

# Evaluación de la calidad del agua en el canal meándrico lagunar de Coyuca de Benítez, Gro.

Benjamín Castillo-Elías<sup>1</sup>, Herlinda Gervacio-Jiménez<sup>2</sup>, Ramón Bedolla-Solano<sup>3</sup>, Yarely Berenice García-Domínguez<sup>4</sup> y Eduardo Mendoza-Almazán<sup>4</sup>

Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3 Campus Costa Grande <sup>1</sup>, Escuela Preparatoria No. 2 <sup>2</sup>, Escuela Superior de Sociología <sup>3</sup>, Escuela Superior de Ciencias Ambientales <sup>4</sup>

Universidad Autónoma de Guerrero

Tecpan de Galeana, Gro. <sup>1</sup>; Acapulco, Gro. <sup>2,3,4</sup>; México

bcastilloe@hotmail.com

**Abstract**— The main goal of the actual study was evaluate the physiochemical and microbiological conditions of the meandrica lagoon basin adjoining to the mangrove area and the localities of El Carrizal and Playa Azul, Guerrero, Mexico. Physical-chemical tests showed optimal environmental conditions of the productivity oligohalina supporting that way the development of aquatic life. The microbiological analysis established the existence of pollution by coliforms, not fit for consumption and human use, exceeding the permissible limits established by Mexican law. The analysis showed oscillations due to the input of rainwater crawls, exchange with estuarine systems and anthropogenic activities that affect water quality; reasons why are required conservation actions upon this hydrological resource to prevent deterioration.

**Keyword**— *wetlands, physical-chemical parameters, coliforms, mangrove*

**Resumen**— El objetivo del presente estudio fue evaluar las condiciones físico-químicas-microbiológicas del canal meándrico lagunar colindante a la zona de manglar y a las localidades de El Carrizal y Playa Azul, Guerrero, México. Las pruebas físico-químicas presentaron óptimas condiciones ambientales de productividad oligohalina, favoreciendo al desarrollo de la vida acuática. El análisis microbiológico estableció existencia de contaminación por coliformes, determinando no ser apta para el consumo y uso humano, excediendo los límites permisibles establecidos por la legislación mexicana. El análisis mostró variaciones debido al aporte por arrastres de aguas pluviales, intercambio con sistemas estuarinos y actividades antropogénicas que afectan la calidad del agua; por lo que se requieren acciones de conservación sobre este recurso hidrológico para evitar su deterioro.

**Palabras claves**— *humedales, parámetros físico-químicos, coliformes, manglar*

## I. INTRODUCCIÓN

México es un país con una situación geográfica diversa donde se conjuntan diferentes climas y áreas biogeográficas que dan origen a gran variedad de hábitats, entre ellos destacan los ambientes costeros como playas de arena, sistema de manglar, pantanos, marismas, humedales, bahías, estuarios, lagunas, praderas de pastizal halófitos y arrecifes de coral (Contreras y Zalbalegui, 1988; SEMARNAP-INE, 2000; Foroughbakhch et al. 2004; CONAGUA 2006).

Los ecosistemas costeros debido a sus numerosas fronteras y conformación abierta, proveen ricos aportes de nutrientes en periodos estacionales (Yáñez-Arancibia, 1980, 1986). En los ecosistemas acuáticos tropicales, la distribución y abundancia de los organismos está afectado principalmente por la calidad del agua, el sustrato, la velocidad del caudal y sus variaciones estacionales (Huaylinos et al. 2003).

Diferentes actividades antropogénicas han causado daños a los manglares y humedales como son: desarrollos turísticos, carreteras, granjas camaroneras, crecimiento agropecuario, huracanes, cableado eléctrico, desvío del agua para riegos de cultivos, vertimiento de fertilizantes y agroquímicos, incendios, construcción de presas hidroeléctricas y crecimiento de la mancha urbana (Castillo, 2007).

Para valorar la calidad del agua es necesario definir índices ó relaciones de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos en la situación real con respecto a otra que se considera admisible o deseable y que está definida por ciertos estándares ó criterios. Los parámetros físicos no son índices absolutos de contaminación, sus valores normales que pueden variar considerablemente. Los cambios pueden ser tan evidentes que un solo parámetro no llega a dar idea del grado de contaminación que prevalece así como la extensión del área afectada y por otro lado los parámetros físicos y químicos son muy importantes para definir la calidad del agua, siendo los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato. Por otra parte, los parámetros microbiológicos, son indicadores que miden la presencia de microorganismos como son bacterias coliformes que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que producen cólera, este control es exclusivo para aguas de uso humano (SEMARNAP-INE, 2000).

Actualmente, en México se cuenta con valores de referencia de calidad del agua con carácter legal, para evaluar el estado del ambiente en zonas costeras existen antecedentes de la normatividad en los cuales se considera la calidad del agua de acuerdo a sus usos; como en el caso del Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación del Agua donde se fijan condiciones particulares de descargas de acuerdo con la clasificación de los cuerpos receptores, su volumen o gasto y las tolerancias mediante listados de aguas superficiales, aguas de estuarios y aguas costeras, que permiten clasificar los cuerpos receptores de acuerdo a diferentes usos, estableciendo rangos de parámetros fisicoquímicos, tales como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, bacterias coliformes, grasas y aceites, sólidos disueltos, turbiedad, color, olor, sabor, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y materia flotante. Además incluyen valores máximos permisibles de sustancias tóxicas (metales y plaguicidas) en cuerpos receptores, aclarando que estos criterios no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo al futuro avance tecnológico (CONAGUA, 2006).

Existen escasos trabajos sobre calidad del agua en sistemas lagunares costeros del estado de Guerrero, como los realizados por Delgadillo (1986); López (1986); Ramírez (1988); Román-Contreras (1991); Galindo (2000); Robles *et al.* (2000) y Ferrara-Guerrero *et al.* (2007), muestran importantes datos fisicoquímicos y microbiológicos.

Por lo anterior, el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar las condiciones físico-químicas-microbiológicas del canal meándrico lagunar colindante a la zona de manglar y a las localidades de El Carrizal y Playa Azul, Guerrero, México, describiendo el comportamiento hidrológico y las variaciones fisicoquímicas y microbiológicas de una sección del canal meándrico Mitla-Coyuca, considerado un complejo lagunar de gran importancia turística tanto nacional como del extranjero, constituido por dos grandes cuerpos de agua lagunares, que interactúan a través de ese canal de comunicación de una longitud de 18 Km (SEDER, 2007).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica a 50 Km. al este del puerto de Acapulco entrando por la carretera federal No. 200 Acapulco–Zihuatanejo, localizada en las coordenadas: 16° 57' 27" N; 100° 07' 20" W y 16° 58' 03" N; 100° 08' 29" W, con una extensión territorial aproximada de 230 ha dentro de la cual se ubican: una zona representativa de humedales; las localidades de El Carrizal y Playa Azul; zonas agrícolas; áreas de estanques camaronícolas; zona federal marítimo terrestre y un tramo del canal meándrico del sistema lagunar Mitla-Coyuca (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio en el canal meándrico de la laguna de Coyuca

• *Clima*

La zona de estudio presenta un clima tropical subhúmedo, del tipo A (w0) con lluvias en verano, sequías en invierno y temperatura mayor a 20°C (García, 1988; Rzedowski, 2006). De acuerdo con la CONAGUA (2009) durante el periodo del estudio (2015-2016), la temperatura media fue de 21.8°C y la precipitación anual acumulada de 1,574.2 mm (Figura 2).

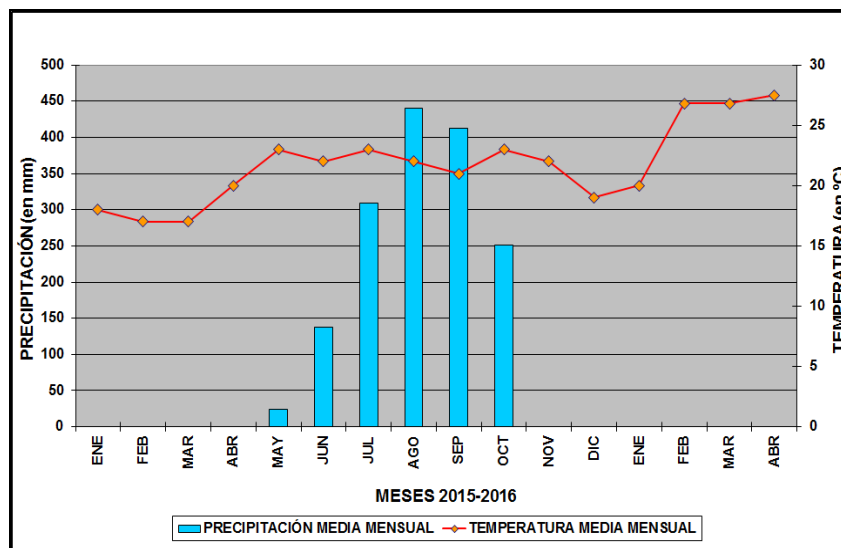


Figura 2. Climograma representativo del área de estudio. Fuente: CONAGUA (2016).

• *Hidrología*

El área de estudio se encuentra en la región hidrológica N° 19: Costa Grande. Situada al suroeste del estado, sus límites son: la región del Balsas al norte y occidente y la región hidrológica No. 20: Costa

Chica al oriente. Esta región hidrológica está formada por la cuenca del río Atoyac (compuesta por el río de Tecpan y la laguna de Mitla); cuenca del río de la Sabana (formada por el río Coyuca y la laguna de Coyuca) y la cuenca del río Papagayo (INEGI, 2005).

- *Aporte hidrológico*

El canal meándrico lagunar recibe aportaciones temporales de aguas oceánicas a través de la barra de Coyuca y de aguas continentales por el río Coyuca (Figura 3) que le proporcionan cantidades importantes de materia orgánica, sales disueltas y sedimentos que contribuyen al azolvamiento paulatino de la laguna (Aguirre, 2001; SEDER, 2007).

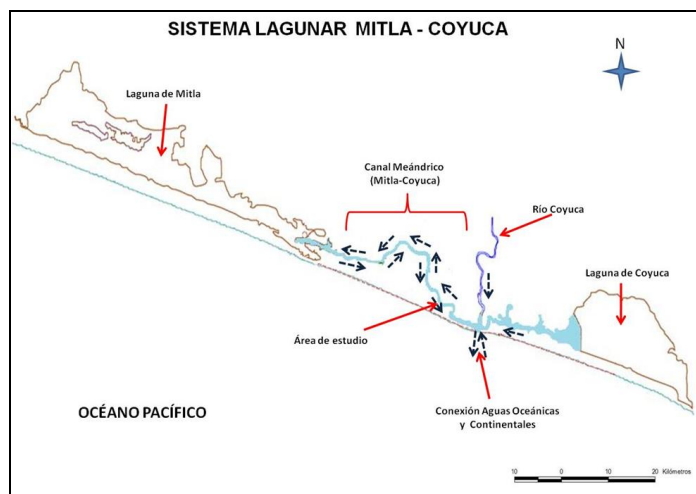


Figura 3. Esquema del flujo hidrológico del canal meándrico lagunar Mitla-Coyuca.

### B. Muestreo de calidad del agua (índices físico-químicos-microbiológicos)

El sitio para la toma de muestreo se eligió considerando la accesibilidad y la cercanía con las localidades y por ser un sitio donde se practican actividades de pesca y recreación, estableciéndose una estación fija de muestreo denominada “La Compuerta R1” que correspondió a una parte del canal meándrico del sistema lagunar Mitla-Coyuca ubicado en las coordenadas 16° 57' 47" N y 100° 08' 14" W, realizando cuatro muestreos de julio de 2015 hasta abril de 2016, uno por cada estación: verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. Los muestreos se realizaron dentro de los intervalos 08:00 a 08:30 am utilizando el muestreo simple para una muestra puntual en espacio y tiempo, aplicable en ríos y canalizaciones abiertas, sumergiendo los recipientes alejados de la orilla, de la superficie y del fondo (Clesceri et al. 1992; Bautista et al. 2004; Ramos et al. 2004; APHA 2005).

Los análisis del agua fueron realizados por el laboratorio de la empresa ingeniería en los sistemas de tratamientos de aguas, S.A de C.V (ISTA): registro AG-158-025/09 expedido por la entidad mexicana de acreditación (EMA).

Se realizó el análisis de la temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, salinidad, sólidos totales, turbiedad, grasas y aceites y conductividad, para definir la calidad del agua (MMA, 1997; SEMARNAP-INE, 2000; CONAGUA, 2006), considerando los límites permisibles de calidad de la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b).

El análisis de los parámetros microbiológicos de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) se realizaron de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b) y con los métodos de prueba NOM-

112-SSA1-1994 (SSA, 1994a) y CCAYAC-M-004-2006 (SSA, 2006), para definir la viabilidad del agua para recreación y consumo humano.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Análisis de parámetros físico-químicos

- *Temperatura del agua*

Durante el periodo de muestreo, la temperatura mínima registrada fue de 27°C (mes de octubre-2015) y la máxima de 28°C (meses de julio y diciembre-2015 y abril-2016), presentando un valor medio de 27.8°C similar a lo reportado por Ramírez (1988) quien encontró un valor medio anual de 29 °C; contrario a López (1986) y Román-Contreras (1991) quienes registraron una temperatura media anual de 32 y 33 °C para la laguna de Coyuca, apreciando notablemente diferencias de temperatura que van de 4 a 5°C.

- *Conductividad eléctrica*

La conductividad eléctrica registró en octubre (2015) un valor mínimo de 98.74  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el máximo de 1240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en abril (2016), con un promedio de 895.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de acuerdo con la NMX-AA-093-SCFI-2000 (SE, 2000) presentó una estrecha relación entre este parámetro y la salinidad porque la conductividad eléctrica presentó fluctuaciones durante los meses de muestreo y a su vez, el rango de variación de la salinidad tuvo un comportamiento similar. Por lo tanto, la conductividad se incrementó en la época de secas derivado del aporte de sales por filtración de agua subterránea o de fugas de aguas residuales municipales y/o agua de escorrentía de la agricultura, ya que al estar cerrada la barra no se recibe aporte de agua oceánica. Clesceri et al. (1992) reportaron la misma tendencia, señalando que este parámetro puede variar en función del aporte de aguas oceánicas, subterráneas, de escorrentía de la agricultura, residuales municipales y de precipitación.

- *pH*

El pH del agua presentó en el mes de julio (2015) una tendencia ligeramente ácida con un valor de 6.23 mostrando un incremento de 7.1 (neutro) durante los meses de octubre y diciembre (2015), en el mes de abril (2016) presentó un descenso hasta 5.47. Se presentaron ligeras variaciones en abril y julio determinadas en función de la temperatura (al aumentar ésta, el pH disminuye y tiende a la acidez); no siendo precisa ésta variación, ya que de acuerdo a los valores de temperatura se presentó un ligero descenso en el mes de octubre no correspondiendo a esa tendencia del pH, sin embargo, la salinidad afectó al pH ya que en julio ésta se mantuvo baja provocando un incremento del pH, contrario al valor del mes de abril que descendió probablemente en función de la degradación de materia orgánica por organismos, sin embargo, los valores de pH se mantuvieron equilibrados durante el año de muestreo con tendencia a la neutralidad.

Lo anterior es similar a lo encontrado en los estudios de López (1986) y Ramírez (1988) quienes reportaron valores promedio en la escala de pH que van de 6 a 8 y un valor promedio de 7.9 respectivamente; contrario al estudio de Ferrara-Guerrero et al. (2007) quienes reportaron una saturación del valor de pH de hasta 8.6 debido a la subsaturación de sedimentos en la zona del canal que comunica con la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero.

- *Oxígeno disuelto (OD)*

La concentración de oxígeno disuelto presentó en el mes de julio y diciembre (2015) valores de 3.4 y 3.9  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , mostrando un incremento de 6.4 y 6.2  $\text{mgO}_2/\text{L}$  en el mes de octubre (2015) y abril (2016)

respectivamente, por lo que de acuerdo con los criterios ecológicos CE-CCA-001/89 de calidad del agua (INE, 1989) el nivel mínimo recomendado de OD debe situarse en 5.0 mgO<sub>2</sub>/L. Por tal motivo, los valores registrados en julio (3.4 mgO<sub>2</sub>/L) y diciembre (3.9 mgO<sub>2</sub>/L) ponen en peligro la vida acuática del lugar; los valores obtenidos en los meses de octubre (2015) y abril (2016) se encuentran por arriba del mínimo recomendado por los criterios ecológicos mencionados, estos valores son aceptables en esta época debido a la presencia de estación seca, escasa presencia de lirio acuático y comunicación lagunar del canal que favorece a la corriente hidrológica; contrario a lo valores registrados en julio y diciembre (2015) que no cumplen con estos criterios debido a la presencia de lluvias que propician arrastre de materia orgánica azolvando el canal meándrico. Estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto en los meses de julio y diciembre (2015) se deben principalmente a la descomposición de materia orgánica, la aportación de fosfatos que contienen los detergentes, a la temperatura y a la salinidad que influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando cualquiera de esos parámetros aumentan; sin embargo, los valores se mantuvieron equilibrados durante el periodo de muestreo a excepción del mes de julio que descendió en función del valor de salinidad para el mismo mes.

Lo anterior se relaciona con lo citado por Torres (1980) quien reportó que la presencia excesiva de lirio acuático sobre el canal meándrico lagunar, genera grandes cantidades de materia orgánica en descomposición, este proceso consume el oxígeno disuelto en el agua, hecho que se constató en campo ya que se observó la presencia de esa planta acuática saturando gran parte del canal meándrico lagunar.

Los resultados aquí obtenidos son opuestos a los reportados por Delgadillo (1986) y López (1986) quienes encontraron valores promedio anuales de 7.9 y 12.9 mgO<sub>2</sub>/L respectivamente, demostrando que las condiciones ecológicas fueron aceptables, no presentando desbalances por la presencia de algún proceso físico, biológico y/o antropogénico que haya tenido una influencia en la calidad del agua; mientras que Ferrara-Guerrero et al. (2007), reportaron concentraciones similares de oxígeno del agua en el agua sobrenadante y en la película superficial del sedimento en la zona del canal meándrico que comunica con la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, utilizando el método electrométrico a través de electrodos de membrana plástica polarográfica o galvánica permeable al oxígeno, tomando lecturas en  $\mu$ M registrando valores del oxígeno que oscilan de 1.5 mgO<sub>2</sub>/L hasta 6.65 mgO<sub>2</sub>/L.

- *Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)*

No se presentó ninguna variación o incremento en los valores de nitritos del agua del canal meándrico, manteniéndose un valor de 0.0 mg/L durante el periodo estacional de muestreo.

Por lo anterior, se infiere que el agua del canal al carecer de niveles de nitritos existe poca posibilidad de presentar una contaminación reciente por materias fecales. Estos datos no coinciden con los reportes microbiológicos de CF, debido a que la presencia de estos microorganismos está directamente relacionada con la presencia de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en el agua (Coll et al. 2004).

- *Salinidad*

Durante el mes de julio (2015) se presentó una concentración baja de salinidad (0.09%) mostrando una diferencia significativa de  $\pm 0.4\%$  entre ese mes y el mes de octubre del 2015, hasta mantenerse constante durante los meses de diciembre (2015) y abril (2016), registrando una salinidad media de 0.41%.

El valor de salinidad se mantuvo constante durante el muestreo, con excepción del mes de julio (2015) presentando una concentración baja de salinidad, confirmándose que el contenido de concentración salina de este cuerpo lagunar se mantiene en el estatus de agua dulce de acuerdo con la UNESCO (1985), siendo contrario a lo reportado por Coll et al. (2004) señalando que el valor medio de

la salinidad fue de 3.5 % por encima de la media estimada. Estos resultados de salinidad confirmaron la característica oligohalina del agua del canal meándrico lagunar, coincidiendo con López (1986); Ramírez (1988); Román-Contreras (1991) quienes reportaron valores promedio entre 0.1 y 0.5 % de salinidad describiendo un sistema ecológico oligohalino, aunque de acuerdo con Huaylinos et al. (2003), el rango de salinidad puede presentar variaciones dependiendo de la etapa de estiaje y dependiendo de las zonas de manglar.

Durante los meses de muestreo la dirección fluvial del agua lagunar no siempre se mantuvo en la misma dirección, ya que en otoño-invierno la dirección de la corriente fue de oriente a poniente rumbo a la laguna de Mitla y durante primavera-verano de poniente a oriente rumbo a la desembocadura de la laguna de Coyuca, mezclándose en la época de lluvias el agua del sistema lagunar con el agua de mar, separándose en la época de estiaje. De acuerdo con la SEDER (2007) el cambio de dirección hidrológica o fluvial del canal meándrico está afectado por causas antropogénicas, provocando el aislamiento del contacto de agua de mar, confiriéndole una condición dulceacuícola, modificando las condiciones fisicoquímicas y biológicas del cuerpo de agua.

- *Sólidos totales*

Los valores mínimos de sólidos totales se presentaron en julio de 2015 (77.24 mg/L) y octubre de 2015 (526.78 mg/L), se observó una tendencia ascendente presentando valores más altos en diciembre de 2015 (830.94 mg/L) y abril de 2016 (814.5 mg/L), registrando un valor medio de 562.37 mg/L.

De acuerdo con la NMX-AA-034-SCFI-2001 (SE, 2001a) no aplica ningún valor de cuantificación como límite permisible, ya que la presencia de estos sólidos indican la aparición de sustancias extrañas no recomendables, aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma, presentando los valores más altos en diciembre de 2015 y abril de 2016 derivado a que en esos meses no se presentaron lluvias, lo que provocó la disminución de la corriente fluvial y como consecuencia se reflejó el incremento acumulando de los sólidos en suspensión.

- *Grasas y aceites*

Las grasas y aceites presentaron un valor promedio de 1.50 mg/L; registraron en la época de lluvias (julio de 2015) un valor de 0.59mg/L y en la época de estiaje (octubre de 2015) un valor de 3.37 mg/L, mientras que en los meses de diciembre (2015) y abril (2016) se registraron valores de 0.71 y 1.34 mg/L respectivamente, presentándose variaciones significativas, por lo que comparando este reporte con lo citado en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT, 1996) no excede los límites máximos permisibles que allí se establecen para explotación pesquera, recreación y estuarios (15 mg/L).

- *Turbiedad*

La turbidez es un parámetro indicador de la calidad del agua que proporciona un aspecto antiestético al cuerpo de agua, disminuye la capacidad de filtración, debido a la presencia de pequeñas partículas que afectan en la desinfección, ya que a mayor turbidez es mayor la necesidad de desinfección. Hay varios factores que influyen en la turbidez del agua como son: fitoplancton, sedimentos procedentes de la erosión, sedimentos resuspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa), descarga de efluentes, crecimiento de las algas y escorrentía urbana. La turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UTN, y estará idealmente por debajo de 1 UTN (Clesceri et al. 1992).

La turbidez máxima registrada fue de 5 unidades de turbidez nefelométricas (UTN) en el mes de julio (2015), observándose una baja concentración llegando a las 0.0 UTN (octubre-2015 y abril-2016) con una variación de 2 UTN en diciembre-2015, el valor medio registrado fue de 1.75 UTN.

Considerando que la turbidez indica que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, por lo tanto el agua del canal meándrico presentó un ligero grado de turbiedad, debido a que existen factores que influyen en la turbidez del agua, siendo algunos de estos: fitoplancton, sedimentos procedentes de la erosión, sedimentos resuspendidos del fondo, descarga de efluentes, crecimiento de las algas y escorrentía urbana (Acuña et al. 1998). De acuerdo con la OMS (1999) la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UTN, al igual que el límite permisible citado en la NMX-AA-045-SCFI-2001 (SE, 2001b) que es de 5.0 UTN.

En la Tabla I se muestran los valores de los parámetros físico-químicos del sistema lagunar canal meándrico Mitla-Coyuca registrados durante el período de muestreo.

Tabla I. Análisis de parámetros físico-químicos (julio 2015 – abril 2016)

Parámetros fisicoquímicos	Julio	Octubre	Diciembre	Abril
Temperatura (°C)	28	27	28	28
Conductividad eléctrica (µS/cm)	98.74	1057.31	1187.76	1240
pH	6.23	7.11	7.1	5.47
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.4	6.4	3.9	6.2
Nitritos (N) (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Salinidad (%)	0.09	0.49	0.54	0.52
Sólidos totales (mg/L)	77.24	526.78	830.94	814.5
Grasas y aceites (mg/L)	0.59	3.37	1.34	0.71
Turbiedad (UTN)	5	0.0	2	0.0

En la Tabla II se muestran los valores medios de estos indicadores de calidad del agua del canal meándrico, así como los métodos analíticos empleados por Ingeniería en los Sistemas de Tratamientos de Aguas, S.A de C.V. (ISTA).

Tabla II. Valores medios de indicadores físico-químicos y métodos analíticos empleados

Parámetro evaluado	Valor medio obtenido	Método analítico de prueba	Límite permisible de cuantificación *
Nitritos (como N) mg/L	0.0	Colorimétrico	1.0
Sólidos totales mg/L	562.37	NMX-AA-034-SCFI-2001	No aplica
Oxígeno disuelto mg/L	4.97	NMX-AA-012-SCFI-2001	1 mg/L
Grasas y aceites mg/L	1.50	NMX-AA-005-SCFI-2000	No aplica
Salinidad % o S (ppm o UPS)	0.41	NMX-AA-073-SCFI-2001	No aplica
Conductividad µS/cm a 25°C	895.95	NMX-AA-093-SCFI-2000	No aplica
Turbiedad UTN	1.75	NMX-AA-045-SCFI-2001	5.0
pH	6.5	NMX-AA-008-SCFI-2000	6.5 – 8.5
Temperatura °C	27.8	<i>in situ</i>	No aplica

\* De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b).

Las concentraciones físico-químicas de la sección del canal meándrico lagunar presentaron estabilidad en cuanto a calidad del agua a lo largo del año de muestreo con la presencia regular de OD, salinidad y un pH neutro estable, determinando que este ecosistema reúne las condiciones ambientales de productividad oligohalina, favoreciendo al desarrollo de la vida acuática del lugar.

#### B. Análisis de parámetros microbiológicos

- *Coliformes totales*



El valor promedio de los datos reportados fue de 6.3 NMP/100ml durante el periodo de muestreo, presentándose los valores más altos en julio y diciembre del 2015 con valores de 8.0 NMP/100ml respectivamente, no así para los meses de octubre-2015 y abril-2016 con valores de 4.6 NMP/100ml respectivamente. Estos datos excedieron el límite permisible de cuantificación establecido en la NOM-112-SSA1-1994 (SSA, 1994a), indicando la existencia de contaminación por organismos coliformes.

- *Coliformes fecales*

El valor promedio de los datos reportados fue de 5.8 NMP/100ml durante el periodo de muestreo, presentándose los valores más altos en julio y diciembre del 2015 con valores de 8.0 NMP/100ml respectivamente, no así para los meses de octubre-2015 y abril-2016 con valores de 2.6 y 4.6 NMP/100ml respectivamente, los valores obtenidos exceden el límite permisible de cuantificación establecido en el análisis de prueba CCAYAC-M-004-2006 (SSA, 2006), mostrando contaminación por estos microorganismos.

En ambos casos, se observó un comportamiento similar, existiendo contaminación por organismos bacteriológicos presentando concentraciones que exceden a lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b).

La figura 4 muestra los resultados obtenidos de CT y CF del agua del canal meándrico lagunar que indicaron en lo general un incremento y decremento gradual.

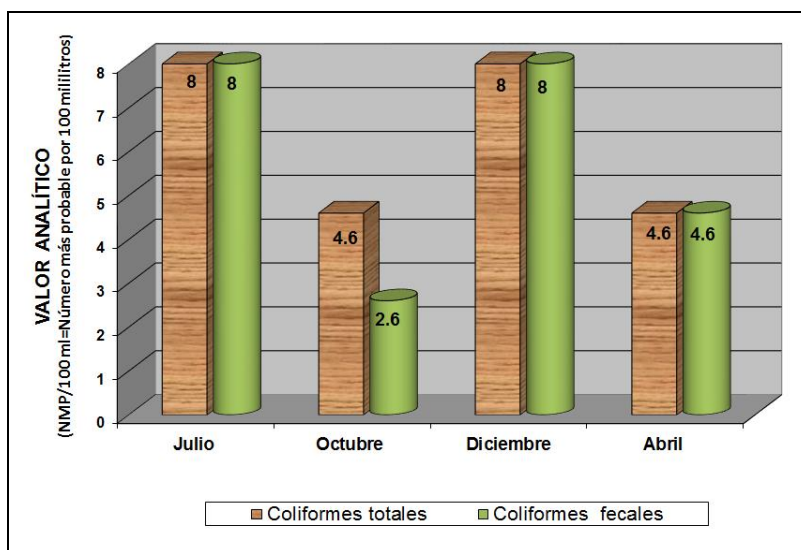


Figura 4. Parámetros microbiológicos del agua lagunar durante un periodo estacional (julio 2015 – abril 2016).

En la Tabla III se muestran los valores medios de estos indicadores microbiológicos de calidad del agua del canal meándrico y los métodos analíticos empleados por ISTA.

Tabla III. Valores medios de indicadores microbiológicos de calidad del agua

Parámetro evaluado	Valor medio obtenido	Método analítico de prueba	Límite permisible de cuantificación *
Coliformes totales NMP/100ml	6.3	NOM-112-SSA1-1994	Ausencia o no detectable
Coliformes fecales NMP/100ml	5.8	CCAYAC-M-004	Ausencia o no detectable

\* De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b).

Se considera que la contaminación por coliformes es frecuente en todo tipo de cuerpos de agua y zonas costeras del país debido a la presencia de grandes concentraciones humanas como ciudades o desarrollos turísticos, que muchas veces, de manera clandestina realizan sus descargas de aguas residuales en dichos cuerpos de agua (SEMARNAP-INE, 2000). A diferencia de los sistemas lagunares costeros del estado de Guerrero, existe información realizada en otras zonas del país sobrepasando los valores mínimos permisibles de coliformes fecales (Escobedo y Sigala, 1991; Hernández et al. 1995; Becerra y Botello 1994, 1995; Escobedo-Urías et al. 1999, 2000) mismos que han sugerido implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales antes de incorporarlas a la zona costera.

Además, se detectó en el área de estudio la presencia de ganado porcino el cual se mantiene de manera libre o bajo encierros en corrales anexos con las zonas del canal meándrico, contribuyendo a la presencia de coliformes en dicho sistema lagunar.

En la actualidad las comunidades de El Carrizal y Playa Azul cuentan con el servicio público de drenaje, mismo que es inadecuado o no funciona, sustituyéndolo en ocasiones por fosas sépticas, lo que genera vertimientos de aguas residuales y jabonosas que son transportadas a través de escorrentías pluviales desembocando sobre el canal meándrico lagunar que combinadas con basura producen olores fétidos o desagradables (SEDER, 2007).

En este sentido, es necesario tomar medidas de prevención con la finalidad de evitar graves afectaciones por las descargas de aguas negras al sistema lagunar.

El análisis microbiológico indicó la existencia de contaminación por organismos CT y CF de acuerdo con la NOM-112-SSA1-1994 (SSA, 1994a) y con la prueba CCAYAC-M-004-2006 (SSA, 2006), determinando que el agua del canal meándrico no es apta para el consumo y uso humano de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994b).

#### IV. CONCLUSIONES

Este sistema fluvial presentó patrones físico-químicos que mantuvieron cierta estabilidad en cuanto a calidad del agua a lo largo del año de muestreo, con una demanda regular de oxígeno disuelto, buen contenido de nutrimentos y un pH neutro estable, características que definen a este ecosistema como altamente productivo oligohalino, no existiendo alteración sobre estos parámetros que provocaran afectación sobre la calidad de agua del canal meándrico.

Debido a la presencia de coliformes fecales que presenta el agua del área de muestreo, se puede establecer que en los alrededores no existe un manejo adecuado de las aguas residuales, por lo que la presencia de estos microorganismos son indicadores de contaminación sobre la calidad del agua del canal meándrico, siendo un riesgo a la salud pública por el contagio de enfermedades derivadas de bacterias coliformes, y como consecuencia de su incremento como organismos degradadores de la materia orgánica, generaría una disminución sobre el oxígeno disuelto llegando a afectar a la vida acuática de este canal lagunar. La contaminación por bacterias coliformes, se debe a la descarga de aguas residuales y/o por los excrementos fecales de los animales domésticos debido a la instalación de corrales en el área de estudio.

Cabe señalar que en los análisis de calidad del agua, incluidos en el presente trabajo, muestran que, a pesar de los aportes por arrastres de los ríos que descargan en el sistema, la calidad del agua es aún buena, a pesar de la presencia de lirio acuático (considerado como indicador de altas concentraciones de materia orgánica que se manifiesta por el proceso de descomposición y mineralización mediante la presencia de microorganismos activados por los factores físicos como la temperatura y el oxígeno).

Asimismo, la calidad del agua del canal meándrico que comunica con la Laguna de Coyuca de Benítez, también tiene aportes orgánicos originados por actividades humanas, que están repercutiendo

tanto en la calidad del agua como en las especies biológicas que aún pueden sobrevivir allí, siendo importante considerar acciones de protección y conservación del recurso hidrológico porque interactúa con factores naturales (manglares) y sociales (calidad del agua para la salud humana), asociándolo como alternativa de aprovechamiento sustentable entre las localidades anexas al sitio de estudio.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a las autoridades ejidales de El Carrizal y Playa Azul del Municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero, por su apoyo incondicional de manera personal para la realización del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Acuña J.A., García V. & Mondragón J. (1998). Comparación de algunos aspectos físico-químicos y calidad sanitaria del Estero de Puntarenas, Costa Rica. *Biol. Trop.* 46, 1-10.
- [2] Aguirre G. R. (2001). Caracterización óptica de la Laguna costera de Coyuca de Benítez. *Inst. Geog.* 46, 78-97.
- [3] APHA (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st. ed. American Public Health Association. 937 p.
- [4] Bautista Z. F., Delfín G. H., Palacio P. J. L. y Delgado C. M.C. (2004). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México- Universidad Autónoma de Yucatán-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Instituto Nacional de Ecología (editores). México, D.F. 507 p.
- [5] Becerra T. N. y Botello A. V. (1994). Bacterias coliformes totales y fecales en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Memorias. III Congreso de Ciencias del Mar*. La Habana, Cuba. 15 al 18 de febrero, 1994. CD-ROM
- [6] Becerra T. N. y Botello A. V. (1995). Bacterias coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Hidrobiol.* 5, 87-94.
- [7] Castillo, E. B. (2007). Propuesta de Una Unidad de Manejo Ambiental Sustentable para la especie de mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertner) en la Laguna de Tres Palos, Municipio de Acapulco, Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias de Desarrollo Regional. Unidad Académica de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero, México. 150 p.
- [8] Clesceri, S. L., Arnold E. Greenberg y R. Rhodes Trussell. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España, 1715 p.
- [9] Coll M., Cortés J. & Sauma D. (2004). Características físico-químicas y determinación de plaguicidas en el agua de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Biol. Trop.* 52, 33-42.
- [10] CONAGUA (2006). *Estadísticas del Agua en México*. Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA). 4a edición. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. 120 p.
- [11] CONAGUA (2016). Registro de datos climatológicos de la estación meteorológica Laguna de Coyuca de Benítez, periodo: enero 2015 - abril 2016. Comisión Nacional del Agua. Dirección Local Guerrero. Subdirección de Asistencia Técnica y Operativa. Informe técnico. Chilpancingo, Guerrero. 2 p.
- [12] Contreras F. y Zalbalegui L. M. (1988). Aprovechamiento del litoral mexicano. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México, D.F. 128 p.
- [13] Delgadillo C. E. A. (1986). Evaluación de la materia orgánica particulada en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., durante el ciclo otoño 1983-verano1984 y su relación con percepción remota. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 82 p.

- [14] Escobedo U. D. y Sigala R. (1991). Algunos aspectos hidrológicos y calidad del agua del estero El Capoa, Valle del Carrizo, Sinaloa. Estación Oceanográfica del Pacífico Centro. Secretaría de Marina. Informe técnico. Topolobampo, Sinaloa. 29 p.
- [15] Escobedo-Urías D., Hernández-Real M. T., Herrera-Moreno, N., Ulloa-Pérez A. E. y Chiquete- Ozono Y. (1999). Calidad bacteriológica del sistema lagunar de San Ignacio Navachiste, Sinaloa. *Cien. y Mar.* 9, 17–27.
- [16] Escobedo-Urías D., Hernández Real M.T., Herrera Moreno N., Ulloa Pérez A. E. y Chiquete Ozon Y. (2000). Distribución de variables físicas y químicas de las lagunas de San Ignacio, Navachiste y Macapule, Sinaloa. Memorias. XII Congreso Nacional de Oceanografía. Huatulco, Oax., México. 22 al 26 de mayo, 2000. CD-ROM.
- [17] Ferrara-Guerrero M.J., Castellanos-Páez M. E. & Garza-Mouriño G. (2007). Variation of a benthic heterotrophic bacteria community with different respiratory metabolisms in Coyuca de Benítez coastal lagoon (Guerrero, Mexico). *Biol. Trop.* 55, 157-169.
- [18] Foroughbakhch, P.R., Céspedes C. A. E., Alvarado V. M. A., Núñez G. A. y Badii M. H. (2004). Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el Golfo de México. *Ciencia.* 2, 203-208.
- [19] Galindo, F. 2000. Informe del Estudio de Caracterización de la Laguna de Tres Palos, Acapulco, Guerrero. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 31 p.
- [20] García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. ed. Offset Larios. México, D.F. 271 p.
- [21] Hernández Real, M.T., Escobedo D. y Grajeda M. (1995). Water quality at the lagoon complex of Topolobampo, Sinaloa, Mexico. Memorias. Primer encuentro Internacional de Ecología Microbiana. México, D.F. 8 al 12 de mayo, 1995. CD-ROM.
- [22] Huaylinos, V. W., Quispitúpac Q. E. y Martínez L. N. (2003). Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (PIURA-PERÚ). *Inst. Investig. Fac. Ing. Geol. Min. Metal. Geogr.* 6, 7-19.
- [23] INE (1989). Acuerdo CE-CCA-001/89. Por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua. Instituto Nacional de Ecología. Diario Oficial de la Federación. 2 de diciembre 1989.
- [24] INEGI (2005). II Censo de Población y Vivienda, estadísticas censales a escalas geoelectorales, resultados por localidad. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Biblioteca digital. (en línea). <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2005> (Consultado 02/05/2015).
- [25] López A. F. J. B. (1986). Caracterización hidrológica para evaluar la calidad de la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, durante el ciclo anual otoño de 1983 - verano de 1984 y la aplicación de técnicas de recepción remota. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 79 pp.
- [26] MMA (1997). Resolución 257/97 del Minambiente por medio de la cual se establecen controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas. Ministerio de Medio Ambiente de la República de Colombia. Santafé de Bogotá D.C. Publicado el 26 de marzo de 1997.
- [27] OMS (1999). Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Organización Mundial para la Salud. Segunda edición. Vol. 3. Suiza, Ginebra. 255 p.
- [28] Ramírez E., R. (1988). Laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, un sistema de estudio integrado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 64 p.
- [29] Ramos D. F. J., Quiroz F. A. de Jesús, Ramírez G. A. J. P. y Lot H. A. (2004). Manual de hidrobotánica. Muestreo y análisis de la vegetación acuática. México, D.F. Editorial AGT Editor, S.A. 158 p.
- [30] Robles Valderrama, Esperanza; Ramírez Flores, Elizabeth; Gallegos Neyra, Elvia; Ibarra Montes, Rocío; Ramírez García, Pedro; Duran Díaz, Angel; Martínez Rodríguez, Blanca; Saínez Morales, Ma. Guadalupe. (2000). Laguna Negra (Puerto Marqués), refugio florístico y faunístico en riesgo de extinción. En:

Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente: Memorias técnicas. México, D.F. p.p. 1-11. Morelia, México, 21-24 marzo. 2000. CD-ROM. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. En línea: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=3917&indexSearch=ID> (consultado: 04/08/2016).

- [31] Román-Contreras R. (1991). Ecología de *Macrobranchium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en la Laguna de Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. *Anal. Inst. Cien. Mar Limnol.* 3, 87–96.
- [32] Rzedowski, J. (2006). La Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (editor). México, D.F. 504 p.
- [33] SE (2000). Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000. Análisis de agua - determinación de la conductividad electrolítica - método de prueba. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. 18 de diciembre del 2000.
- [34] SE (2001a). Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. 01 de agosto del 2001.
- [35] SE (2001b). Norma Mexicana NMX-AA-045-SCFI-2001. Análisis de agua-determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. 19 de julio del 2001.
- [36] SEDER (2007). Estudio para determinar la factibilidad técnica, económica, biológica, social, proyecto ejecutivo y manifestación de impacto ambiental, para el dragado del canal de intercomunicación en el sistema lagunar Mitla-Coyuca, municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección general de fomento pesquero. Informe técnico. Chilpancingo, Gro. 150 p.
- [37] SEMARNAT (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 06 de enero de 1997.
- [38] SEMARNAP-INE (2000). La Calidad del Agua en los Ecosistemas Costeros de México. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 407 p.
- [39] SSA (1994a). Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios, determinación de bacterias coliformes, técnicas del número más probable. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 19 de octubre de 1995.
- [40] SSA (1994b). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 22 de noviembre del 2000.
- [41] SSA (2006). Método de prueba CCAYAC-M-004. Estimación de la densidad microbiana por la técnica del número más probable (NMP), detección de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* por NMP. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 07 de marzo del 2006.
- [42] Torres R. M. (1980). Evaluación de la contaminación por detergentes en el río Coyuca de Benítez, Estado de Guerrero. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 70 p.
- [43] UNESCO (1985). The international system of units (SI) in oceanography. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Technical report No. 45. Paris, France. 131 p.
- [44] Yáñez-Arancibia, A. (1980). Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la laguna de términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anal. Inst. Cien. Mar Limnol.* 7, 69-18.
- [45] Yáñez-Arancibia, A. (1986). Ecología de la Zona Costera. Análisis de siete tópicos. AGT Editor, S.A. México, DF. 189 p.