

La población y la determinación fisicoquímica y microbiológica del agua de la Laguna de Michigan del Municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero

Juan José Dimas Mojarro¹

Miguel Ángel Cruz Vicente²

Guadalupe Olivia Ortega Ramírez³

Resumen

La Laguna de Michigan es receptora de aguas residuales, aguas de drenaje y residuos sólidos urbanos. Durante el año 2020 las aguas de la laguna no han sido evaluadas y diagnosticadas bajo las Normas Oficiales Mexicanas, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo principal, realizar un estudio exploratorio, visual macroscópico observacional y efectuar un estudio fisicoquímico y microbiológico, 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 los visitantes utilizan el agua para actividades domésticas y recreativas. Se tomaron muestras compuestas mensuales, de enero a diciembre 2020, analizándolas en laboratorio. Los resultados indicaron que, en el estudio exploratorio visual, había abundantes residuos sólidos (basura), abundantes heces fecales y detergentes, así como grasas y aceites. En el laboratorio se encontraron: concentraciones altas de Sólidos Suspendidos Totales (SST), concentraciones altas de coliformes totales y fecales, así como enterococos 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 realizaron 50 entrevistas y se aplicaron 200 cuestionarios. Los pobladores opinaron en un 60% que el estado actual del agua de la laguna sí la utilizarían para uso doméstico; mientras que el 35% dijo que no la utilizaría y el 5% no sabe. Los turistas opinaron en un 65% que el agua de la laguna no la utilizarían para uso recreativo. Sin embargo, 35% 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 el turista.

Conceptos clave: análisis del agua, estudio exploratorio, utilización del agua, opinión y percepción de pobladores y turistas.

Introducción

El análisis del Programa de Tratamiento de Aguas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), hecho por varias organizaciones, advierte que se desconoce la calidad del agua de

¹ Doctor en Ciencias Ambientales, Facultad de Turismo. Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Mención: Sociedad, Medio Ambiente y Turismo. Universidad Autónoma de Guerrero. juan_dimas_m@yahoo.com.mx

² Doctor en Desarrollo Regional, Facultad de Turismo, Universidad Autónoma de Guerrero. miguelcruz_vicente@hotmail.com

³ Doctora en Ciencias Sociales, Facultad de Turismo. Maestría Gestión Sustentable del Turismo. Mención: Desarrollo Sustentable y Turismo. Universidad Autónoma de Guerrero. ortega.olivia@yahoo.com

la mayoría de los acuíferos que existen 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 del agua en la que están más de la mitad de los 653 acuíferos que existen en el país.

La extensión territorial de los Estados Unidos Mexicanos es de 1,964 millones de km², de los cuales 1,959 millones corresponden a la superficie continental y el resto a las áreas insulares. Debe considerarse la Zona Económica Exclusiva (ZEE), definida como la franja de hasta 370 kilómetros (km) de ancho, medida a partir de la línea de base costera, cuya extensión se estima en aproximadamente tres millones de km² (Conagua, 2017).

Durante los últimos años se ha vuelto común considerar la relación entre la cantidad y la calidad del agua, y sobre todo la determinación fisicoquímica y microbiológica. 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.

México está entre los países con mayor grado de deforestación en América, sin embargo, faltan datos precisos de la cobertura nacional, haciendo imposible estimar con exactitud la tasa de pérdida en el paso del tiempo (Hirales-Cota et al., 2010). Landgrave y Moreno-Casasola (2012) señalan que el estado de Guerrero ha perdido a causa de la tala inmoderada prácticamente el 31% de humedales lagunares, lo que ha impactado en la pérdida de importantes servicios ambientales.

Las zonas costeras tienen una dinámica determinada por la interface del continente, el océano y la atmósfera, en la que se encuentran humedales y extensiones importantes de manglar; estos se caracterizan por ser un ecosistema que provee diversos servicios ambientales con procesos ecológicos acelerados y muy sensibles a cualquier perturbación, por esta razón y por las diversas actividades antropogénicas como: extracción de madera, desarrollo agropecuario y turístico; se encuentran en grave riesgo en todo el mundo (Lara-Lara et al., 2008; McGowan et al., 2010; Hamilton y Collins, 2013; Konnerup, 2014).

Si a lo anterior le agregamos el consumismo y la falta de sistemas de drenaje, hacen que tanto residuos generados en los hogares como las aguas residuales terminen dispersos, o vertidos en algún cuerpo de agua, tal es el caso de las Lagunas de Nuxco y Michigan en la región de la Costa Grande del Estado de Guerrero. La Laguna de Nuxco, cuya característica principal es tener agua salobre y la Laguna de Michigan de agua dulce y salina (ya que se une el mar y la laguna); donde su dinámica ecológica ambiental se refleja en la composición cualitativa y cuantitativa de las comunidades ictiofaunísticas, las cuales, en todo el sistema lagunar, están constituidas por un 40% de peces dulceacuícolas, 5% de peces marinos propiamente estuarinos, 5% de peces marinos, que utilizan el estuario como áreas de crianza, 40% de peces marinos que utilizan el estuario como adultos y para alimentarse y 10% de peces marinos visitantes ocasionales de periodicidad cíclica. Esta proporción varía en las diferentes lagunas en su composición y abundancia relativa de especies de acuerdo a: 1) las condiciones hidrológicas del sistema ecológico, consecuencia de la época del año y el período

ecológico de las lagunas, 2) la localidad dentro del estuario y sus gradientes de salinidades y 3) la disponibilidad del alimento (Instituto Nacional de Pesca, 2018).

De las 16 lagunas costeras que hay en el Estado de Guerrero, 12 presentan grandes problemas de contaminación por las toneladas de desechos que semanalmente desbordan estos lugares, como por ejemplo la Laguna de Michigan; y que pone en riesgo el ecosistema del lugar por el exceso de residuos sólidos y contaminantes que tiran. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía debe tomarse en cuenta las lagunas que son señaladas como atractivos turísticos para Guerrero (INEGI, 2016).

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 m³. 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, por otro lado; los lagos y lagunas más importantes son: Potosí, Mitla, Nuxco, Michigan, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla. En la Costa Grande, principalmente existe tres importantes lagunas como son Michigan, Coyuca de Benítez y Estero el Plan, cada una tiene sus diferentes características y propiedades. Pero las tres lagunas forman parte de la imagen de la Costa Grande de Guerrero (Conagua, 2009).

La Comunidad de Michigan, territorio donde se asentó hace siglos la cultura tlahuica, es un lugar ecoturístico semivirgen, con una mínima infraestructura turística. De manera cordial se le invita al turista que vaya acompañado con un guía que conozca el lugar para realizar recorridos y así tenga el visitante una experiencia turística agradable y de menor riesgo. Es uno de los destinos turísticos más buscados y a la vez visitados por turistas de la región y algunos nacionales; el perfil del turista que visita el lugar son las personas que desean el descanso, la meditación y la convivencia social. Desde hace más de 20 años a esta laguna se le conoce como Michigan. Según lugareños en la época de los setentas fueron extranjeros de Estados Unidos (Michigan) quienes bautizaron este lugar por su supuesta similitud con aquel estado de nuestro vecino del norte como es Michigan, aunque para muchos siga siendo la Isla de Pájaros, localizada a 15 km de Tecpan de Galeana, cercana a la comunidad de Tenexpa. Su atractivo radica en que para llegar al mar es necesario atravesar un estero el cual tiene dentro y fuera de sí, vegetación acuática, predominando los lirios y algunas plantas de diferentes tipos en los islotes que se encuentran a lo largo del estero como exuberantes y bellas palmeras que hacen más llamativo el paisaje.

Para el servicio de alimentación y bebidas se cuenta con establecimientos acondicionados para atender al visitante y en donde se puede encontrar diferentes platillos, sobresaliendo entre ellos el pescado a la talla, que es del gusto del turista que llega a probarlo. Por el lado extremo de la laguna se asienta una comunidad territorial, y por el otro lado una playa llamada del mismo nombre, la cual sus aguas son de color azul verdoso y la arena

dentro y fuera es de grano mixto. Es una playa de mar abierto, con oleaje fuerte, por lo que se recomienda mucha precaución para meterse a nadar, evitando así exponerse a sufrir cualquier accidente por su alto oleaje. Esta playa es muy frecuentada para la realización de actividades de turismo de naturaleza y por la pasividad y calma de sus noches, las cuales son aprovechadas para la realización de "lunadas", fomentando la convivencia social entre los visitantes, resultando un lugar soñado para descansar (H. Ayuntamiento, 2016). Los vacacionistas quedan gratamente complacidos por los antecedentes históricos y la valía natural de ese sitio alrededor de la laguna.

La población se dedica especialmente al cultivo de cocos y muchos de ellos los comercializan para elaborar jabones, aceite o dulces. Si se decide visitar Michigan para practicar el ecoturismo conviene saber que es posible realizar campamentos tanto en la laguna como en la playa en varias de las enramadas que se ubican frente a la laguna. Es un sitio que desde hace varios años se encuentra en funcionamiento con la colaboración de los habitantes del lugar y de defensores de la ecología que llegan desde diferentes partes del mundo para ayudar en la protección de las aves.

La orografía la conforman tres tipos de relieve: 1) las zonas accidentadas están presentes en un 74% del territorio, localizadas en la Sierra Madre del Sur, las cuales están cubiertas por bosques forestales; 2) las zonas semiplanas abarcan el 11% de la superficie, localizadas en la parte donde se inicia la montaña, formadas por lomeríos con pequeñas áreas cultivables; y 3) las zonas planas abarcan un 15% de la superficie municipal, que es conocida como *faja costera*. En la parte alta se presenta un clima semicálido subhúmedo; mientras que en la parte baja, un clima cálido subhúmedo. La temperatura promedio anual es de 26° C. Tiene una precipitación anual promedio de 1,050 mm. La vegetación está compuesta por selva baja caducifolia, en las orillas de las lagunas es común encontrar selva mediana y manglar.

La Laguna de Michigan desde el punto de vista ecológico es un ecosistema con gran capacidad biogénica, debido a que constituye un hábitat singular para flora y fauna endémica, además mantienen una biodiversidad y constituyen el medio de importantes especies y plantas, manglares y animales en peligro de extinción como es el cocodrilo, la garza blanca, el bagre (cuatete). Animales como armadillos, tejones, mapaches, zorrillos, iguanas, venados, lagartos y tlacuaches han hecho de esta zona su hábitat, enriqueciendo así la biodiversidad local de una manera muy interesante.

La Laguna de Michigan es alimentada por el río Tecpan y es tierra muy productiva debido al contacto de los sedimentos de tierra negra fértil, hierbas y manglares con la superficie del agua como consecuencia de su alta profundidad. Otras características propias suelen ser la alternancia de ciclos secos y húmedos, la geomorfología y los diferentes usos del suelo desde café parduzco a negro. No obstante, conviene tener precaución por los abundantes mosquitos que hay en el sitio. Además, es una extensión de agua no muy estancada y al ser profunda permite que el sol no penetre hasta su fondo, impidiendo la formación de distintos estratos térmicos, como así sucede en los lagos, en los que se distingue una zona afótica (sin luz) (SEMARNAT, 2018). 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 para los ancianos y 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.

El presente trabajo se realizó con el propósito de tener un diagnóstico de la calidad del agua. Realizando un estudio físicoquímico y microbiológico en condiciones de estiaje (enero a mayo) y de lluvias (junio a diciembre) del año 2020, a partir del cálculo del promedio estándar, *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 de Michigan, en donde se involucre al turista, a la participación de la población local y de los diferentes sectores público (en sus tres niveles) y privado.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

La Laguna de Michigan forma parte de la costa guerrerense, se ubica en el Municipio de Tecpan de Galeana en la región de la Costa Grande de Guerrero. Se puede acceder al cuerpo lagunar por: 1) Acapulco vía Tecpan de Galeana y 2) Zihuatanejo a Tecpan de Galeana; y de Tecpan de Galeana trasladarse a la comunidad de Tenexpa (INEGI, 2016) ver mapa 1.

Mapa 1. Ubicación de la Laguna de Michigan.



Fuente: Dimas, 2019.

Sitio de observación visual macroscópica y muestreo de agua

Se realizaron dos recorridos: 1) caminando a orilla de la laguna y 2) en lancha dentro de las aguas de la laguna; para el estudio exploratorio visual macroscópica sobre el grado de contaminación, observando: basura, maleza, heces fecales, grasas y aceites, detergentes, aguas negras; para su evaluación se consideró una escala como parámetro para medir la contaminación en: 1) +++++ Muy abundante, 2) ++++ Abundante, 3) +++ Regular, 4) ++ Escasa, 5) + Muy escasa, y 6) - No existe contaminación (Denzin and Lincoln, 2017).

El muestreo se realizó de enero a diciembre del año 2020 (12 muestreos en total, uno por mes). Las muestras tomadas durante los meses de enero a mayo, fueron consideradas como período de estiaje; aquellas tomadas durante el periodo de junio a diciembre, como el de lluvias. 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 2 Litros (L). De ahí se obtuvieron muestras compuestas para cada tipo de análisis y se preservaron según la norma (DOF, 1980). El muestreo fue realizado de manera diferenciada en función de los parámetros a analizar (físicoquímicos y microbiológicos). Para la determinación de coliformes totales, fecales y estreptococos se utilizaron matraces Erlenmeyer de 250 mL con 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 1% debidamente esterilizados. Las muestras se transportaron a 4°C al laboratorio de la Zona Sur de la Universidad Autónoma de Guerrero en donde se procedió de manera inmediata a realizar el análisis (APHA, 2000; Dimas, et al., 2020).

Metodología analítica

Se analizaron *in situ* las aguas de la laguna, las cuales se han 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 físicoquímicos 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. La obtención de resultados válidos requirió la aplicación estricta de los procedimientos de control de calidad y la aplicación de las normas y estándares aplicados. Los parámetros analizados incluyen aquellos establecidos en la legislación que aplica en materia de agua (Cámara de Diputados, 2010; DOF, 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 (SS, 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 aplicaron 200 cuestionarios y 50 entrevistas a los pobladores y turistas con el propósito de conocer la opinión y percepción de éstos sobre la utilización y recreación del agua de la Laguna de Michigan (Hernández *et al.*, 2014).

- 1) Se realizaron 50 entrevistas a los pobladores y a turistas que llegaban a la laguna observando los contaminantes en el área de influencia de la laguna, y a los que se encontraban nadando.
- 2) Se aplicaron 200 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 el año 2020 en épocas de secas y de lluvias. Considerando la llegada de turistas rurales y nacionales.

La encuesta abordó temas como: a) Localización de la Laguna de Michigan perteneciente al Municipio de Tecpan de Galeana, b) grado de escolaridad de los pobladores y turistas encuestados, c) descargas de aguas residuales, de restaurantes, loncherías, baños públicos, 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.

Resultados y Discusión

Estudio exploratorio observacional de la Laguna de Michigan, durante el año, 2020.

Cuadro 1.- Resultados de la inspección visual directa en época de secas (enero a junio) y en época de lluvias (julio a diciembre) del año, 2020.

Laguna Michigan	Basura	Detergentes	Grasas y Aceites	Maleza	Heces Fecales	Aguas Negras	Baterías de Carros
Época de secas	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Época de lluvias	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++

Nota: Escala arbitraria como parámetro para medir la contaminación: +++++ Muy abundante, ++++ Abundante, +++ Regular, ++ Escasa, + Muy escasa, - No existe contaminación. (Denzin and Lincoln, 2017)

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro uno se observa que en época de secas hubo regular y en tiempo de lluvias muy abundante contaminación con residuos sólidos (basura), detergentes, maleza, heces fecales, aguas negras. Esto fue debido, probablemente, al arrastre de las aguas residuales a través de las corrientes de la laguna. Dentro de la fuente de contaminación se puede incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica y arrastrada por las aguas residuales que son los detergentes con fosfatos (Álvarez, *et al.*, 2006). Esto es comparable a otras investigaciones de diferentes lagunas como la de Montebello, Chiapas, con abundantes residuos sólidos y aguas negras por la presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza degradable (Montebello, 2017).

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

Tabla 1. Estudios Fisicoquímicos y Microbiológicos

Parámetros Fisicoquímicos	Épocas de secas	Épocas de lluvias	Valores de referencia en laguna costeras NOM-001-SEMARNAT-1996 (1997) y la Norma NMX-AA-120-SCFI-2006 (2016)
Temperatura (°C)	15	13	Hasta 40°C
pH (Unidades)	9.5	9.9	Hasta 10 Unidades
Turbidez (Unidades Nefalométricas)	67	78	Hasta 40 UTN
Grasas y Aceites (mg/L)	58	67	Hasta 15 mg/L
Sólidos Suspendedos Totales (SST) (mg/L)	201	210	Hasta 75 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO5) (mg/L)	40	52	Hasta 75 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	19	20	Hasta 20 mg/L
Oxígeno Disuelto (OD) (mg/L)	6.0	6.6	7-8 mg/ L
N-Nitratos (NO ₃ ⁻) (mg/L)	20	25	Hasta 25 mg/L
<i>Coliformes totales</i>	4,400	5,300	Hasta 1000NMP/100mL
<i>Coliformes fecales</i>	3,100	3,400	Hasta 200 NMP/100mL
<i>Enterococos</i>	5,000	6,100	Hasta 500NMP/100mL

Nota: variación de las concentraciones de los diferentes parámetros del agua de la laguna con base a la Norma 001-SEMARNAT-1996.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al pH, el agua residual con concentración de ion hidrógeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ión hidrogeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. A una temperatura determinadas la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrogeno o pH. Con los resultados del PH de 9.5 a 9.9 dentro de los valores promedios altos al límite extremo y con la normatividad aplicable, el agua de la laguna no es apta para todos los usos.

Para el caso de la temperatura, en general sus valores fueron más de templado a frio, concentraciones bajas entre 18°C a 15°C, que los del ambiente; sin embargo, es claro que durante los meses de lluvia la temperatura disminuye, probablemente a la dilución del agua y al aporte de este recurso que proviene de la Sierra Madre del Sur. Dentro de esta última fuente de contaminación se puede incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica de las casas-habitación. Los detergentes hechos a base de fosfatos provocan un efecto destructor en el medio ambiente porque aceleran el proceso de eutrofización de las aguas de laguna. Como el uso de detergentes fosfatados ha generado problemas muy graves en el agua, algunos países han prohibido el uso de detergentes de este tipo (Montse, 2018).

Otros componentes que se detectaron en todas las muestras fueron las grasas y aceites con concentración promedio de 67 mg/L muy alto a comparación con el límite permisible de 15mg/L en aguas de humedales. Su presencia se explica por las descargas de agua residual domiciliaria y de los 5 talleres mecánicos establecidos y sobre todo de la misma gente limpian los motores de las lanchas de recreación (aproximadamente 15) y ellos mismos tiran los

botes llenos de grasas y aceites en la zona de la laguna. 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, en cuyos resultados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos épocas de muestreo ($P = 0.90$, $\alpha = 0.05$).

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 40 y hasta 52 mg/L; demasiado bajo la cantidad de oxígeno disuelto (mg O₂/L) necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables, con base a la Norma 001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT, 1997).

Para el caso de la DQO los valores fluctúan en un promedio de 19 en tiempo de secas; cuyo valor normal es hasta 20 mg/L, las concentraciones de SST varían con promedio alto de 210 mg/L en épocas de lluvias. Rebasando más de lo triple en concentraciones, lo cual lo permisible es hasta 75 mg/L. Cabe destacar que los valores del coeficiente de variación de la DQO en la época de estiaje no son muy altos, pero es probable que sea provocado por las descargas de aguas provenientes de fuentes no municipales, la cual es necesario la cantidad de oxígeno (mg O₂/L), para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas. Con base en los criterios emitidos por la (CONAGUA, 2010).

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, flora y fauna. Por su parte, los Sólidos Suspendidos Totales también son indicadores comunes de la contaminación del agua. En este trabajo se muestra que no existen gran diferencia en los efectos de dilución durante la época de lluvias, probablemente por el aumento del arrastre de materiales orgánicos e inorgánicos de norte a suroeste en la laguna.

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 4,400 hasta 5,300 NMP/100 mL, para las dos diferentes épocas en la zona de muestreo. 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 3,100 hasta 3,400 NMP/mL. Los valores encontrados de coliformes totales y fecales son

consecuencia, principalmente, de escorrentías de descargas de aguas no tratadas originarias de poblaciones aledañas que se encuentran asentadas a lo largo de la Laguna de Michigan. Los valores del coeficiente de variación son altos en ambas épocas del año y su concentración tiende a ser mayor en la zona central de los manglares.

No obstante, si consideramos la calidad del agua de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 (SS, 2000), tanto los *coliformes totales* como los *coliformes fecales* deben estar ausentes. Se detectó la presencia de *enterococos* en grandes concentraciones mayores de 500 NMP/100 mL. Que van desde 5,000 a 6,100 NMP/100 mL, en época de estiaje y en época de lluvias un intervalo de diferencia mucho mayor como es 1,100. Esto también nos reafirma que es un indicador muy importante de la contaminación de las lagunas, ya que pueden estar presentes en suelo, alimentos, agua, plantas, animales e insectos y suelen considerarse buenos indicadores de contaminación fecal debido a que son muy resistentes a condiciones adversas como la congelación y la desecación.

El coeficiente de variación es muy alto para todos los casos, indicando aportes probablemente derivados del drenaje, desechos industriales que los talleres mecánicos de lanchas arrojan a la laguna y algunos plaguicidas aplicados por los mismos campesinos en las zonas de cultivo., que pueden ser bioacumulables durante mucho tiempo, según 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). (ver tabla 1 y fotografía 1).

Fotografía 1. Laguna de Michigan.



Fuente: Luna, 2008.

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 del agua de la laguna es el mismo, no hay mucha diferencia en las dos épocas de muestreo ($P =$

0.95; $P = 0.96$ $\alpha = 0.05$). Conforme a los *enterococos*, *coliformes fecales*, la DBO5 y los nitratos, son los parámetros que disminuyen el índice general de una buena calidad del agua de la laguna. 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 **contaminada**. Estos resultados reflejan la carga orgánica de las aguas analizadas y su contaminación microbiológica, provocadas por las descargas de aguas residuales y de drenaje.

Opinión y percepción de los pobladores y turistas por los contaminantes existentes en la Laguna de Michigan en épocas de secas y de lluvias durante (enero-diciembre, 2020)

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 en la Laguna de Michigan de la Costa Grande de Guerrero, que, cada día, que pasa se contamina más, por la acumulación de residuos sólidos, detergentes, grasas, aceites y aguas negras ya que la misma gente lo ocasiona, argumentando que no tienen drenaje. Ellos opinan que han fracasado en distintas ocasiones al pedir drenaje y agua potable al Presidente Municipal. 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 y están en riesgo permanente de enfermarse. Ellos argumentaron que por la mayor necesidad de lavar su propia ropa y no existe agua.
- Por su parte los turistas dicen que ellos vienen a la laguna a descansar y disfrutar de la naturaleza, pero no están de acuerdo con los contaminantes que se observan dentro del cuerpo de agua, la mayoría se pasaban a la playa Michigan a deleitarse con el pescado frito, al mojo de ajo y camarones a la diablo, pescado en chile verde (pescado al chingadazo) y platillos tradicionales. 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 de la laguna y en respuesta dijeron que no. Otros solamente admiraban el paisaje de la laguna con sus garzas, pájaros de distintos colores y admirar los grandes árboles de mangle y encino. Ellos se preguntaban por qué había poco turismo si es un territorio atractivo, ya que existe una laguna y una playa y los divide una franja de tierra de aproximadamente 12 metros de largo por 10 metros de ancho. También opinaron que las personas que utilizan las lanchas para recreación turística no deben de tirar basura, ni botes llenos de aceites y grasas a la laguna, ya que ellos mismos vieron a un servidor turístico tirar un bote lleno de aceite a la laguna, contaminando el agua, la flora y fauna existente.

Encuestas realizadas a los pobladores y a los turistas.

Al aplicar los 200 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 90% dijo que sí, el 8% dijo que no y el 2% contestó que no sabe.
- ¿Cree Usted que haya en el agua microorganismos que produzcan enfermedades en las personas? El 60% dijo que sí, el 10% dijo que no y el 30% no sabe.
- ¿Utilizaría Usted el Agua para Uso doméstico? En un 60% que sí la utilizarían para uso doméstico, mientras que el 35% dijo que no la utilizaría y el 5% no sabe.
- ¿Muchos de las loncherías, casas-habitación, restaurantes 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 el reglamento y que Profepa y Semarnat supervisen y multen a todo usuario que tire basura o aguas residuales a la laguna.
- ¿Las loncherías, restauranteros, casa-habitación descargan sus aguas residuales en la laguna? El 95% dice que estar de acuerdo, ya que a simple vista se observa. El 1% dijo estar en desacuerdo y el 4% 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, el 20% dijo que las loncherías y restaurantes, y el 7% no sabe.
- Se les preguntó si conocían a alguien que se había enfermado al utilizar el agua de la laguna, el 82% contestó que sí, el 10% que no y el 8% no saben.
- Se les preguntó qué si estaría dispuesto a realizar una limpieza generalizada a toda la laguna, el 50% contestó que sí, pero el 45% dijo que no, agregando que lo realice el Municipio y 5% no sabe.
- ¿Qué tipo de soluciones cree usted más factible de aplicar? 80% contestó que se incremente el servicio de la recolección de la basura. El 13% que el Municipio arregle el problema para eso se pagan los impuestos y el 7% que los mismos servidores turísticos pongan una solución ya que viven del turismo.

Conforme a los turistas.

- ¿Sabía Usted antes de venir a la laguna que estuviera contaminada? El 97% contestó que no sabía y el 3% dijo que si sabían por la información previa de familiares radicados en Tecpan.
- ¿Utilizarían el agua de la laguna para uso recreativo? Los turistas opinaron en un 65% que no la utilizarían para uso recreativo. Sin embargo, el 35% si la utilizaría.
- ¿Qué tan a menudo utiliza el agua de la laguna? El 73% contestó que nunca, simplemente le gusta admirar el paisaje, el 17% a veces y el 10% siempre, aunque esté sucia ya estamos acostumbrados a bañarnos y no pasa nada porque somos inmune.

- ¿Cree Usted que exista mayor contaminación en época de secas o de lluvias? El 67% dijo que en época de lluvias y el 30% 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 Michigan? El 15% contestó que nunca, el 75% que posiblemente si las condiciones de limpieza cambien y el 10% dijo que sí, ya que tienen la esperanza de que el Municipio actúe y ponga el drenaje y mantenga limpia la laguna. (ver fotografía 2).

Fuente: Jijón, 2019.



Fotografía 2. Turistas bañándose en la laguna de Michigan

- Conforme a la disposición de participar en la implementación de estrategias y programas de limpieza de la Laguna de Michigan de la Costa Grande de Guerrero. Cuando se le preguntó ¿Estaría dispuesto a cooperar con acciones emergentes para descontaminarla? El 10% contestó que sí, siempre y cuando las personas de la comunidad vayan al frente junto con los servidores turísticos, y sean los principales en participar, el 84% dijo que no, que ellos vienen a vacacionar y el 6% dijo que no sabe. Cabe hacer mención que la aplicación del cuestionario fue en el momento que ellos ya tenían más de una hora recreándose en la orilla de la laguna.

Conclusiones

Las lagunas costeras constituyen un activo importante desde el punto de vista ecológico y turístico. Desde la cosmovisión ambiental, la Laguna de Michigan es un ecosistema con gran capacidad biogénica, debido a que constituyen un espacio singular para flora y fauna endémica, además mantienen una gran biodiversidad y constituyen el hábitat de importantes especies y plantas, manglares y animales en peligro de extinción como es el cocodrilo, la garza blanca, el bagre (cuatete). Animales como armadillos, tejones, mapaches, zorrillos, iguanas, venados, lagartos y tlacuaches han hecho de esta zona su espacio de vida, enriqueciendo así la

biodiversidad local de una manera muy interesante. Desde el aspecto turístico, los visitantes quedan gratamente complacidos por los antecedentes históricos y su valía paisajista. Como actividad económica, el turismo puede ser un motor del desarrollo local por su contribución a la generación de riqueza, empleo y al efecto multiplicador que genera en otras ramas de la economía (eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás). De acuerdo a Buarque (1999), el desarrollo local es un proceso endógeno registrado en pequeñas unidades territoriales y agrupaciones de recursos humanos, capaz de promover el dinamismo económico y un mejoramiento en la calidad de vida de la población. Varisco (2008) señala que para la construcción del desarrollo local se deben considerar tres aspectos fundamentales: complejidad, integralidad y escala humana. Para Cruz y Montesillo (2017), la complejidad se relaciona con las diferentes dimensiones del desarrollo (social, cultural, político, económico), la integralidad se refiere a la interdependencia de las dimensiones y la escala humana sugiere la mejora en la calidad de vida de las personas como sujetos centrales del desarrollo.

En lo que respecta a la contaminación, se encontró de regular a muy abundante, basura, aguas negras, grasas y aceites, en las muestras de agua levantadas; sobrepasando la legislación ambiental y las Normas Oficiales Mexicanas, lo cual provoca que los contaminantes tienen cierta propiedad hidrolizante tóxico a mediano plazo, lo cual corre el riesgo de provocar daños a la flora y la fauna acuática. Conforme a los resultados fisicoquímicos obtenidos y 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-120 SCFI – 2006 (2016), se determinó que si existe contaminación en la Laguna de Michigan, 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 ni en tiempo de lluvias, por la alta contaminación que existe; ya que para ser utilizada es necesario, y de manera urgente, realizar estrategias de limpieza del área y poner una planta tratadora de aguas residuales para garantizar la calidad del agua de la laguna a través de sistemas de tratamiento para reutilizarla en la irrigación de los campos agrícolas que tiene en sus alrededores. Por otro lado, es de suma importancia informar a la misma población y al turismo que llega a recrearse en la laguna, sobre las condiciones que prevalecen en el agua y así evitar los riesgos de brotes de enfermedades ocasionadas por el contacto directo con el agua y que el Municipio tome cartas en el asunto para mantener saludable a la sociedad que se encuentra en la laguna, ya sea como residente o visitante.

Referencias

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. ΦYTON*. 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. P.16 {Consultado 22-03-2018}.

Buarque, S. C. (1999). Metodologia de planeamento do desenvolvimento local e municipal sustentável (Material para orientação técnica e treinamento de multiplicadores e técnicos em planeamento local e municipal). Disponible en: <https://georgenunes.files.wordpress.com/2015/04/metodologia-de-planeamento-do-desenvolvimento-local-e-municipal-sustentavel.pdf>

Cámara de Diputados (2010). Ley Federal de Derechos. México: Diario Oficial de la Federación, 18 de noviembre del 2010. p. 473. https://www.oas.org/juridico/spanish/mesicic3_mex_anexo22.pdf

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 18-05-2020).

CONAGUA (2010). *Estadísticas del Agua en México*. México D.F Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.: 258 pp. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2010-16Junio2010.pdf>

CONAGUA (2017) “*Estadística del Agua en México*”. Edición 2017. Comisión Nacional del Agua. Condiciones Socio demográficas. Capítulo 1. noviembre 2017. Págs..14-25. Disponible en: www.gob.mx/conagua.

Cruz V., M. A. y Montesillo C., J. L. (2017). Modelo econométrico para determinar la demanda de agua en las empresas de hospedaje en Acapulco, su análisis desde la economía circular y su impacto en el desarrollo local. Editorial Torres Asociados, México.

Denzin N. K. and Lincoln V. (2012). “*Las estrategias de investigación cualitativa. Observación directa. Editores*”. Gedisa 2012. Colecciones Biblioteca de educación. Herramientas universitarias. España ISBN: 978-84-9784-307-2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=490631>.

Dimas M. J.J. (2019). *Cartografía Mapa digital aéreo de la Laguna de Michigan. Localización. Toma de Muestras de Agua de laguna mezclada con aguas residuales de restaurantes y casas. Ubicación Cartográfica. Mapa digital Aéreo / Imagen de satélite* (28 de diciembre del 2019).

Dimas M. J.J., Dimas G.D.L., Ortega R.G.O. Cruz, V. M.A. (2020). *Evaluación Físicoquímico y Microbiológico del agua de la Laguna de Michigan de la Costa Grande de Guerrero, y la Opinión y Percepción de los Pobladores, Servidores Turísticos y Turistas*. Acapulco, Guerrero, México: Proyecto Universidad Autónoma de Guerrero. 2 de enero al 27 de diciembre, 2020. Pp. 85-118.

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. Enterococos.* Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. Jueves 6 de Julio 2006.

H. Ayuntamiento (2016). Playa Michigan, Tecpan de Galeana Guerrero.,16 de octubre 2016 hayuntamientotecpan.gob.mx. Consultado 8 abril del 2020.

Hamilton, S. E. and S. Collins (2013). Livelihood responses to mangrove deforestation in the northern provinces of Ecuador. *Bosque* 34(2):143-153. DOI: 10.4067/S0717-92002013000200003 Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v34n2/art03.pdf>

Hernández, S. R.; Fernández C.; Pilar, B. L., (2014). *“Metodología de la investigación”* México: Mc Graw Hill 2014. Sexta edición. Printed in México. ISBN: 978-1-4562-2396-0Capitulo 9-17. pp. 196-589.

Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J., Schmoock1, B., Ruiz-Luna, A. y R. Ramos-Reyes (2010). Agentes de deforestación de manglar en Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, sureste de México. *Ciencias Marinas* 36(2):147–159. ISSN 01853880.

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

Instituto Nacional de Pesca (2018). Cultivo de tilapia. Acuacultura (ríos, embalses, arroyos y lagos) y salobres (lagunas costeras y estuarios). 21 de marzo 2018. Gobierno del estado. Disponible en: <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-tilapia>

Konnerup D., J. M. Betancourt-Portela, C. Villamil and J. P. Parra. (2014). Nitrous oxide and methane emissions from the restored mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 140: 43-51

Landgrave, R. y P. Moreno-Casasola. (2012). Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1):19-35.

Lara-Lara, J.R., J. A. Arreola-Lizárraga, L. E. Calderón-Aguilera, V. F. Camacho-Ibar, G. de la Lanza-Espino, A. Escofet-Giansone, M. I. Espejel-Carbajal, M. Guzmán-Arroyo, L. B. Ladah, M. López-Hernández, E. A. Meling-López, P. Moreno Casasola-Barceló, H. Reyes-Bonilla, E. Ríos-Jara y J. A. Zertuche-González (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. In: *Capital natural de México*, vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México Conocimiento Actual de la Biodiversidad. CONABIO Vol. 1: 400 p.

Luna M., E. (2008). Imagen fotográfica de la Laguna Michigan y la isla de pájaros, Guerrero, México. Mapio Net. 16 de nov. 2008. Disponible en: <https://mapio.net/pic/p-17527166/>

McGowan T., S. L. Cunningham, H. M. Guzmán, J. M. Mair, J. M. Guevara and T. Betts. (2010). Mangrove forest composition and structure in Las Perlas Archipiélago, Pacific Panamá. *Revista de Biología Tropical* 58(3):857-869.

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

Montse P. (2018). El impacto ambiental de los detergentes convencionales. Higiene y Cosmética. 19 de nov. 2018. Disponible en: <https://opcions.org/impacte-ambiental-dels-detergents>

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

SEMARNAT (2018). Informe del Medio Ambiente- Semarnat en México, Biodiversidad, Ecosistemas terrestres, Agua. Disponible en: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe18>

Varisco, Ma. C. (2008). Turismo y desarrollo económico local. Aportes y Transferencias, Universidad Nacional de Mar de Plata, Argentina. Vol 12 (1): 126-148

