percepción de éstos sobre la Laguna Negra de Puerto Marqués (Hernández *et al.*, 2003, pp. 138-204).**

1).- Se realizaron 25 entrevistas a los pobladores y a turistas que llegaban a la laguna observando los contaminantes en el área de la laguna. Y a los que se encontraban nadando. 2.- Se aplicaron 100 cuestionarios para conocer cuál es la opinión y percepción, de los pobladores y turistas al observar y saber de los contaminantes existentes en la laguna y si ellos, a pesar de cómo está la utilizarían para uso doméstico y recreativo o no. Esto se realizó en épocas de secas y de lluvias. Considerando la llegada de turistas nacionales y extranjeros. La encuesta abordó temas como: a) Localización de la laguna Negra de Puerto Marqués en Acapulco, Guerrero. B) Grado de escolaridad de los pobladores y turistas encuestados C) Descargas de aguas residuales, de Hoteles, Restaurantes, Casa- habitación que se encuentran cerca de la laguna. D) El agua de laguna como uso doméstico y recreativo, para los pobladores y turistas. E) Propuestas de Programas y Plan de manejo ambiental. Una vez obtenido la información, se realizó el análisis estadístico de los resultados, utilizando el paquete estadístico SPSS Versión, 2017.

### Resultados y Discusión.

Estudio Exploratorio Observacional de la Laguna de Puerto Marqués, durante el año, 2017.

**Cuadro 1.- Resultados de la inspección visual en época de secas (enero a junio) y en época de lluvias (julio a diciembre) del año, 2017.**

Laguna Negra de Puerto Marqués	Basura	Detergente	Grasas y Aceites	Maleza	Heces fecales	Aguas Negras	Baterías de Carros	Peces muertos	Animales Muertos	Pinturas
Época de Secas	+++	+++	++++	+++	+++	+++	++++	+++	+++	++++
Época de Lluvias	+++ ++	+++++	+++++	++++	+++ ++	++++	+++++	+++++	+++++	+++++

Escala arbitraria como parámetro para medir la contaminación en:

+++++ Muy abundante, ++++ Abundante, +++ Regular, ++ Escasa, + Muy escasa, - No hay. (Denzin, 2001).

En el Cuadro 1. Se observa que en época de secas hubo regular y Muy abundante contaminación con Basura (Residuos Sólidos), Detergentes y Maleza, Heces Fecales, Aguas Negras, Peces muertos, Animales muertos, Baterías de carros y Pinturas, en época de secas. En época de lluvias aumentó la presencia de los contaminantes en abundante a muy abundante en la laguna, debido probablemente al arrastre de aguas residuales a través de las corrientes subterráneas de la laguna que van a dar directamente a la Playa Revolcadero. Dentro de la fuente de contaminación, se puede incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica y arrastrada por las aguas residuales (Álvarez *et al.*, 2006, pp. 71-83). Esto es comparable a otras investigaciones de diferentes lagunas como laguna de Montebello, Chiapas., con muy

abundantes residuos sólidos, y aguas negras por la presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza degradable (Montebello, 2017; Cordero *et al.*, 2010, pp. 8-13).

**Parámetros físico-químicos: Temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Grasas y Aceites y Microbiológicos**

Los resultados de los parámetros físicoquímicos obtenidos para la época de estiaje y para la de lluvias. Se observan el límite inferior y el superior de cada parámetro, su media aritmética, su coeficiente de variación y la desviación estándar.

Para las tres zonas de muestreo, la concentración de la DBO5 varía de 80 y hasta 90 mg/L y de 86 hasta 92 mg/L; un poco alta lo normal es hasta 75 mg/L., con base a la 001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1997). Para el caso de la DQO los valores fluctúan desde 7 a 28 mg/L y de 14 a 26 mg/L; cuyo valor normal es hasta 20 mg/L, los sólidos suspendidos totales (SST) varían de 68 hasta 169 mg/L y de 70 a 179 mg/L. Rebasando lo permisible de 75 mg/L. Los dos rangos de datos corresponden a la época de estiaje y de lluvias, respectivamente. Cabe destacar que los valores del coeficiente de variación de la DQO en la época de estiaje son altos, probablemente provocado por las descargas de aguas provenientes de fuentes no municipales, ya que en la época de lluvias no se observa esta variabilidad en los resultados. Con base en los criterios emitidos por la (CONAGUA, 2010, p. 258). Tomando en cuenta la concentración de la DBO5, el agua se clasifica de contaminada a fuertemente contaminada y no se observa un comportamiento diferente en las dos épocas de muestreo. Este parámetro representa la carga orgánica del agua y refleja a las descargas que el cauce recibe permanentemente. De acuerdo con los criterios de la DQO y de los SST, el agua es clasificada entre mala calidad y no aceptable. No obstante, las concentraciones de SST de algunas muestras de agua rebasan los valores de referencia establecidos en la Ley Federal de Derechos, especialmente para la protección de vida acuática. Por su parte, los Sólidos Suspendidos Totales también son indicadores comunes de la contaminación del agua. En este trabajo se muestra que no existen efectos de dilución durante la época de lluvias, probablemente por el arrastre de materiales de norte a sur en la laguna. Los valores del pH van del neutro al alcalino, predominando estos últimos. Prácticamente los valores son los mismos sin importar la época del año ni la zona de muestreo.

De acuerdo con los resultados del PH de 9.0 y con la normatividad aplicable, el agua de la laguna no es apta para todos los usos; no obstante, existen otros parámetros que podrían tener efectos adversos. Para el caso de la temperatura, en general sus valores fueron más bajos entre 18°C A 19°C, que los del ambiente; sin embargo, es claro que durante los meses de lluvia la temperatura disminuye, probablemente debido a la dilución del agua y al aporte de este recurso que proviene de los cerros. Dentro de esta última fuente de contaminación, se puede incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica de las casas- habitación que se encuentran alrededor de la laguna (Álvarez-Jesús 2006). Otros componentes que se detectaron en todas las muestras fueron las grasas y aceites con concentración promedio de 34 mg/L muy alto a comparación con el límite permisible de 15mg/L en humedales. Su presencia se explica por las descargas de agua residual domiciliaria y de los talleres mecánicos establecidos en la zona de estudio. No se observa un efecto de dilución por lluvias (SEMARNAT, 1997, Cámara de Diputados, 2010), aunque en los CECA se menciona que deben estar ausentes. Los parámetros microbiológicos que se evaluaron fueron los coliformes totales y los fecales, cuyos resultados, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos épocas de muestreo ( $P = 0.89$ ,  $\alpha = 0.05$ ).

Los coliformes totales incluyen organismos que pueden sobrevivir y crecer en el agua, pero no son indicadores eficientes para detectar patógenos fecales; no obstante, pueden ser utilizados como un indicador para evaluar la limpieza e integridad de un sistema de distribución de agua para uso y consumo

humano. Se detectó la presencia de organismos coliformes totales en todos los sitios de muestreo, con concentraciones que van desde 700 hasta 1800 NMP/100 mL, con un promedio desde 1040 a 1330 NMP/100 mL para la época de estiaje en las tres zonas de muestreo. Para el caso de la época de lluvias, la menor concentración encontrada fue de 900 y hasta 1800 NMP/100 mL, con valores promedio desde 1393 hasta 1628 NMP/100 mL. Su presencia en mayor cantidad se observó en la época de lluvias, lo que sugiere un incremento en el arrastre de material orgánico que favoreció el crecimiento de microorganismos. Para el caso de los coliformes fecales, dado que provienen del tracto intestinal humano, su presencia en el agua indica contaminación fecal y por lo tanto, presencia de organismos patógenos. Sus concentraciones promedio en época de estiaje varían desde 380 hasta 690 NMP/mL y en la época de lluvias desde 343 y hasta 914 NMP/mL. Su presencia en el agua se debe a la descarga permanente y sistemática de las aguas residuales de las casas habitación que se encuentran a lo largo de la Laguna Negra de Puerto Marqués. Los valores del coeficiente de variación son altos en ambas épocas del año y su concentración tiende a ser mayor en la zona baja de los Manglares. No obstante, si consideramos la calidad del agua de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 (S.S 2000), tanto los coliformes totales como los fecales deben estar ausentes. Se detectó la presencia de enterococos en grandes concentraciones mayores de 500 NMP/100 mL. Que van desde 2700 a 2900 NMP/100mL., en época de estiaje y en época de lluvias un intervalo mucho mayor de 4800 a 5500 NMP/100mL. Esto también nos reafirma que es un indicador muy importante de la contaminación y de las aguas dulces probablemente a las aguas residuales en el arrastre de material orgánico que favorece al crecimiento de microorganismos

### **Metales Pesados y metaloides**

Conforme a los resultados de los metales y metaloides evaluados en el agua de la Laguna de Puerto Marqués, el aluminio y el arsénico se presentan en rangos de 0.004 a 0.1 mg/L y de 0.03 a 0.08 mg/L respectivamente, en todas las zonas y en ambas épocas de muestreo. Con estos valores y de acuerdo a la información, no se rebasan los valores de referencia de la norma 001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT, 1997) ni establecidos en los CECA, en las NOM y en la Ley Federal de Derechos. Para el caso del cobre, sus concentraciones varían de 4.5 a 4.8 mg/L, con un coeficiente de variación alto en la época de lluvias. Estos valores comparados con los CECA para riego agrícola, son altos. El manganeso, con valores entre 0.04 a 0.050 mg/L, no rebasa los valores de referencia, los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.

Por su parte la concentración de hierro es de 0.002 mg/L, no rebasa las concentraciones de los límites permisibles que es de 0.004 mg/L en la época de estiaje y en las zonas de muestreo y época de lluvias. El mercurio se encuentra en un rango de concentración de 0.057 a 0.078 mg/L, por lo que rebasa los valores de referencia para protección de la vida acuática de agua dulce, además de las NOM aplicables, especialmente para uso público urbano, riego agrícola y uso y consumo humano (SEMARNAT, 1997; S.S 2000). El coeficiente de variación es muy alto para todos los casos, indicando aportes probablemente derivados de baterías usadas, desechos industriales que los talleres mecánicos arrojan a la laguna y algunos plaguicidas aplicados en las zonas de cultivo. Es un elemento bioacumulable y en altas concentraciones se vuelve tóxico para las plantas, animales y humanos. El níquel está en concentraciones normales como es de 0.009 mg/L, sin rebasar los límites permisibles de 2.0 mg/L SEMARNAT 1996 (1997), para humedales limpios, aunque, no está contemplado dentro de la normatividad del agua para consumo humano, pero si se contempla para el caso del agua como fuente de abastecimiento para uso público urbano (Cámara de Diputados 2010). Para este último caso el níquel rebasa el límite máximo permitido (ver figura 2).



**Figura 2.- Fotografía, donde se observan las casas cerca de la Laguna Negra de Puerto Marqués; donde el agua se encuentra completamente oscura, por las distintas sustancias que existe; de diferentes compuestos químicos de sustratos de metales pesados y metaloides en los cuerpos de agua encontrados actualmente (Fotografía: elaboración propia, 14 de febrero, 2017).**

Por otro lado, el plomo se encuentra en grandes concentraciones 0.67 mg/L en todos los instrumentos jurídicos aquí considerados, no obstante, las concentraciones encontradas están por arriba de los valores de referencia que es 0.2 mg/L promedio mensual. Otro elemento que se encontró en todas las muestras es el sodio en cantidades mínimas de 0.0004 mg/L, lo que sugiere que las descargas de aguas residuales domiciliarias a lo largo de la laguna, aporta una cantidad considerable, probablemente por la utilización de jabones, detergentes y otros productos que contribuyen a la adición de sales (Zamora, 2008). No obstante, de acuerdo con la NOM para uso cotidiano, ninguna de las muestras rebasa este criterio. Se aplicó la prueba *t de Student* para conocer si existen diferencias entre los resultados de la época de lluvias y de estiaje. El resultado indica que el comportamiento de los metales y metaloides es el mismo, no hay mucha diferencia en las dos épocas de muestreo ( $P = 0.91$ ;  $P = 0.92$   $\alpha = 0.05$ ). Conforme a los enterococos, coliformes fecales, la DBO5 y los nitratos, son los parámetros que disminuyen el índice general de la calidad del agua. Estos resultados son consistentes con los criterios tomados en cuenta por la CONAGUA (2010), en los cuales, de acuerdo con los resultados de la DBO5, el agua se considera como fuertemente contaminada. Estos resultados reflejan la carga orgánica de las aguas analizadas y su contaminación microbiológica, provocadas por las descargas de aguas residuales.

### **Opinión y Percepción de los pobladores y turistas sobre los contaminantes existentes en la Laguna Negra de Puerto Marqués en épocas de secas y de lluvias durante (enero-diciembre del año, 2017).**

#### **Entrevistas realizadas a los pobladores y turistas**

Se realizaron entrevistas a los pobladores y turistas a cerca de los contaminantes existentes observados a simple vista en la laguna en época de secas y de lluvias, a lo cual, ellos contestaron lo siguiente: Los Pobladores dicen que están conscientes de lo que está pasando con la Laguna Negra de Puerto Marqués que, cada día, que pasa se contamina más, por la acumulación de baterías de carros, material con pinturas en el agua, residuos sólidos, detergentes, grasas, aceites y aguas negras ya que la misma gente lo ocasiona ya que argumenta que no tienen drenaje. Ellos opinan que han fracasado en distintas ocasiones al pedir drenaje y agua potable al gobierno. Y además, agregaron que si se juntara la población, los restauranteros y hoteleros para la limpieza de la laguna se formarían un plan de acción emergente. Cuando se les preguntó a los pobladores y principalmente a gente que lavaba ropa con esa agua y al mismo tiempo lavaban utensilios del hogar, porque utilizan el agua, si ellos mismos observan algunos contaminantes adentro, y están en riesgo permanente de enfermarse. Ellos argumentaron que por la mayor necesidad que tienen ya que la mayoría de la gente cercana a la laguna no tiene agua potable en

sus casas y además creen ellos que las corrientes se llevan los contaminantes hacia afuera de la laguna, por la entrada del agua de mar de la Playa Revolcadero. Por su parte los turistas dicen que ellos vienen a la laguna a descansar y disfrutar de su naturaleza, pero no están de acuerdo con los contaminantes que se observan dentro del cuerpo de agua. Otros decían que esperarían a que disminuyera la contaminación visual para utilizarla para uso recreativo. Por otro lado, en épocas de secas había turistas bañándose y se les preguntó que si no tenía miedo que se enfermaran por utilizar el agua, lo cual ellos argumentaron que había otros lugares peores y no se enfermaban, lo cual no tienen miedo. Otros solamente admiraban el paisaje de la laguna con sus garzas, pájaros, buzos y pescados en el agua. Y expresaron lo siguiente: El Gobierno de Acapulco debe de mantener sustentable, limpio la laguna porque forma parte de las bellezas naturales territoriales que ofrece Acapulco. También opinaron que las personas que utilizan las lanchas de recreación deben de recibir capacitación para que no tiren las grasas y aceites a la laguna, ya que dañan la flora y fauna acuática presente. El turista si quiere ayudar a restaurar la laguna, siempre y cuando la población primeramente tenga la iniciativa.

### **Encuesta realizada a los pobladores y a los turistas.**

Al aplicar los 100 cuestionarios a los pobladores y a los turistas, se obtuvieron los siguientes resultados: **Conforme a los pobladores**, ¿Cree Usted que está contaminada la laguna? El 78% dijo que sí, y el 10% dijo que no, y el 12% contestó que no sabe. ¿Cree Usted que haya en el agua metales pesados acumulables por las baterías, pinturas y sustancias desconocidas? El 85% dijo que sí y el 10% dijo que no y el 5% no sabe. ¿Utilizaría Usted el Agua para Uso doméstico? En un 65% que, sí la utilizarían para uso doméstico; mientras que el 30% dijo que no la utilizaría y el 5%, no sabe. ¿Muchos de los locatarios, restauranteros, hoteleros que se encuentran cerca de la laguna, tiran allí la basura? El 85% dice estar de acuerdo, el 10% dice que está en desacuerdo, y el 5% no sabe, pero sugieren que el Municipio aplique las normas y reglamentos a los hoteles, restaurantes y las multas correspondientes a todo usuario que tire basura o aguas residuales a la laguna. ¿Los locatarios, restauranteros, hoteleros, casa – habitación descargan sus aguas residuales en la laguna? El 75% dice que estar de acuerdo, ya que a simple vista observaron algunos tubos de PVC que drenaban aguas negras y residuales directamente a la laguna. El 10% dijo estar en desacuerdo, y el 15% no sabe. Se les preguntó porque está contaminada la laguna, el 73% dijo que por las casas que habitan cerca de ella tiran sus aguas residuales de manera directa a la laguna., y el 20% dijo que los hoteles y restaurantes provocaban este resultado y el 7% no sabe. Se les preguntó que, si estaría dispuesto a llevar una limpieza generalizada a toda la laguna, el 70% contestó que sí, pero el 25% dijo que no, agregando que lo realice el gobierno y 5% no sabe. Se les preguntó que, si se había enfermado o alguna persona familiar se había enfermado al utilizar el agua de la laguna, y el 72% contestó que sí, el 27% que no y el 1% no saben. ¿Qué tipo de soluciones cree usted más factible de aplicar? 77% contestó que se incremente el servicio de la recolección de la basura. El 13% que el gobierno solucione el problema y el 10% que los mismos locatarios, restaurantes y hoteles pongan una solución ya que viven del turismo. **Conforme a los turistas**. ¿Sabía Usted antes de venir a la laguna que ésta estuviera contaminada? El 92% contestó que no sabía y el 8% dijo que, si sabían por la información previa de familiares, vecinos de los familiares radicados en Acapulco. ¿Utilizarían el agua de la laguna para uso recreativo? Los turistas opinaron en un 43% que el agua de la laguna no la utilizarían para uso recreativo. Sin embargo, al 57% no les interesan estas condiciones, y si la utilizaría. ¿Qué tan a menudo utiliza el agua de la laguna? El 23% contestó que nunca, simplemente le gusta admirar el paisaje, el 43% a veces, y el 34% siempre, aunque esté sucia ya estamos acostumbrados. ¿Cree Usted que exista mayor contaminación en época de secas o de lluvias? El 87% dijo que en época de lluvias y el 10% en época de secas, y el 3% no sabe. Esto es considerando los dos periodos de vacaciones del año. ¿Volvería a visitar la laguna de Puerto Marqués? El 11% contestó que nunca, el 75% que posiblemente si las condiciones de limpieza cambien, y el 14% dijo que sí, ya que hay otras lagunas más sucias que ésta (ver figura 3).



**Figura 3.- Se observa a los turistas llegando al Puerto de Acapulco para visitar la Laguna Negra de Puerto Marqués y la Playa Revolcadero (Fotografía: elaboración propia, 10 de agosto, 2017).**

Conforme a la disposición de participar en la implementación de estrategias y programas de limpieza de la Laguna de Puerto Marqués. Cuando se le preguntó ¿Estaría dispuesto a cooperar con acciones emergentes para descontaminarla? El 9% contestó que sí, siempre y cuando las personas de la localidad (Gobierno, Hoteleros, Restauranteros, Locatarios), sean los principales en participar, el 81% dijo que no, y el 10% dijo que no sabe. Cabe ser mención que la aplicación del cuestionario fue en el momento que ellos iban llegando a la laguna, y veían a simple vista toda clase de residuos sólidos, y diferentes sustancias contaminantes en el cuerpo de agua. Y algunos utilizando el agua como uso recreativo.

### **Conclusiones**

Se encontraron abundante a muy abundante, Basura, Aguas Negras, Materia Orgánica y concentraciones altas de grasas y aceites, en las muestras de agua y sustrato; sobrepasando la legislación aplicable en la materia. Las aguas procedentes de baterías, pinturas, sustancias con diferentes propiedades reaccionantes acumulables contaminan el agua con diversos metales. Como las sales de metales de plomo, el zinc, el mercurio, la plata, el níquel, el cadmio y el arsénico son muy tóxicas para la flora, la fauna terrestre y acuática. Lo cual al realizarle el estudio fisicoquímico en la Laguna Negra de Puerto Marqués se encontró grandes cantidades de Plomo, Mercurio y Cadmio que son bioacumulables en el sustrato y cuerpo de agua, por los acumuladores de diferentes carros, pinturas tóxicas y sustancias como la cerámica que contiene grandes cantidades de cadmio encontrados en la laguna, y están por arriba de los límites permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas como Norma 001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1997), El aumento de Coliformes Totales y fecales, sobrepasando los valores de los rangos de la Norma 127 SSA1-1994 (SS. 2000), y el gran aumento de enterococos considerando la Norma NMX-AA-120SCFI – 2006 (2016), en consecuencia; la población y el turismo están en riesgo latente de sufrir cualquier tipo de enfermedad producida por el agua contaminada de la laguna lo cual; no es apta para uso doméstico, ni recreativo; en tiempo de estiaje y de lluvias, por la alta contaminación que existe; ya que para ser utilizada, es necesario una planta tratadora de aguas residuales funcionando al 100%, y así garantizar su calidad a través de sistemas de tratamiento para reutilizarla, en la irrigación de áreas verdes, patios y hortalizas. También es importante informar y sensibilizar a la población y al turismo acerca de las condiciones ambientales que prevalece la Laguna Negra de Puerto Marqués, no sólo para proteger su salud, sino también para garantizar las actividades asociadas al turismo.

## REFERENCIAS

**Acosta, C. Lodeiros, W. Señor, G. Martínez.**, (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela: INCI, **27**, 12 (2002).

**Álvarez-Jesús A., Rubiños-Panta E., Gavi-Reyes F., Alarcón Cabañero J.J., Hernández-Acosta E., Ramírez-Ayala C., Mejía-Saenz E., Pedrero-Salcedo E., Nicolas-Nicolas E. y Salazar-Sosa E.** (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. Rev. Inter. Bot. Exp. PHYTON. 75: 71-83.

**APHA** (2000). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20a ed. American Public Health Association. Washington, EUA: 1520 pp. Disponible en: [https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/.../AJPH.85.8\\_Pt\\_2](https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/.../AJPH.85.8_Pt_2). P.16... {Consultado 22-03-2018}.

**Botté, S.E.; Freije, R.H. and Marcovecchio, J.E.** (2010). Distribution of Several Heavy Metals in Tidal Flats Sediments within Bahía Blanca Estuary (Argentina). Water Air Soil Pollut. 210:371-388.

**Cámara de Diputados** (2010) *Ley Federal de Derechos*. México: Diario Oficial de la Federación, 18 de noviembre del 2010. p. 473.

**Conagua** (2007) *Contaminación del agua por metales pesados. Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, tóxicos para el cuerpo humano*. Conagua. Doc. 8-43/007/2007. 8 de nov. 2007. Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-metales/> [Consultado 09-05-2017].

**Conagua** (2009) Hidrología y Presas. Documentos 089-103/007/08-03-2009. Archivo. Gobierno del Estado de Guerrero. Comisión Nacional del Agua. 18 de abril 2009. (Consultado 18-05-2017).

**CONAGUA** (2010) *Estadísticas del Agua en México*. México D.F Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.: 258 pp.

**Conagua** (2013) Acapulco. *Lagunas Costeras de Guerrero*. Cuerpos de Agua. Contaminadas. Doc.13/2506-13. 25 junio 2013.

**Conagua** (2017) *Uso eficiente del Agua*. Comisión Nacional del Agua. Frente fríos 2017-2018. Modificado 11 de diciembre 2017. Disponible en: [www.gob.mx/conagua](http://www.gob.mx/conagua). {Consultado 01-04-2018}.

**Cordero Y., Párraga C., España R., Cohir A. y Quintero J.G.**, (2010) *Caracterización preliminar de los vertidos de aguas residuales en la Unellez*, Guanare, portuguesa: Rev. Unell. Cienc. Tec. (Volumen especial). 8-13 pp.

**Denzin** (2001) *Métodos básicos en la Investigación Cualitativa, la Observación*. UAEH. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n10/r1.html>. {09-08-2017}.

**Dimas M. J.J., Ortiz Guzmán D.D., Ortega Ramírez, G.O.** (2017) *Estudio Físicoquímico y Microbiológico del agua de la Laguna Negra de Puerto Marqués, y la Opinión y Percepción de los Pobladores y Turistas*. Acapulco, Guerrero, México: Proyecto Universidad Autónoma de Guerrero. Pp. 77-109.

**DOF** (1980) *Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-003-SCFI. Muestras de aguas residuales. Preservación y Conservación.*, México., D.F: Diario Oficial de la Federación, marzo 26 1980.

**DOF** (1997) *Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMARNAT-1996 (1997). Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.* México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 30 abril 1997.

**DOF** (2000) *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (2000), Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse el Agua para su Potabilización.*, México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 22 de noviembre del 2000.

**DOF** (2001) Norma Oficial Mexicana, NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis de Agua. -Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas Naturales, Residuales (DBO5) y Residuales Tratadas. - Método de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 17 de abril del 2001.

**DOF** (2011) *Norma Oficial Mexicana, NMX-AA-008-SCFI-2011. Análisis de agua. Determinación del. pH. Método de prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.*, México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 22 de enero del 2013.

**DOF** (2011) *Norma Oficial Mexicana, NMX-AA-042-2015. Calidad del agua. Determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termo tolerantes) y Escherichia coli presuntiva. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.* México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 13 de agosto 2013.

**DOF** (2012) *Norma Oficial Mexicana, NMX-AA-030/1-SCFI-2012. Análisis de Agua - Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. Método De Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.* México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 21 de mayo 2013.

**DOF** (2013) *Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-005-SCFI-2013. Análisis de Agua - Determinación de Grasas y Aceites Recuperables en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. Método de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.* México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 11 de abril 2014.

**DOF** (2013) *Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-007-SCFI-2013. Análisis de Agua. Determinación de la Temperatura en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. Método de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.*, México, D.F: Diario Oficial de la Federación 23 de enero del 2014.

**DOF** (2015) *Norma Oficial Mexicana, PROY-NMX-AA-034/1-SCFI-2015. Análisis de Agua. Determinación de sólidos suspendidos totales en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. Método de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.* México, D.F: Diario Oficial de la Federación, 3 de marzo del 2016.

**DOF** (2016) *NMX-AA-120-SCFI-2006 (2016), que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de Playa.* Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. Jueves 6 de Julio 2006.

**García-Hernández J., Cadena-Cárdenas L., Betancourt Lozano M., García de la Parra L.M., García-Rico L. y Márquez-Farías F.** (2007). Total mercury content found in edible tissues of top predator fish from the Gulf of California, Mexico. *Toxicol. Environ. Chem.* 89, 507- 522. DOI: 10.1080/02772240601165594.

**Google Maps** (2017) *Cartografía de la Laguna Negra de Puerto Marqués. Localización. Toma de Muestras de Agua de laguna mezclada con aguas residuales de Hoteles, restaurantes y casas.*

**Dimas**, 2017. Ubicación Cartográfica. Mapa digital Aéreo / Imagen de satélite Google. (Modificado, 8 de agosto de 2017).

**Hernández, S. R.; Fernández C.; Pilar, B. L.**, (2003) *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill 2003. pp. 138-204.

**INEGI** (2016) *Mapa Digital de México V6.3. 0. Censos Económicos. Nacionales. Topografía. Publicaciones*. Disponible en: [gaia.inegi.org.mx/](http://gaia.inegi.org.mx/)

**Irvine, N.K., Perrelli, M.F., Ngoen-Klan, R. and Droppo, I.G.** (2009). Metal levels in street sediment from an industrial city: spatial trends, chemical fractionation, and management implications. *J Soils Sediments*. 9:328-341.

**Montebello** (2017) *Lagunas Contaminadas*. Programa para las lagunas. Residuos tóxicos flotables. Disponible en: [www.turismochiapas.gob.mx/sectur/lagunas-de-montebello](http://www.turismochiapas.gob.mx/sectur/lagunas-de-montebello)

**Nash Louis.**, (1993) *Water quality and health*. In: Gleick P. *Water in crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security. Stockholm Environment Institute. Oxford University Press. pp.473.

**Pérez-Castillo, A. My Rodríguez, A.** (2008) *Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación*. *Rev. Biol. Trop.* 56(4), 1905-1918.

**SEDUE** (1989) *Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, CE-CCA-001/88*. Diario Oficial de la Federación. 13 de diciembre de 1989.

**Sundararajan, M. and Natesan, U.** (2010). Environmental geochemistry of core sediments from Serthalaikkadu Creek, East coast of India *Environ Earth Sci.* 62: 493–506. Doi: 10.1007/s12665-010-0542-2.

**Tam, F.Y.N.** (2006). Pollution Studies on Mangroves in Hong Kong and Mainland China. *The Environment in Asia Pacific Harbours*. 147-163. Doi: 10.1007/1-4020-3655-8\_11.

**Tyller M., G.** (2002) *Ciencia Ambiental. Preservemos la tierra*. México: Thompson. 5ª. Ed. P. 456. ISBN: 9706862064. 2002.

**Urrutia., R. M. Yevenes, R. Barra** (2002 a). *Determinación de los niveles basales de Metales traza en sedimentos*. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid...16442002000400017](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid...16442002000400017).

**Urrutia, R.M. Yevenes, R. Barra** (2002 b). Determinación de los niveles basales de Metales traza en sedimentos de tres Lagos Andinos de Chile: Lagos Chungará, Laja y Castor. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. 47, 4 (2002).

**Villagómez, J. R., Prieto. Pérez, F., Otazo, E. y Vite J.** (2003) *Concentraciones altas de arsénico y manganeso en aguas y lodos de Zimapán Hidalgo: Análisis de Algunas posibles formas de estudio de la disminución de los elementos tóxicos*. IX. Foro de Estudios Sobre Guerrero: Disco compacto. CONACYT. Guerrero.

**Villanueva S. y Botello A.** (1992). Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 8, pp. 47-61.

**Villanueva S. y A. V. Botello.** Metal Pollution in Coastal Areas of México. Rev Environ. Contam. And Toxicology **157** (1998), 53-94.

**Zamora Z. R.,** (2008) *Contaminación del suelo por el uso indebido de las aguas residuales.* 25/05/2018. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/367556365/Contaminacion-Del-Suelo...>{Consultado 02-02-2018}.