
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Proyecto

Estudios Biológicos, Bioquímicos y Moleculares de Comunidades Bacterianas en
Sistemas Acuáticos Mexicanos

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Distribución y abundancia de bacterias pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* presentes en la
laguna de Mecoacán, Tabasco durante dos temporadas climáticas

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Ignacio Bravo Jacal

Matrícula

2142029189

ASESORES

M. en C. Alfonso Esquivel Herrera 17064

MMS. Ruth Soto Castor 24789

México

Octubre de 2019

Introducción

Los microorganismos desempeñan funciones esenciales dentro de los ecosistemas, las cuales influyen directamente sobre la calidad de la vida humana, ya que sin las actividades biogeoquímicas cíclicas esenciales de los microorganismos las formas de vida superiores incluyendo el hombre, no podrían existir (Atlas, 1990). Así mismo La flora bacteriana constituye un componente esencial de las redes tróficas en los ecosistemas acuáticos, tanto en actividad como en cantidad de biomasa, contribuyendo a la regeneración de nutrientes e interactuando con una amplia gama de organismos (Cruz Leyva *et al.*, 2015).

Si bien los microorganismos conforman una parte importante en nuestra vida, cierto porcentaje de ellos constituye serias amenazas para la salud del ser humano, ya que desde el punto de vista de la seguridad alimentaria algunas familias bacterianas incluyen especies que son las responsables de infecciones e intoxicaciones de los consumidores, que pueden originar hasta la pérdida de vidas humanas (Cruz Leyva *et al.*, 2015), un claro ejemplo son las enterobacterias que se caracterizan por ser poco exigentes en sus necesidades nutritivas, resistentes a la acción de agentes externos y forman una amplia familia compuesta de las principales especies patógenas para el hombre, animales y plantas ocasionando enfermedades con alta morbilidad y mortalidad (Madigan *et al.*, 2003).

La contaminación microbiana es una fuente muy común de enfermedades infecciosas teniendo como principales fuentes, el agua y los alimentos contaminados. Las enfermedades transmitidas por el agua contaminada son una de las principales causas de mortalidad, estas pueden ser transmitidas a través del agua de consumo no tratada apropiadamente contaminada con patógenos la cual es usada para las actividades domésticas y recreativas constituyendo un serio problema ya que en muchos lugares, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por residuos domésticos e industriales está causando problemas ambientales, alterando los procesos microbianos y la calidad del agua (Prescott *et al.*, 2004).

Los productos pesqueros son una fuente importante de proteínas y otros componentes nutritivos en la alimentación humana. Entre estos productos se clasifican peces y mariscos; en estos últimos se agrupan camarones, ostras, ostiones, almejas, calamares, pulpos, entre otros. Debido a su composición química y hábitat los recursos pesqueros poseen una abundante diversidad microbiana que puede interactuar de forma positiva, como control biológico de enfermedades para el propio animal (Aly *et al.*, 2008); negativas, cuando causa enfermedad, muerte o contaminación de los recursos pesqueros en las etapas larval, adulta y reproductiva (Goldschmidt-Clermont *et al.*, 2008). Al igual que deterioro del producto y trasmisión de enfermedades a los consumidores.

Por lo anterior se analizó la distribución y abundancia de enterobacterias presentes en agua, sedimento y ostión en la laguna de Mecoacán, Tabasco ya que dicha laguna representa la principal fuente de ingresos para la población cercana que se sustenta de la venta de productos pesqueros, encontrando que tanto el agua de la laguna como los productos que se obtienen de ella se encuentran contaminados, por lo que refiere a esta investigación muestran la presencia de enterobacterias patógenas presentando riesgos para la salud de quienes consumen dichos productos, así como también para las personas que por su trabajo y/o actividades se encuentra en contacto con el agua, se espera que esta investigación sea útil para los riesgos que implica el

inadecuado manejo de los recursos provenientes de la laguna de Mecocacán y sirva como apoyo para investigaciones futuras.

Marco Teórico

La familia Enterobacteriaceae constituye un grupo grande y heterogéneo de bacterias gramnegativas, las cuales reciben su nombre por la localización habitual como saprofitos en el tubo digestivo de algunos animales, incluido el hombre, se trata de bacilos y cocobacilos ampliamente distribuidos, encontrándose de forma universal en el suelo, el agua y la vegetación (Puerta-García y Mateos-Rodríguez, 2010).

Estas bacterias son anaerobias facultativas que no forman esporas, fermentadoras de glucosa, no presentan actividad de citocromo oxidasa, reducen nitratos a nitritos. Las especies móviles cuentan con flagelos de distribución peritrica.

Localización

Gran parte de las enterobacterias son habitantes normales del aparato digestivo de humanos y animales y residen como microflora normal en ambientes naturales.

Estos microorganismos han sido reportados como transeúntes de la microflora bucal, y pueden encontrarse sobre la superficie mucosa, dientes y en el área subgingival de pacientes con enfermedad periodontal avanzada. También se han aislado de la cavidad bucal de individuos que usan dentaduras y pueden estar asociados a halitosis. Muchas enterobacterias tienen la capacidad para colonizar y proliferar en la cavidad bucal, actuando como cofactores en las formas destructivas de la enfermedad periodontal (Medina, 2010).

En la piel (sobre todo en la región perianal), en la uretra anterior y sobre todo en el intestino. Desde el estómago al intestino grueso, la concentración va aumentando a lo largo del tubo digestivo (Merino y Lösch, 2005).

Taxonomía

Dentro de la Familia Enterobacteriaceae se reconocen más de 41 géneros diferentes y más de 100 especies (Quinn *et al.*, 2011), varios de estos géneros están siendo sometidos a revisión mediante técnicas de Biología Molecular, estudiando la homología de su ADN y frecuentemente se crean nuevos géneros con especies de géneros ya existentes (Bratos-Pérez, 2012).

A continuación, se mencionan los géneros pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*

<i>Alishewanella</i>	<i>Escherichia</i>	<i>Pragia</i>
<i>Alterococcus</i>	<i>Ewingella</i>	<i>Proteus</i>
<i>Aquamonas</i>	<i>Grimontella</i>	<i>Providencia</i>
<i>Aranicola</i>	<i>Hafnia</i>	<i>Rahnella</i>
<i>Arsenophonus</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Raoultella</i>
<i>Azotivirga</i>	<i>Kluyvera</i>	<i>Salmonella</i>
<i>Blochmannia</i>	<i>Leclercia</i>	<i>Samsonia</i>
<i>Brenneria</i>	<i>Leminorella</i>	<i>Serratia</i>
<i>Buchnera</i>	<i>Moellerella</i>	<i>Shigella</i>
<i>Budvicia</i>	<i>Morganella</i>	<i>Sodalis</i>

<i>Buttiauxella</i>	<i>Obesumbacterim</i>	<i>Tatumella</i>
<i>Cedecea</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Trabulsiella</i>
<i>Citrobacter</i>	<i>Paracolobactrm</i>	<i>Wigglesworthia</i>
<i>Dickeya</i>	<i>Pectobacterium</i>	<i>Xenorhabdus</i>
<i>Edwardsiella</i>	<i>Phlomobacter</i>	<i>Yersinia</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Photorhabdus</i>	<i>Yokenella</i>
<i>Erwinia</i>	<i>Plesiomonas</i>	

Principales características microbiológicas de la familia Enterobacteriaceae (Medina, 2010).

- Son aerobios no formadores de esporas que pueden crecer en anaerobiosis (anaerobios facultativos).
- Reducen los nitratos a nitritos (con algunas excepciones).
- No licuan el alginato Fermentan la glucosa a ácido con producción de gas o sin ella Son oxidasa-negativos, a excepción de *Plesiomonas*.
- Producen catalasa.
- No ven favorecido su crecimiento por la presencia de NaCl La mayoría son móviles (con flagelos peritricos).
- No formadores de esporas.

Estructura

Los miembros de la familia Enterobacteriaceae son microorganismos con forma de bastón, por lo general de 1-3 μm de largo y 0,5 μm de diámetro (Guerrero *et al.*, 2007).

Como en otras bacterias gramnegativas, su envoltura celular se caracteriza por una estructura multilaminar. La membrana interna (o citoplasmática) consiste en una doble capa de fosfolípidos que regula el paso de nutrientes, metabolitos y macromoléculas. La capa siguiente, o capa externa consiste en un peptidoglucano delgado junto con un espacio periplásmico que contiene una elevada concentración de proteínas. La membrana externa compleja consiste en otra doble capa de fosfolípidos que incluyen lipopolisacáridos (LPS) (en la parte más externa, son un importante factor de virulencia de estas bacterias), lipoproteínas (que están fijadas al peptidoglucano), proteínas porinas multiméricas (que facilitan el paso de diversas sustancias, incluidos los antibióticos betalactámicos) y otras proteínas de la membrana externa.

Patogenicidad de las enterobacterias

Casi todos los organismos entéricos son oportunistas y causan enfermedades. Al introducirse a un sitio del cuerpo que generalmente es estéril, las enterobacterias producen enfermedades como neumonía, infecciones de vías urinarias, septicemia, infecciones neonatales, infecciones en heridas e infecciones postoperatorias (Guerrero *et al.*, 2007).

Factores determinantes de patogenicidad

- La cápsula tiene propiedades de adhesina y es antifagocitaria.

- Las fimbrias permiten la adherencia a la célula huésped e impiden el barrido por las barreras mecánicas de defensa del organismo.
- Algunas especies producen exoenzimas como ureasa, gelatinasa, lipasa, desoxirribonucleasa, las cuales actúan permitiendo la sobrevivencia de la bacteria dentro del órgano afectado.
- Debido a que el hierro es indispensable para ciertas funciones de las bacterias, estos microorganismos producen aerobactinas que permiten la captación de hierro desde el medio.
- Todas las enterobacterias poseen el lipopolisacárido (LPS) de pared, el cual tiene acción de endotoxina, la cual se libera al destruirse la bacteria.
- Exotoxinas: no todas las especies las producen. Sólo son producidas por las patógenas obligadas y poseen efectos específicos.

Dentro de este grupo se incluyen aquellas especies que forman parte de la flora normal del hombre y los animales, están presentes en el suelo, el agua y las plantas. Producen infección cuando salen de su hábitat o hay alteraciones de las defensas locales. Los Géneros oportunistas que con mayor frecuencia se aíslan son: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*

Estas bacterias producen infecciones extraintestinales como: infecciones urinarias, sepsis, meningitis, abscesos, neumonías, otitis, sinusitis, meningitis, etc. (Guerrero *et al.*, 2007)

Tabla 1 Enterobacterias patógenas de importancia clínica

Género	Especies
<i>Escherichia</i>	<i>coli, alberti, alvei</i>
<i>Klebsiella</i>	<i>pneumoniae, oxytoca, granulomatis</i>
<i>Salmonella</i>	<i>choleraesuis, typhi, typhimurium</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>aerogenes, cloacae, agglomerans, gergoviae, sakazakii</i>
<i>Serratia</i>	<i>marscecens</i>
<i>Hafnia</i>	<i>alves</i>
<i>Citrobacter</i>	<i>freundii, amalonaticus, diversus</i>
<i>Yersinia</i>	<i>pestis, enterocolitica, pseudotuberculosis</i>
<i>Proteus</i>	<i>mirabilis, vulgaris</i>
<i>Providencia</i>	<i>rettgeri, stuartii</i>
<i>Morganella</i>	<i>morganii</i>
<i>Shigella</i>	<i>dysenterii, flexneri, sonnei, boydei</i>
<i>Plesiomonas</i>	<i>shigelloides</i>
<i>Edwardsiella</i>	<i>tarda</i>
<i>Ewingella</i>	<i>americana</i>

La contaminación en lagunas costeras se da principalmente como el resultado de la recepción de agua residual, originando cambios fisicoquímicos, un incremento en las concentraciones de bacterias coliformes y un enriquecimiento por materia orgánica, lo que, a su vez, causa el desarrollo masivo de diferentes bacterias y hongos. Es común que, como consecuencia de este desarrollo, se inhiba la microflora natural e incluso que ésta pueda ser destruida. Dado que este tipo de agua transporta además bacterias y hongos patógenos que pueden originar epidemias (Haas *et al.*, 1999), en ciertas épocas del año el riesgo sanitario puede aumentar, particularmente al inicio de la estación de lluvias, que es un momento determinante, porque pueden encontrarse altas concentraciones de bacterias, incluso mayores que ya entrada la temporada (Barrera-Escorcía *et al.*, 1999).

Los indicadores microbiológicos de calidad del agua son analizados principalmente en balnearios y albercas (Barrera-Escorcía y Namihira-Santillan. 2004). Sin embargo, se ha hecho necesario llevar a cabo este tipo de análisis en regiones de influencia marina como lo son las lagunas costeras.

El análisis de la calidad sanitaria del agua utiliza como indicadores al grupo de bacterias denominado coliforme (Ríos-Tobón *et al.*, 2017). Este grupo incluye bacterias saprófitas microaerobias de origen fecal, que pueden asociarse a la presencia de bacterias patógenas (Paredes y Tereva, 2017). Ciertas concentraciones de bacterias coliformes en el agua se consideran un riesgo sanitario, sus límites están descritos en la legislación mexicana Carta Nacional Acuícola, 2013.

Pruebas bioquímicas para su identificación

Las pruebas bioquímicas se basan en la determinación de la presencia o ausencia de diferentes enzimas codificadas por el material genético del cromosoma bacteriano. Estas enzimas (catalasas, coagulasas, decarboxilasas, deaminasas, ureasas, peroxidasas, etc.) involucradas en el metabolismo bacteriano, pueden ser evidenciadas en medios de cultivo especiales que contienen los substratos (DNA, hidratos de carbono, aminoácidos, etc.).

Las pruebas bioquímicas también evalúan: la capacidad de reducir ciertos iones (ferroso a férrico), la presencia o ausencia de flagelos (prueba de movilidad), la producción o no de hemolisinas, el requerimiento o no de algunos factores especiales (proteínas séricas), la producción o no de algunas toxinas con capacidad virulenta, toxina diftérica, toxina botulínica, etc. (Aranguren, 2018).

Se realizaron las siguientes pruebas bioquímicas:

Agar de hierro triple azúcar, Citrato de Simmons, Prueba de Indol, Caldo Rojo de Metilo Voges Proskauer, Agar de hierro y Lisina, Medio SIM, medio MIO.

Antecedentes del lugar

Acosta-Velázquez *et al.* (2012), estimaron la tasa de cambio e identificaron los principales agentes de transformación de los manglares en seis sistemas lagunares del estado de Tabasco en un periodo de 18 años (1988-2006). A través de un análisis multitemporal postclasificatorio de la distribución del uso del suelo y vegetación de la costa del estado de Tabasco, utilizando imágenes de satélite Landsat TM de 1988 e imágenes del satélite Spot de 2006. De acuerdo con los resultados obtenidos mencionan que en todos los sistemas lagunares disminuyeron los manglares a excepción de la laguna del Carmen. A nivel de sistemas la mayor tasa de deforestación (6%), se presenta en la laguna de Mecoacán.

De la Lanza Espino y Aguirre. (1999), analizaron los nutrientes y el fitoplancton de la laguna de Mecoacán, al sur del golfo de México. La hidroquímica estuarina y su condición dinámica se midieron mensualmente durante el periodo invierno-primavera de 1993, así como también la composición del fitoplancton, la cual mostró el predominio de la diatomea *Skeletonema costatum*, con una afinidad estuarina, además de un alto contenido de amonio, así también los niveles del fitoplancton y de los micronutrientes definen a la laguna de Mecoacán como una laguna de alta fertilidad y de gran eficiencia en la utilización de los micronutrientes que recibe de la cuenca Grijalva-Usumacinta, al ser esta laguna un importante recurso natural, utilizado como área de crianza de especies pesqueras.

Díaz-González, Vázquez-Botello y Ponce-Vélez. (1994), analizaron la contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) disueltos en la Laguna de Mecoacán, Tabasco; colectando muestras de agua superficial en febrero y octubre de 1993, llevando a cabo los análisis mediante cromatografía de gases encontrando que durante febrero la concentración total de los HAP's fue de 4.6 microgramos/litro y oscilo entre 0.223 y 0.763 microgramos/litro, mientras que para octubre la concentración aumento al doble dando como resultado 9.72 microgramos/litro variando entre 0.375 y 2.810 microgramos/litro demostrando que la laguna de Mecoacán se encuentra contaminada por los HAP's cuya concentración llega a ser hasta tres órdenes de magnitud mayor de lo que se considera natural.

Domínguez *et al.* (2003) analizaron la distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México durante los meses de febrero, abril, junio, agosto y octubre del 2000 colectando un total de Un total de 702 decápodos pertenecientes a nueve familias, 14 géneros y 19 especies encontrando que las especies dominantes en densidad (ind/m^2) fueron *Eurypanopeus depressus*, *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus aztecus*, *F. duorarum* y *Clibanarius vittatus*. En cambio, en biomasa (g/m^2) dominaron los camarones, *C. vittatus* y las jaibas *Callinectes rathbunae*, *C. similis* y *C. sapidus*. La captura máxima de la densidad de crustáceos (61%) fue en la temporada de precipitación, y la máxima biomasa (57%) durante la sequía. El 87% de la densidad, y el 77% de la biomasa de decápodos se recolectaron en condiciones mesohalinas y polihalinas, mientras que en condiciones oligo-mesohalinas fueron menores. El menor número de especies de decápodos en Laguna Mecoacán, se atribuyó a la limitada distribución de la vegetación acuática sumergida y a la prevalencia de condiciones oligohalinas y mesohalinas

Gómez Angulo. (1977), llevó a cabo un estudio en el cual se describen las corrientes que existen en la laguna costera de Mecoacán, Tabasco en donde los resultados se indicaron como trayectorias en cuatro esquemas representativos, realizando las mediciones por método directo, utilizando como dispositivos crucetas de deriva siendo posible llegar a los resultados mediante tres años de registros constantes.

López-Portillo y Ezcurra. (1985), analizaron la caída de hojarasca proveniente del mangle negro (*Avicennia germinans*) en un pantano durante un ciclo anual, llevando a cabo el estudio en intervalos mensuales de marzo de 1979 a marzo de 1980, destacando que la caída de hojarasca se encuentra fuertemente influenciada por las variables ambientales de cada estación climática como el nivel del agua, la radiación solar, evaporación del agua, vientos, lluvias, etc. Estimando que el promedio anual de la caída de hojarasca es de $614.4\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$

López-Portillo y Ezcurra. (1989) llevaron a cabo una zonación del manglar y vegetación de marisma en la Laguna de Mecoacán en Tabasco en donde analizaron la zonación y distribución de dos especies de mangle *Avicennia germinans* y *Rizophora mangle* y tres especies de plantas presentes en la laguna, *Batis marítima*, *Spartina spartinae* y *Pithecellobium lanceolatum*, las cuales se estudiaron a lo largo de dos transectos con formas contrastantes de perturbación, pero que correspondían en geoforma. En el transecto perturbado colectaron muestras de suelo en la temporada seca y cuando el nivel del agua se encontraba bajo analizando sus características fisicoquímicas las cuales presentaron cambios con respecto al relieve en cuanto a la cobertura de *Avicennia germinans* cambio de forma continua con respecto al relieve. En el transecto perturbado, *Batis marítima* ocupa la planicie lodosa donde los mangles fueron talados.

Tovilla Hernández *et al.* (2013), realizaron un inventario del manglar y el avance de la intrusión salina en el ejido Aquiles Serdán, municipio de paraíso, Tabasco. El cual se llevó a cabo por parte del proyecto “Gestión y Estrategias de Manejo Sostenible para el Desarrollo Regional en la Cuenca Transfronteriza Grijalva”, con la finalidad de obtener conocimientos actualizados sobre la situación de los manglares en Tabasco, permitiendo conocer la densidad poblacional de los manglares en el área de Mecoacán.

Wong Chang y Barrera Escorcía. (1996), analizaron los niveles de contaminación microbiológica en algunas regiones costeras del Golfo de México, en los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco, tomando muestras de agua, sedimento y ostión, realizando las investigaciones a través de grupos indicadores y la identificación de algunas bacterias como: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Proteus* y *Vibrio*. Encontrando que para la laguna de Mecoacán los microorganismos encontrados rebasan las cifras permisibles en la ley y además en las muestras de agua sedimento y ostión se encontraron microorganismos patógenos.

Objetivo general

Analizar la distribución y abundancia de enterobacterias presentes en agua, sedimento y ostión en la laguna de Mecoacán, Tabasco durante dos temporadas climáticas (invierno y primavera).

Objetivos específicos

- ❖ Identificar los géneros de bacterias de la familia Enterobacteriaceae en muestras de agua, sedimentos y ostión de la laguna de Mecoacán, Tabasco.
- ❖ Estimar el número de enterobacterias por género encontradas en muestras de agua y sedimentos de la laguna
- ❖ Analizar la distribución espacial de las enterobacterias encontradas en las muestras de la laguna de Mecoacán, Tabasco.
- ❖ Comparar los géneros de enterobacterias encontrados en dos temporadas climáticas (invierno y primavera) y entre sitios de muestreo.

Justificación

La presente investigación se realizó con la finalidad de obtener conocimientos actualizados sobre el estado sanitario y principalmente de presencia de enterobacterias en la laguna de Mecoacán, Tabasco en dos temporadas climáticas diferentes, ya que existe muy poca información al respecto, siendo este un tema de alta importancia ya que dentro de la familia *Enterobacteriaceae* existen

algunos géneros y especies con cierto grado de patogenicidad, siendo: *Salmonella*, *Escherichia*, *Shigella*, *Proteus*, *Serratia*, *Yersinia*, *Klebsiella* y *Enterobacter* algunos de los más representativos

El tema de la contaminación en los sistemas acuáticos es cada vez más creciente, ya que la mayoría de desechos domésticos, urbanos e industriales van a parar a los ríos, lagos, lagunas o directamente al mar, aumentando la carga bacteriana en estos hábitats, por lo que es prudente llevar a cabo esta investigación para asentar un precedente en el lugar, a partir del cual se pueden llevar a cabo nuevas investigaciones y acciones de mitigación para la creciente contaminación, contribuyendo al bienestar del sistema lagunar y al de la comunidad que depende de la comercialización de productos pesqueros para su sustento.

Área de Estudio

La Laguna de Mecoacán está situada en el extremo oeste de la costa de Tabasco, en el litoral del Golfo de México cerca del poblado Puerto Ceiba. Se localiza entre las coordenadas 18° 16' a 18° 26' de latitud norte y 93° 04' y 93° 14' de longitud oeste (García-Cubas *et al.*, 1990). La laguna tiene una superficie de 5168 ha, su eje principal se orienta en dirección este-oeste y es paralelo a la línea de costa con 11.5 km de norte a sur y 7 km en su parte más ancha, formando parte del cuerpo deltaico de los ríos más caudalosos de México: el Grijalva y Usumacinta, que se originan en la sierra de Chiapas, (Contreras. 1993). La profundidad varía entre 0.3 y 2.3 metros con un promedio de 1 metro, el canal de acceso al mar registra algunas porciones con 8 metros de profundidad y se localiza al norte de la laguna. Desembocan a esta laguna los ríos Escarbado y González por la porción este, el río Cuxcuchapa por el sureste y el río Seco por el noreste, presenta comunicación permanente al mar por medio de la barra Dos Bocas (Contreras. 1985).

El clima es de tipo cálido húmedo con lluvias todo el año; la precipitación en el mes más seco es mayor a 60 mm y el porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18% (García, 1973). Las condiciones hidrológicas anuales de la laguna se ven influenciadas por la variación estacional de las condiciones atmosféricas, con una salinidad menor a la del mar abierto. Esto señala un comportamiento estuarino provocado por los aportes continuos de agua dulce de escurrimiento continental y al régimen intenso de lluvias (Zamora y Aranda. 2000).

Los sedimentos lagunares son terrígenos, la mayoría areno-limosos, con cantidades menores de arcilla y su distribución litológica se relaciona con la dinámica del agua y con la existencia de bancos ostrícolas. La tasa promedio de sedimentación es de aproximadamente 1.5 cm/año (Galaviz *et al.*, 1987).

La vegetación circundante es del tipo bosque de mangle; además hay un tipo de popal (Mucalera) (Contreras, 1993). El aporte principal de materia orgánica proviene de los detritos del manglar que rodea la laguna, así como del lirio acuático arrastrado por los ríos que desembocan en la misma.

La marea penetra al sistema y se distribuye hacia el sur y sureste de la laguna, con una ligera circulación en sentido de las manecillas del reloj que se acentúa a medida que transcurre la pleamar; finalmente se pierde esta circulación y la masa de agua se dirige hacia la boca de la laguna durante la bajamar (Amador-Muñoz *et al.*, 2001).

A continuación, se muestra un mapa en donde se pueden apreciar los puntos en que se muestreo la laguna de Mecoacán en Tabasco, México.



Fig. 1 Laguna de Mecoacán en el estado de Tabasco. (Tomado de Google Earth)

Metodología

Las muestras para el análisis bacteriológico fueron colectadas en dos muestreos diferentes, uno durante el invierno (febrero 2018) y el otro durante la primavera (junio 2018).

Se seleccionaron 10 puntos de colecta para la toma de muestras de agua, sedimento y ostión de la laguna de Mecoacán, Tabasco.

Las muestras de agua se tomaron a nivel superficial en todas las estaciones, las muestras de sedimento se colectaron con una draga tipo Van Veen y se usó una jeringa como nucleador, ambas muestras fueron depositadas en botellas de 500 ml previamente esterilizadas.

Se colectaron algunos ostiones provenientes de seis zonas de cultivo, o bancos de ostión de la laguna, los cuales fueron cultivados en la zona, estos se refrigeraron y transportaron haciendo uso de una hielera a la zona de trabajo en donde se procedió a llevar a cabo el análisis bacteriológico, obteniendo el líquido de la cavidad paleal, para inocular los medios de cultivo: Agar EMB, Agar Mc Conkey, Agar *Salmonella-Shigella*.

Se tomaron muestras del líquido de la parte interna del ostión con una jeringa estéril inoculando de manera directa los medios mencionados, estriando por agotamiento.

Las muestras fueron procesadas en un laboratorio provisional adaptado en Puerto Ceiba, Tabasco. Para el crecimiento de bacterias heterótrofas se utilizó el medio Zobell 2216E y se realizaron diluciones seriadas decimales, las lecturas del crecimiento fueron tomadas a las 12, 24, 48 y 72 horas (Bianchi y Bianchi. 1971).

Las muestras se mantuvieron en medio de conservación y fueron resembradas en medios de cultivo selectivos, donde se utilizaron distintos sustratos bioquímicos, como carbohidratos, enzimas y

aminoácidos. Las pruebas de identificación bacteriana que se utilizaron en el presente trabajo fueron las siguientes: TSI, Kliger, Indol, Rojo de metilo-VP, Citrato, Hierro, Movilidad, Gelatina, Lisina descarboxilasa, Ornitina, Manitol, Sorbitol, Fenilalanina, Urea y Oxidasa. Al momento también se realizó la descripción macroscópica de cada una de las colonias en los distintos medios de cultivo (MacFaddin, 2000).

Al momento de la toma de muestras bacteriológicas se midieron algunas variables ambientales como profundidad, transparencia, temperatura ambiental y temperatura del agua superficial y de fondo, los cuales se midieron haciendo uso de un disco de Secchi cuya cuerda se encontraba graduada para poder obtener la profundidad y un termómetro de cubeta, de igual forma se midieron algunos parámetros fisicoquímicos, como pH, salinidad, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y fosfatos, para lo cual se utilizó un potenciómetro, refractómetro y los kits de Hanna de bajo rango

Una vez obtenidos los resultados se procesaron utilizando el programa Excel para la organización, conteo y aplicación de fórmulas sobre los datos obtenidos, de igual forma se utilizó el programa Sigma Plot para la elaboración de gráficas y el programa Statistica en el cual se realizaron análisis de componentes principales.

A Partir de los géneros de bacterias identificados se realizó un cepario con las bacterias provenientes de la laguna de Mecoacán en el estado de Tabasco, de ambas temporadas de colecta.

Resultados

A continuación, se muestran los géneros de enterobacterias encontrados en la laguna de Mecoacán, Tabasco durante los muestreos de febrero y mayo 2018, así como el número de cepas aisladas para cada género dentro de cada muestreo.

Tabla 2. Géneros encontrados en la laguna de Mecoacán, Tabasco durante el mes de febrero de 2018

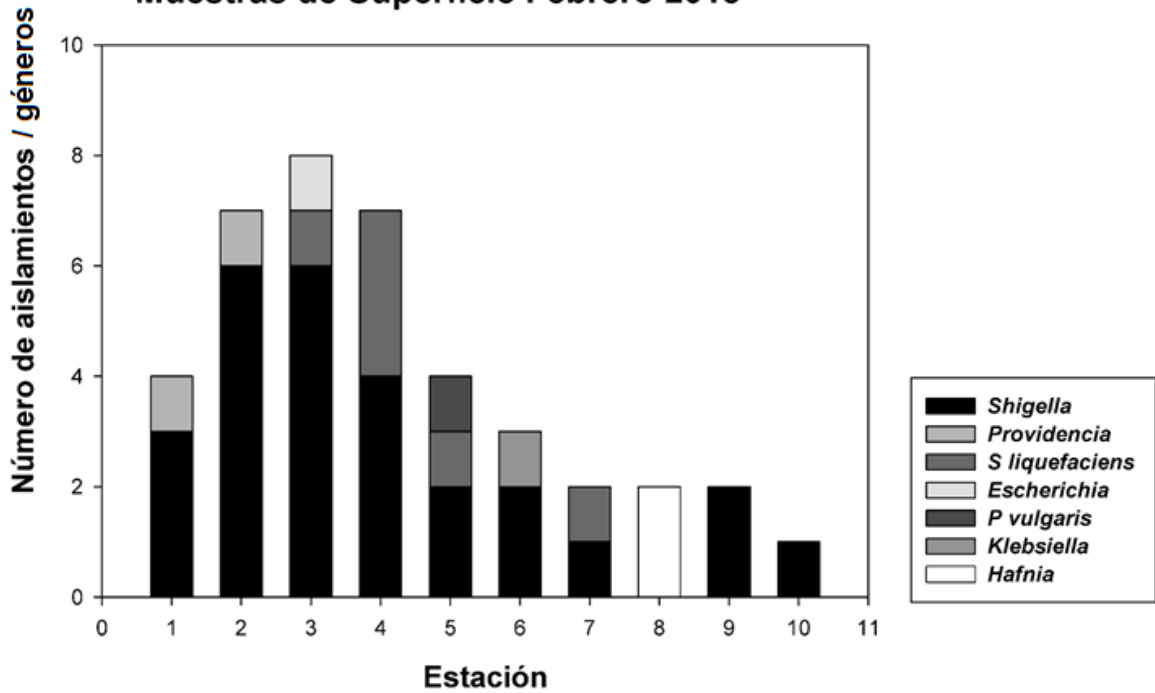
Géneros	Número de cepas
<i>Shigella</i>	62
<i>Serratia liquefaciens</i>	9
<i>Providencia</i>	3
<i>Hafnia</i>	3
<i>Escherichia</i>	2
<i>Klebsiella</i>	1
<i>Proteus vulgaris</i>	1
<i>P. rettgeri</i>	1
<i>Aeromonas hydrophila</i>	1

Tabla 3. Géneros encontrados en la laguna de Mecoacán, Tabasco durante el mes de mayo de 2018

Géneros	Número de cepas
<i>Escherichia</i>	11
<i>S. liquefaciens</i>	7
<i>Citrobacter</i>	6
<i>Shigella</i>	4
<i>Salmonella</i>	2
<i>Arizona</i>	2
<i>A. hydrophila</i>	1
<i>Hafnia</i>	1

En las gráficas a continuación se muestran los géneros de enterobacterias encontrados de acuerdo con el mes y sitio de colecta, donde se realizó el muestreo, tomando en cuenta de igual forma de donde procedían las muestras, es decir agua superficial, sedimentos o muestras de ostión destacando que durante los muestreos de febrero se detectó mayor abundancia bacteriana en la laguna de estudio.

Laguna Mecoacán
Muestras de Superficie Febrero 2018



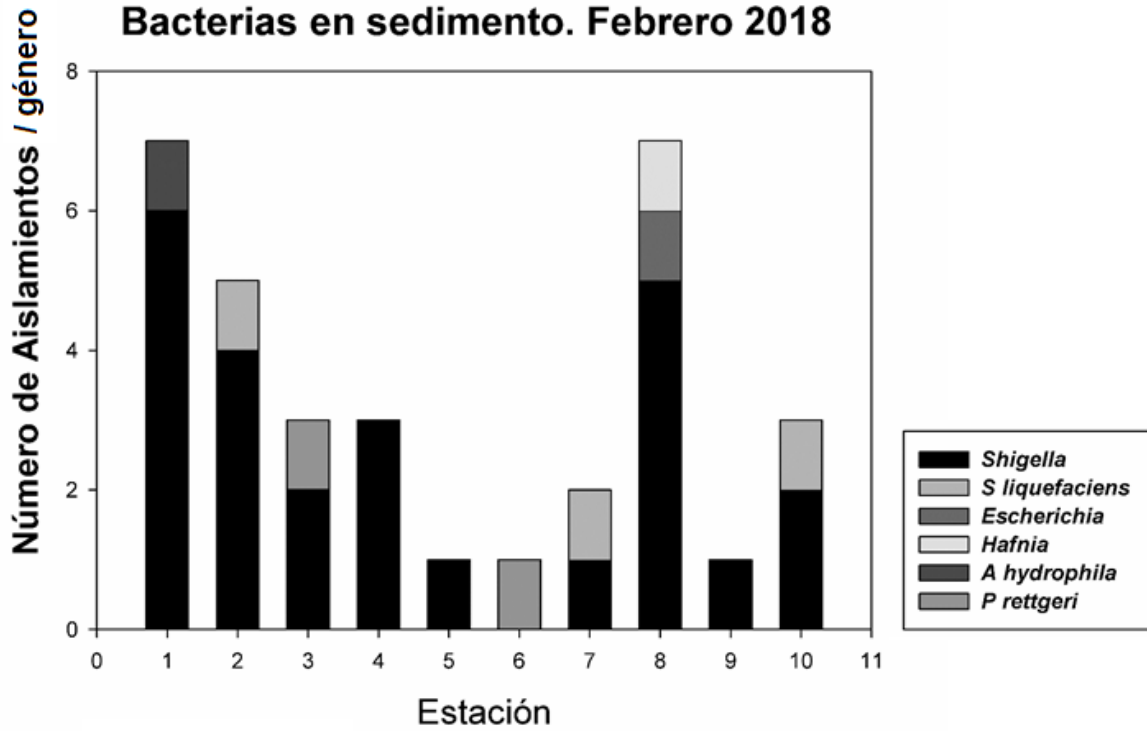
Géneros	Estaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Shigella</i>	3	6	6	4	2	2	1	0	2	1
<i>Providencia</i>	1	1	0	0	0	0		0	0	0
<i>S. liquefaciens</i>	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0
<i>Escherichia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. vulgaris</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Klebsiella</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hafnia</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Figura 2. Número de aislamientos de cada género por estación provenientes de las muestras de agua superficial en la laguna de Mecoacán en el mes de febrero 2018.

En la gráfica anterior se puede observar que el género *Shigella* predominó al encontrarse en la mayoría de las estaciones de muestreo, teniendo presencia en nueve de ellas, siendo en las estaciones dos y tres donde hubo mayor número de aislamientos (seis por estación) y en las estaciones siete y diez donde se presentó el menor número de aislamientos (uno por estación).

Los géneros que menor presencia tuvieron en las muestras de agua superficial del mes de febrero fueron *Escherichia* y *Hafnia* encontrándose únicamente en una estación de las diez muestreadas

Laguna Mecoacán Bacterias en sedimento. Febrero 2018



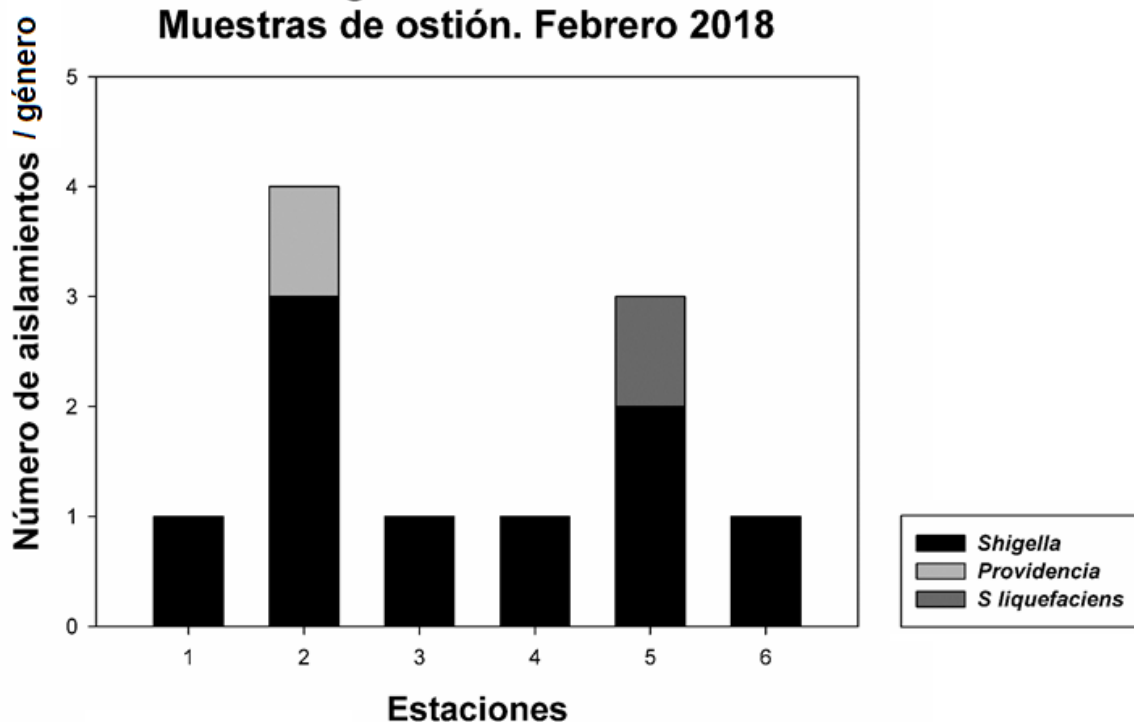
Géneros	Estaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Shigella</i>	6	4	2	3	1	0	1	5	1	2
<i>S. liquefaciens</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Escherichia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Hafnia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>A. hydrophila</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>p. rettgeri</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Figura 3. Número de aislamientos de cada género por estación provenientes de las muestras de sedimento en la laguna de Mecoacán en el mes de febrero 2018.

En la gráfica anterior se observa que al igual que en las muestras de agua superficial el género *Shigella* predominó en las muestras de sedimento al encontrarse de igual manera en nueve de las diez estaciones, siendo en la estación número uno en donde se registró el mayor número de aislamientos (seis), y en las estaciones cinco y nueve donde se registró el menor número de aislamientos (uno por estación).

Los géneros que tuvieron menor presencia fueron *Hafnia* y *A. hydrophila* encontrándose únicamente en la estación número ocho con un aislamiento cada uno

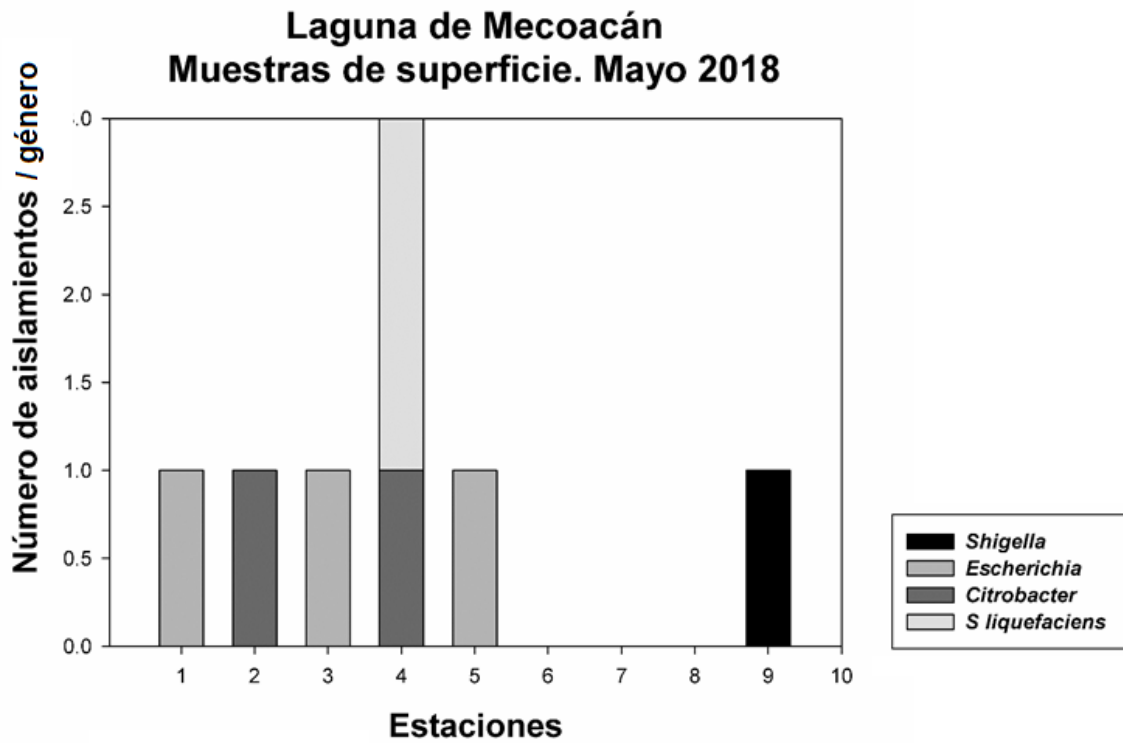
Laguna Mecoacán Muestras de ostión. Febrero 2018



Géneros	Estaciones					
	1	2	3	4	5	6
<i>Shigella</i>	1	3	1	1	2	1
<i>Providencia</i>	0	1	0	0	0	0
<i>S. liquefaciens</i>	0	0	0	0	1	0

Figura 4. Número de aislamientos de cada género por estación provenientes de las muestras de ostión en la laguna de Mecoacán en el mes de febrero 2018.

En la gráfica anterior se observa que nuevamente que el género *Shigella* predominó, encontrándose en las seis muestras de ostión provenientes de la laguna, siendo la muestra de la estación dos la que presentó mayor número de aislamientos de dicho género, de igual manera se encontró la presencia de los géneros *Providencia* y *S. liquefaciens* en las muestras de las estaciones dos y cinco respectivamente.



Géneros	Estaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Shigella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Escherichia</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Citrobacter</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>S. liquefaciens</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0

Figura 5. Número de aislamientos de cada género por estación muestreada provenientes de las muestras de agua superficial en la laguna de Mecoacán en el mes de mayo 2018.

En la gráfica anterior se puede observar que a diferencia de la temporada anterior la presencia del género *Shigella* bajó notablemente encontrándose únicamente en la estación nueve durante este muestreo, los géneros *Escherichia*, *Citrobacter* y *S. liquefaciens* también se presentaron durante este muestreo siendo *Escherichia* el que tuvo mayor presencia encontrándose en las estaciones uno, tres y cinco.

Resaltando que en las estaciones seis, siete y ocho no se registró la presencia de enterobacterias.

Laguna de Mecoacán Muestras de sedimento. Mayo 2018

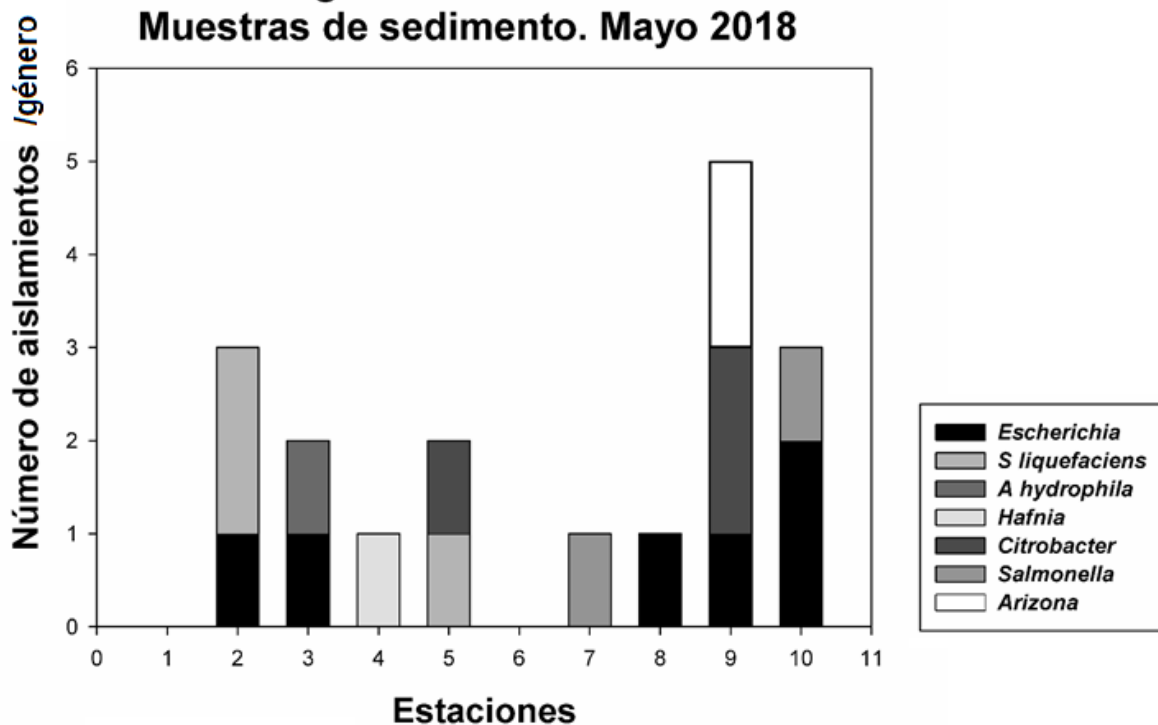
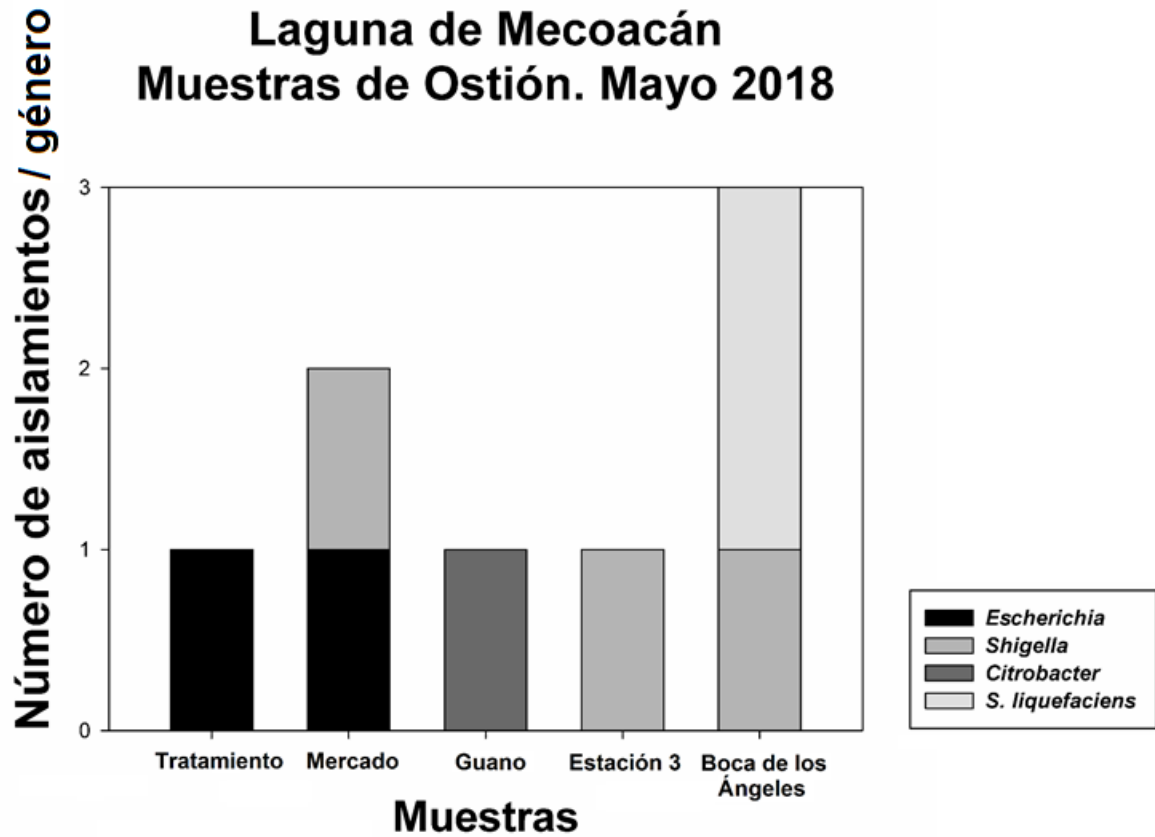


Figura 6. Número de aislamientos de cada género por estación, provenientes de las muestras de sedimento en la laguna de Mecoacán en el mes de mayo 2018.

Para las muestras de sedimento el género *Shigella* nuevamente fue el que se encontró en la mayoría de las estaciones como se puede observar en la gráfica, en la estación nueve se registró la presencia de tres géneros diferentes *Escherichia*, *Citrobacter* y *Arizona*, resaltando que se registró mayor presencia de géneros de enterobacterias en el sedimento que en la columna de agua como se puede apreciar.

En las estaciones uno y seis no se registró la presencia de enterobacterias

Laguna de Mecoacán Muestras de Ostión. Mayo 2018



Géneros	Muestras				
	1	2	3	4	5
<i>Escherichia</i>	1	1	0	0	0
<i>Shigella</i>	0	1	0	1	1
<i>Citrobacter</i>	0	0	1	0	0
<i>S. liquefaciens</i>	0	0	0	0	2

Figura 7. Número de aislamientos de cada género, provenientes de las muestras de ostión en la laguna de Mecoacán en el mes de mayo 2018.

En la gráfica anterior se observa que los géneros de enterobacterias se encuentran distribuidos entre las muestras con un aislamiento cada uno excepto el género *S. liquefaciens* en la muestra Boca de los ángeles que presentó dos aislamientos, hay que resaltar que para esta toma de muestras también se obtuvieron ostiones del mercado pero que de igual forma provienen de la laguna.

En cada muestreo se midieron las variables ambientales para cada una de las estaciones de colecta, así como también los parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento. dichos resultados se muestran a continuación.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua en la laguna de Mecoacán, Tabasco para el mes de febrero

Estación	Localidad	Prof. (cm)	Transp. (cm)	Temp	Sal	OD	Ph	Ms1	SD	Cl-af	N
1	Buena Vista	120	110-90	29.74	10.613	3.193	10.543	19.713	11.766	3.865	2
2	Mojarrera	150	90-80	30.64	13.053	3.093	10.686	24.23	14.216	2.863	1
3	Aspoquero	128	60-40	31.433	10.803	2.826	10.713	20.696	11.963	5.624	1
4	Sestín	140	100-70	31.726	13.286	2.586	10.716	25.083	14.46	3.745	1
5	Boca de los Ángeles	120	60-80	30.646	3.743	3.223	10.813	6.533	4.533	5.463	1
6	Arrastradero	70	30-30	30.033	0.2	2.853	10.12	0.45	0.269	4.926	1
7	Agua Prieta	110	30-30	29.946	1.256	3.293	10.436	2.703	1.603	3.452	1
8	Pajalal	105	50-30	30.133	3.77	3.306	10.686	7.463	4.41	8.042	1
9	Cerros	90	80-70	30.496	10.123	3.233	10.75	14.586	8.59	5.685	1
10	Boca Grande	130	100-90	29.783	36.036	3.193	10.783	57.166	34.056	3.862	2

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del sedimento en la laguna de Mecoacán, Tabasco para el mes de febrero

Estación	Localidad	Materia orgánica	Carbono Org (%)	Arenas	Arcillas	Limos	Clase Textural
1	Buena Vista	1.296	0.752	82	0	18	Areno-limoso
2	Mojarrera	4.699	2.726	48	4	48	Limo-arenosa
3	Aspoquero	5.185	3.008	66	6	28	Franco-arenosa
4	Sestín	5.185	3.008	82	12	6	Areno-arcillosa
5	Boca de los Ángeles	6.482	3.76	68	18	14	Areno-arcillosa
6	Arrastradero	5.834	3.384	66	18	16	Areno-arcillosa
7	Agua Prieta	11.343	6.58	34	38	28	Franco-arcillosa
8	Pajalal	11.181	7.332	46	6	48	Limo-arenosa
9	Cerros	12.64	6.486	44	4	52	Limo-arenosa
10	Boca Grande	11.343	6.58	94	0	6	Arenosa

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos del agua en la laguna de Mecoacán, Tabasco para el mes de mayo

Estación	Localidad	Prof. (cm)	Transp. (cm)	Temp	Sal	OD	SO	pH	mS	SD	Cl-as
1	Buena Vista	120	110-90	29.45	10.18	2.48	31.4	10.17	19	11.48	4.13
2	Mojarrera	150	90-80	29.67	12.23	2.74	38.1	10.36	22.43	13.38	1.57
3	Aspoquero	128	60-40	31.2	10.29	2.96	42.3	10.36	19.71	11.44	2.71
4	Sestín	140	100-70	31.17	8.62	3.11	43.7	10.48	16.69	9.7	1.03
5	Boca de los Ángeles	120	60-80	30.85	3.6	3.07	41.9	10.61	7.38	4.31	5.61
6	Arrastradero	70	30-30	30.01	0.2	2.63	34.8	9.93	0.45	0.269	6.91
7	Agua Prieta	110	30-30	30.28	1.21	2.46	32.5	9.95	2.66	1.54	5.15
8	Pajalar	105	50-30	30.38	2.7	3.52	47.5	10.44	5.57	3.39	1.69
9	Cerros	90	80-70	30.56	4.35	3.19	43.2	10.48	8.51	5.12	3.11
10	Boca Grande	130	100-90	30.94	23.25	3.03	46.1	10.74	38.52	23.85	2.86

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del sedimento en la laguna de Mecoacán, Tabasco para el mes de mayo

Estación	Localidad	Materia orgánica	Carbono Org (%)	Arenas	Arcillas	Limos	Clase Textural
1	Buena Vista	1.296	0.752	82	0	18	Areno-limoso
2	Mojarrera	4.699	2.726	48	4	48	Limo-arenosa
3	Aspoquero	5.185	3.008	66	6	28	Franco-arenosa
4	Sestín	5.185	3.008	82	12	6	Areno-arcillosa
5	Boca de los Ángeles	6.482	3.76	68	18	14	Areno-arcillosa
6	Arrastradero	5.834	3.384	66	18	16	Areno-arcillosa
7	Agua Prieta	11.343	6.58	34	38	28	Franco-arcillosa
8	Pajalar	11.181	7.332	46	6	48	Limo-arenosa
9	Cerros	12.64	6.486	44	4	52	Limo-arenosa
10	Boca Grande	11.343	6.58	94	0	6	Arenosa

A partir de los datos obtenidos (parámetros fisicoquímicos, variables ambientales y géneros de enterobacterias encontrados) se procedió a realizar un Análisis de componentes principales para cada muestreo (febrero y mayo del año 2018) tomando en cuenta las muestras de agua superficial y las muestras de sedimento, los cuales se muestran a continuación.

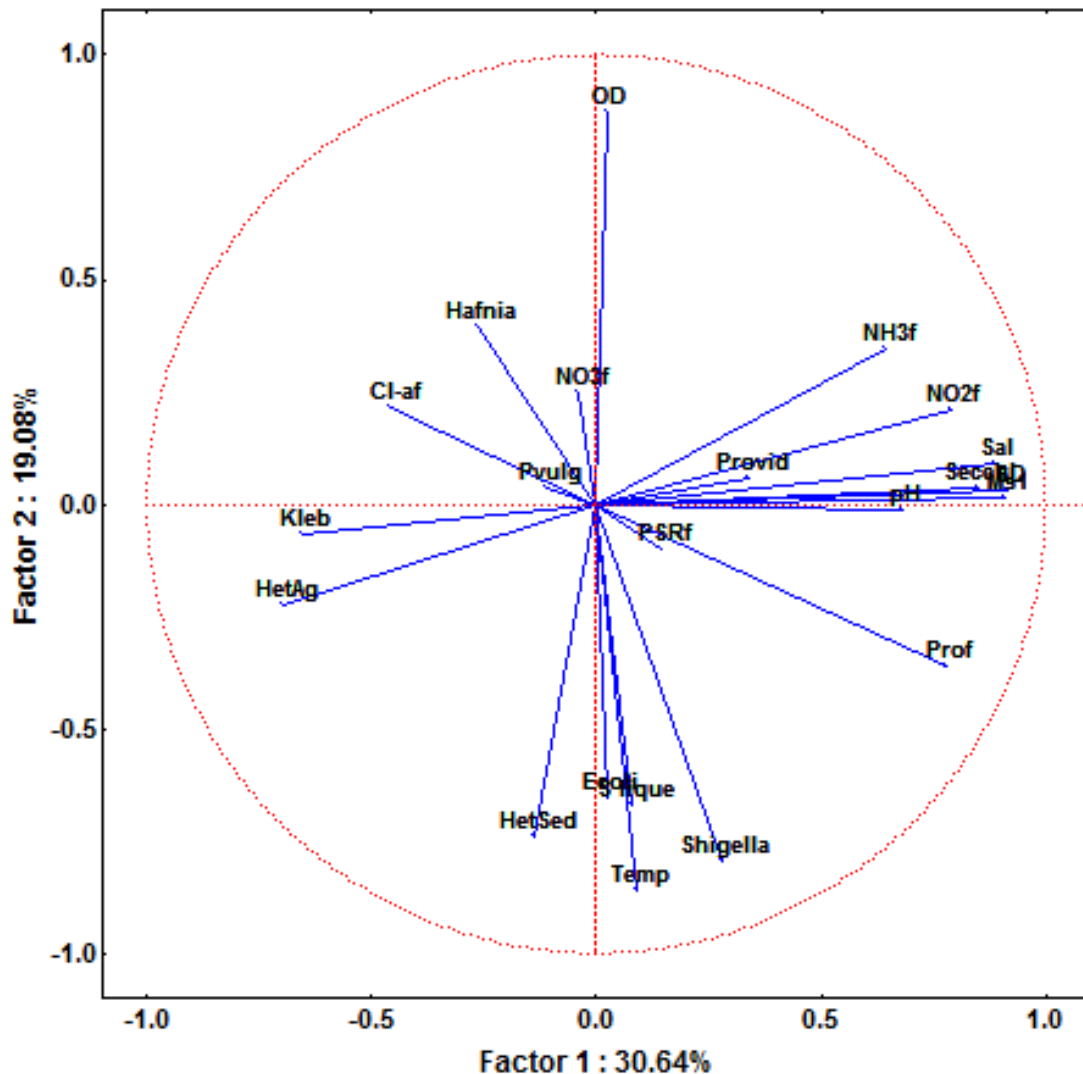


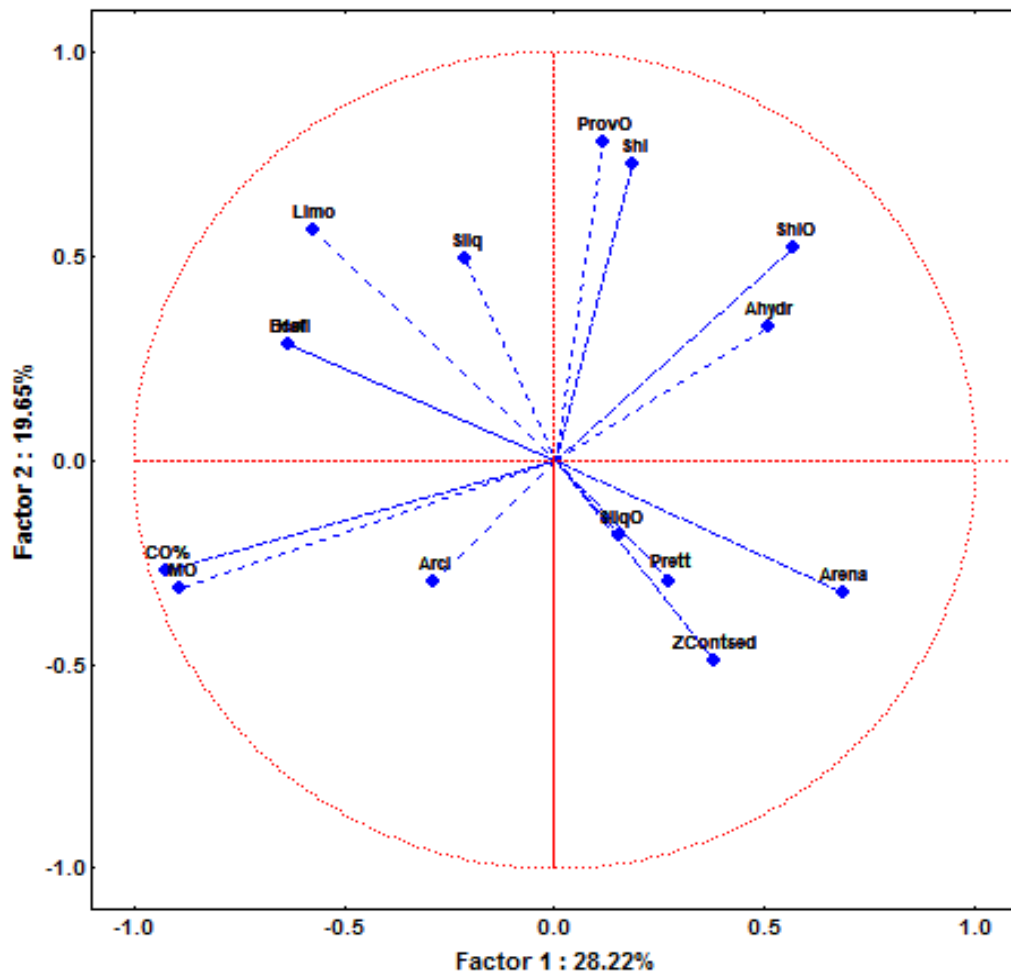
Figura 8. Análisis de componentes principales de las muestras de agua correspondientes al mes de febrero de 2018

En la gráfica anterior se pueden apreciar correlaciones importantes, tanto positivas como negativas. Al momento de observar el modelo destaca el cuadrante superior derecho en el cual se encuentran agrupadas las variables transparencia, salinidad, Ms1 (conductividad), PO₄f (fosfatos), dichas variables se encuentran estrechamente relacionadas unas de otras, denotando que una influye sobre otra.

Otra de las variables que está muy relacionada con las variables anteriormente mencionadas es el pH, que a pesar de encontrarse dentro del cuadrante inferior derecho el ángulo que forma con las variables anteriores es muy pequeño denotando que este también se encuentra relacionado,

además también dentro del cuadrante se encuentra *Providencia* que está ubicada más cerca del origen lo cual indica que tuvo poca influencia en la variabilidad de los datos, es decir su presencia no fue afectada por las variables consideradas y se hallaba en todos los sitios.

En el cuadrante inferior derecho se observan también correlaciones interesantes como la que tiene PSRf (PO₄) con la profundidad. También se aprecia que *E. coli*, *S. liquefaciens* guardan una estrecha relación con la temperatura las cuales a su vez guardan una correlación negativa con el oxígeno disuelto, es decir a medida que una variable disminuye la otra aumenta y viceversa, muy cerca de estas variables se encuentra también *Shigella* que, aunque más alejada de igual manera guarda



relación con las variables anteriores, pero sin ser influenciada directamente.

Figura 9. Análisis de componentes principales de las muestras de sedimento correspondiente al mes de febrero de 2018

En la gráfica que se obtuvo de las muestras de sedimentos del mes de febrero de 2018 se aprecian varias correlaciones interesantes, comenzando con el cuadrante superior derecho donde se observa que existe correlación entre *Providencia* obtenida del ostión y *Shigella* presente en los sedimentos, dentro del mismo cuadrante también se encuentran *Shigella* proveniente de ostión y *A. hydrophila* que de igual forma están correlacionadas una de otra siendo *A. hydrophila* quien también muestra una correlación negativa con las arcillas presentes en el sedimento.

En el cuadrante inferior derecho se observa que *S. liquefaciens*, *P. rettgeri* y el conteo de heterótrofos presentes en sedimento están correlacionadas estrechamente ya que el ángulo formado entre dichas variables es muy pequeño, existiendo también una correlación negativa ente el limo presente en sedimento y *P. rettgeri*, dentro de este cuadrante se encuentran también las arenas las cuales presentan una correlación negativa con *E. coli* y *Hafnia* que claramente se correlacionan fuertemente ya que se traslapa una sobre la otra.

Dentro del cuadrante inferior izquierdo se observa la correlación que existe entre la materia orgánica y el % de carbono orgánico.

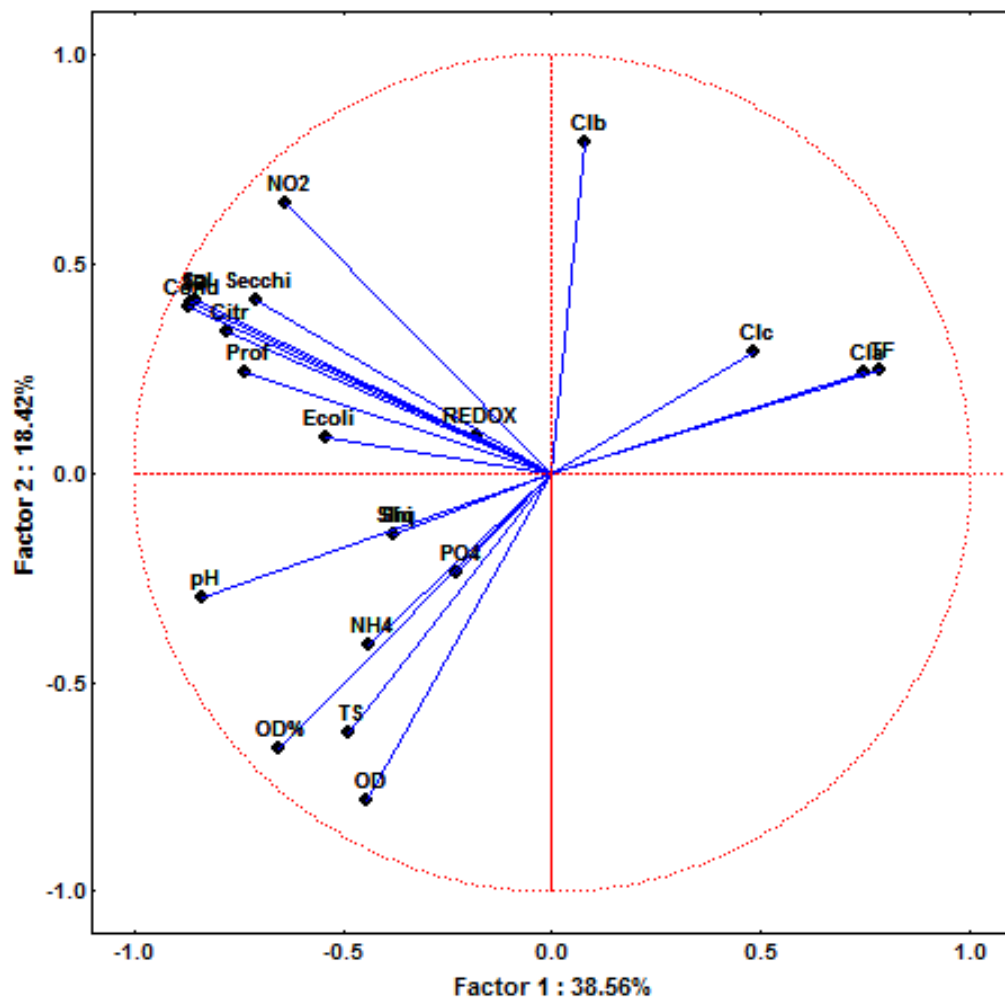


Figura 10. Análisis de componentes principales de las muestras de agua para el mes de mayo de 2018

En la gráfica anterior resaltan a primera vista los cuadrantes superior e inferior izquierdo en donde se encuentra el mayor número de correlaciones. Las variables *E. coli*, profundidad, *Citrobacter*, conductividad, salinidad, sólidos disueltos, transparencia y REDOX presentan una correlación muy estrecha entre si ya que el ángulo que forman es muy pequeño, dentro del mismo cuadrante se

encuentra NO_2 que al encontrarse más alejado del origen muestra su influencia sobre la variabilidad de los datos, es decir la concentración de este compuesto presente en la laguna afecta a las demás variables.

En el cuadrante inferior izquierdo destacan la correlación que existe entre pH, *S. liquefaciens* y *Shigella* mientras que el pH guarda una correlación negativa con las clorofilas C, dentro del mismo cuadrante las variables PO_4 , NH_4 , % oxígeno disuelto, Temperatura de superficie y Oxígeno disuelto se correlacionan siendo el % de oxígeno disuelto y el oxígeno disuelto los que más influyen en la variabilidad de los datos.

En el cuadrante superior derecho se aprecia una correlación muy estrecha entre la clorofila a y Temperatura de fondo las cuales se traslapan una sobre otra mientras que la clorofila b se encuentra alejada del origen y muy cerca del eje superior influyendo de forma activa sobre los datos.

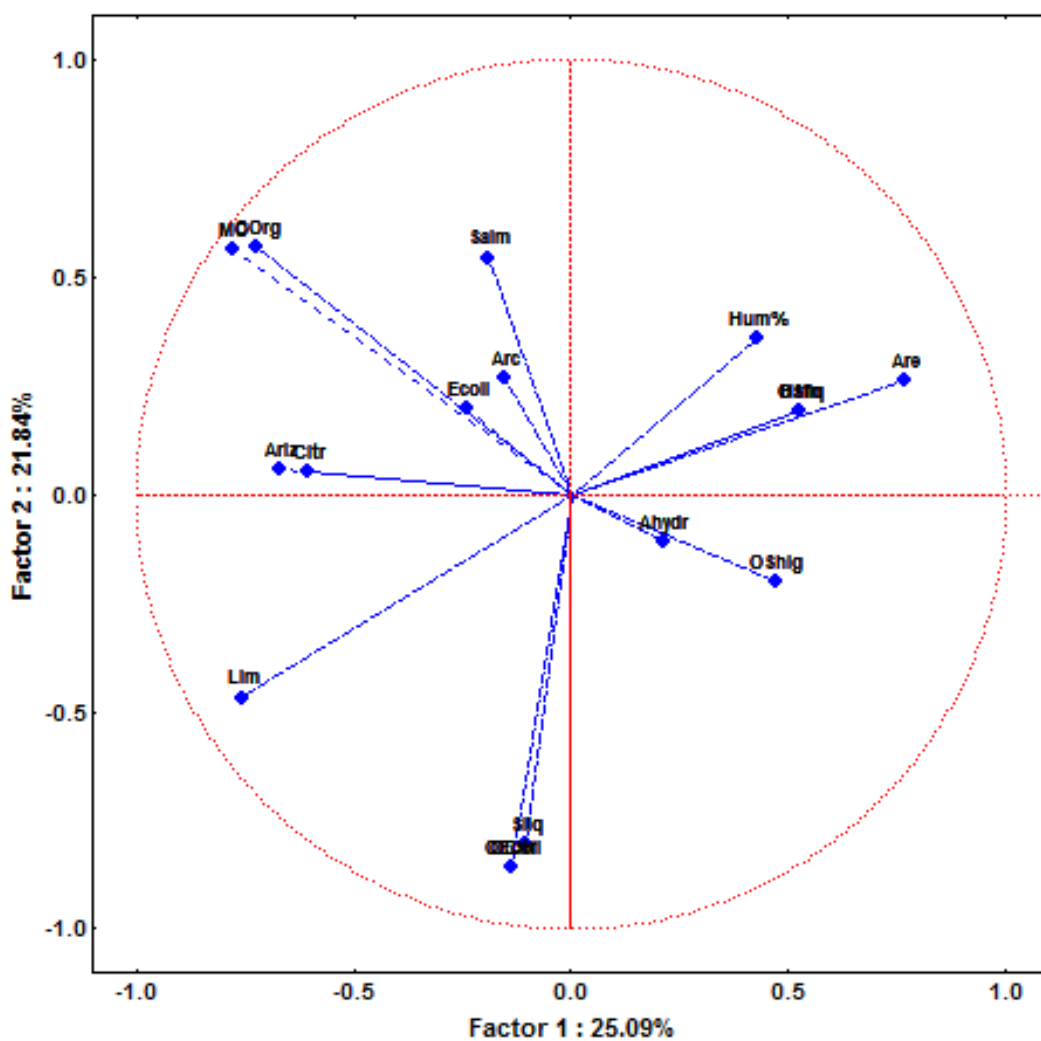


Figura 11. Análisis de Componentes principales de las muestras de sedimento del mes de mayo de 2018

En el análisis de componentes principales que se realizó a las muestras de sedimento del mes de mayo de 2018 se aprecian varias correlaciones muy estrechas, en el cuadrante superior derecho se aprecia que *Hafnia* y *S. liquefaciens* están muy relacionadas ya que están ocupando el mismo espacio en el cuadrante es decir ambas dependen de las mismas condiciones para encontrarse en la laguna, estas dos a su vez se encuentran muy relacionadas con las arenas presentes en el sedimento, así también este conjunto de variables muestran una correlación negativa con los limos presentes en el sedimento, lo cual es muy lógico debido a la composición de los sedimentos. Dentro del mismo cuadrante, se encuentra la variable porcentaje de humedad que igual está relacionada con las variables anteriores pero el ángulo que forma con estas es más amplio por lo que la influencia de esta variable sobre las otras es muy poca.

Dentro del cuadrante inferior derecho se encuentran las variables *A. hydrophila* y *O Shigella* muy cercanas formando un ángulo muy pequeño lo que indica que la relación entre estas dos variables es fuerte.

En el cuadrante inferior izquierdo se muestran nuevamente un conjunto de variables muy relacionadas entre sí ya que prácticamente ocupan el mismo espacio y los ángulos que forman son muy pequeños, estas variables son *S. liquefaciens*, *O E. coli* y *O Citrobacter*.

Dentro del cuadrante superior izquierdo se presentan las variables *Arizona* y *Citrobacter* que se encuentran ocupando el mismo espacio estando muy relacionadas entre sí, encontrándose muy cerca al eje horizontal.

Mas adelante dentro del mismo cuadrante se encuentra el conjunto de las variables materia orgánica, carbono orgánico y *E. coli* presentando una relación muy estrecha.

Discusión

Los principales problemas que tienen las lagunas ubicadas dentro o cerca de las áreas urbanas son la eutrofización, causada casi siempre por el manejo inadecuado de la cuenca urbana y la falta de control en las entradas de aguas residuales, tal es el caso de la laguna de Mecoaacán en Tabasco, la cual experimenta un deterioro en su calidad del agua debido a diversos factores, entre los cuales destacan los vertimientos generados en los poblados y zonas aledañas derivados de actividades industriales, domésticas, agropecuarias y escurrientías, lo que se refleja directamente en la calidad del agua, así como en la flora y fauna presentes, (Botello *et al.*, 2019).

De lo anterior se presenta el asolvamiento de la boca que comunica la laguna con el mar lo que impide el correcto intercambio de agua causando que gran parte de los contaminantes queden dentro de la laguna, (Luna *et al.*, 2016), mencionan que la contaminación fecal que encontraron en dos áreas costeras del mar Adriático fue mayor cerca del área urbana así como en la desembocadura del río Po, la cual disminuyó hasta desaparecer en mar abierto, lo que apoya lo antes mencionado. Ya que de igual forma en este trabajo se observó una disminución de enterobacterias en las muestras que fueron tomadas cerca de la boca de la laguna, sin embargo, al no presentar un correcto intercambio de agua con el mar la salida de contaminantes no es la adecuada quedando gran parte de ellos dentro de la laguna.

Piccini *et al.* (2006) menciona que el intercambio de masas de agua dulce y de origen marino es crucial para el funcionamiento natural de las lagunas costeras y sus humedales litorales asociados, debido a que los procesos ecológicos básicos se controlan mediante esta mezcla. Por ejemplo, dicho

intercambio determina los nutrientes entre las áreas limnética y salobre, que a su vez controla la productividad del sistema, sustentando lo anteriormente dicho.

Qureshimatva *et al.* (2015) mencionan que los parámetros físicos del agua y en especial los nutrientes, la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto son algunos de los Factores más importantes que juegan un papel vital en el crecimiento de microorganismos en el cuerpo de agua, concordando con (Ouattara *et al.*, 2018) quienes en su trabajo titulado: Impacto de la contaminación por bacterias fecales en el suministro de agua potable en la laguna de Aghien, Abidjan, Costa de Marfil refieren que la presencia de enterobacterias de origen fecal se vieron influidas por los parámetros físicos y químicos del agua, destacando que para ellos los cambios en dichos parámetros mostraron variaciones evidentes a diferencia de los parámetros fisicoquímicos registrados para este trabajo durante los muestreos de febrero y mayo 2018 ya que la variabilidad en dichos datos no fue alta, encontrándose en rangos no muy distantes uno de otro, ya que la temperatura del agua vario entre 29.4° C y 31.7° C para ambas temporadas (invierno y primavera), la salinidad varía dependiendo de cada punto donde se tomó la muestra, desde 0.2 ups en el punto más bajo debido a que es una de las desembocaduras de rio estación seis él arrastradero y 36.03 ups que es el punto más cercano a la boca de la laguna estación diez boca grande, de igual manera los datos para ambas temporadas son muy similares en cada punto de muestreo.

El rango de pH fue de 10.12 a 10.81 en febrero y de 9.93 a 10.74 en mayo, mientras que el oxígeno disuelto varió entre 2.82 mg/L y 3.30 mg/L en febrero y 2.46mg/L y 3.52mg/L en mayo, encontrándose en un rango aceptable para soportar vida animal pero tampoco siendo un estado óptimo. Además de estos se midieron también nitritos, fosfatos, amonio y las clorofilas a los cuales tampoco mostraron variaciones muy notorias entre las dos temporadas de muestreo. Esta poca variabilidad puede estar relacionada al lugar donde geográficamente se ubica la laguna ya que, aunque los muestreos se realizaron en dos temporadas climáticas diferentes, las variaciones climáticas que se registran por lo general no cambian demasiado.

Eso en cuanto a los parámetros físicos, mientras que la constante en los parámetros químicos a pesar de las lluvias que se registraron en febrero se podría explicar debido a los aportes de desechos y contaminantes por parte de la población cercana son constantes y ligeramente más altos en época de lluvias debido a la escorrentía de los ríos lo que estaría compensando el efecto de dilución que provoca la lluvia, además de los desechos orgánicos que se producen normalmente en la zona de manglar.

A pesar de la constante que se presentó en los parámetros fisicoquímicos durante ambas temporadas de muestreo, la composición de la comunidad enterobacteriana presentó ligeras variaciones en la distribución, presencia y número de cepas aisladas en cada punto de muestreo, siendo durante la temporada invernal en donde se presentó mayor presencia enterobacteriana a diferencia de lo encontrado por (Ouattara *et al.*, 2018) quienes observaron una diferencia significativa en la comunidad enterobacteriana, en la laguna de Aghien, Abidjan costa de Marfil, la cual fue más abundante durante la época de sequía mencionando que las lluvias traen consigo el efecto de dilución sobre la laguna, si bien esto es verdad no es una regla que se presente sobre todos los cuerpos de agua, en el caso específico de la laguna de Mecoacán ocurrió lo contrario, (Luna *et al.*, 2016) mencionan que los sedimentos acuáticos, actúan como depósitos de materiales y solutos depositados o difundidos a través de la columna de agua, acumulando contaminantes

químicos y biológicos, esto puede explicar lo encontrado en esta investigación ya que en temporada de lluvias las corrientes aumentaron ocasionando una resuspensión de sedimentos, ocasionando que bacterias y demás contaminantes quedaran nuevamente suspendidos en la columna de agua. En el trabajo de Salem *et al.* (2019) se menciona que comprender el efecto de los contaminantes en la organización de las comunidades bacterianas es de suma importancia para desentrañar los conjuntos bacterianos que colonizan nichos ecológicos específicos, lo que ayudaría enormemente a mejorar la calidad del agua de la laguna con en cuestión microbiológica.

Gonçalves *et al.* (2019) en su trabajo sobre la detección de enterobacterias multirresistentes en las aguas de los ríos que desembocan en la bahía de Guanabara y en las muestras de los hospitales de Río de Janeiro, Brasil mencionan que el crecimiento de la población y el desarrollo de la industria, han contribuido a la degradación del ambiente. Los autores también afirman que una actividad agrícola masiva en las proximidades de estos cuerpos de agua es también en parte responsable del deterioro. Además, estas áreas se han visto afectadas por la falta de infraestructura de tratamiento de aguas residuales y políticas incapaces de satisfacer la demanda de crecimiento de la población, encontrando que la mayoría de las cepas se aislaron, como se esperaba, en las áreas con mayor impacto humano, siendo las mismas condiciones de impacto con las mismas causas probables que se presentan en la laguna de Mecoacán en Tabasco.

En el trabajo de Gonçalves *et al.*, (2019) uno de los géneros prevaletentes fue *E. coli* el cual también fue uno de los más comunes en este trabajo lo cual es lógico debido a la contaminación fecal presente en ambos sitios, por lo cual se sugiere que los otros géneros presentes en este trabajo podrían estar presentes también en los ríos que desembocan en la bahía de Guanabara.

Quattara, *et al.* (2018) mencionan que La presencia y abundancia de bacterias fecales en el agua de la laguna de Aghien son debidas a las descargas de aguas residuales en la laguna, siendo nuevamente *E. coli* una de las más comunes. Estos autores utilizaron a *E. coli* y enterococos intestinales como principales indicadores de contaminación fecal encontrando que la presencia y abundancia de bacterias fecales en la laguna es mayor en la desembocadura de los afluentes que nutren dicha laguna, coincidiendo con lo encontrado en la laguna de Mecoacán en Tabasco, ya que de igual forma presenta contaminación fecal debido a las descargas de aguas residuales que son vertidas directa o indirectamente en la laguna, si bien los autores antes mencionados utilizaron a *E. coli* y enterococos intestinales como los indicadores de contaminación fecal se puede sugerir que además de *E. coli* otras de las enterobacterias presentes en esta investigación también se encuentren presentes en la laguna de Aghien, Abidjan ya que algunos de los parámetros físico químicos como la temperatura oxígeno disuelto y pH fueron similares, los cuales son algunos de los factores con gran importancia en el crecimiento de microorganismos en el cuerpo de agua, además de esto, las condiciones de ambas lagunas son muy parecidas en cuanto al tipo de contaminación.

Sivri y Akbulut. (2016) refieren que las especies de *Escherichia coli* se distinguen debido a su doble función, como indicador de contaminación fecal y patógeno. En su trabajo realizado a lo largo de las costas de Estambul se encontró que la prevalencia y resistencia de *Escherichia coli* al suroeste de Estambul es alta ya que está se encuentra bajo fuertes presiones antropogénicas. Estos hallazgos, muestran que la salud pública está en graves riesgos ya que ese lugar es utilizado con frecuencia para la recreación, la pesca y el transporte, coincidiendo con este trabajo ya que la laguna de Mecoacán de igual forma es utilizada con fines recreativos y pesqueros, aumentando los riesgos de

infección ya que de los géneros de enterobacterias encontrados *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Hafnia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Providencia* y *Shigella* son descritos como patógenos de importancia clínica. Tomando en cuenta que una de las principales actividades económicas de muchas familias en Puerto Ceiba es la pesca, principalmente de ostiones habría que precisar medidas preventivas ya que esto puede llegar a ser problema si no es atendido. Microbiológicamente, el agua contaminada sigue siendo un vehículo importante para la transmisión de patógenos entéricos y, por lo tanto, puede representar un riesgo para la salud (Ostoich *et al.*, 2018).

Ostoich *et al.*, (2018) sugieren que la reducción de las cargas microbianas requiere el tratamiento terciario de las aguas residuales y en particular, un proceso de desinfección eficaz junto con un monitoreo sistemático para lo cual serían necesarios sustancialmente dos premisas: (1) la realización de largos desagües submarinos para favorecer la dispersión y la dilución; (2) El proceso de desinfección de las aguas residuales tratadas. Esto podría ser una buena sugerencia para aplicar en la laguna de Mecoacán y mejorar la calidad tanto del agua como de los productos pesqueros que se obtienen de ahí.

Sekwadi *et al.* (2018) reportaron un aumento en los casos de gastroenteritis en la costa de KwaZulu-Natal, Sudáfrica en donde la gastroenteritis se presentó seis veces más en turistas que en locales, detectando que una de las principales causas fueron las actividades realizadas en la laguna, la cual muestra contaminación fecal, mediante el estudio realizado se detectó la presencia de enterovirus, sapovirus y oral polio virus 1, 2 y 3, bacterias (*Aeromonas* spp, *Bacteroides fragilis*, *Clostridium difficile*, *Campylobacter jejuni* y *coli*, *Escherichia coli* (*E. coli*) incluyendo *enteroaggregative E. coli*, *enteropathogenic E. coli* (EPEC), *enterotoxigenic E. coli*, *enteroinvasive E. coli* y *Shigella*, no obstante la enfermedad se propagó a individuos que no habían estado en contacto con la laguna lo cual sugiere una mala higiene de los pobladores tanto personal como en los productos que comercian, esto se puede tomar como referencia para lo encontrado en la laguna de Mecoacán ya que *E. coli* y *Shigella* fueron dos de los géneros de enterobacterias más abundantes en la laguna, tanto en muestras agua, sedimento y ostión. Considerando lo anterior, los habitantes y visitantes del poblado se encuentran en riesgo si no son tomadas a tiempo las medidas de prevención e higiene necesarias tanto personales, como de los productos pesqueros que se obtienen de la laguna y posteriormente se comercializan en la región. Se espera llevar a cabo más estudios de este tipo en la laguna para determinar con certeza el tipo y estado de deterioro en que se encuentra y así poder llevar a cabo las acciones necesarias para mitigar este problema ya que la laguna es la principal fuente de sustento para muchas familias de las comunidades aledañas a la laguna para lo cual es necesario el compromiso, tanto de los pobladores del lugar, como de las autoridades correspondientes.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos la laguna de Mecoacán en Tabasco presenta contaminación enterobacteriana debida en gran medida a las actividades domésticas, industriales y ganaderas de la población, a lo cual se suma la mala planeación y mantenimiento que se da a la red de drenaje de la zona.

Se identificaron 12 géneros pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* de los cuales 9 de ellos son patógenos de importancia clínica, estos géneros bacterianos fueron encontrados en los 10 puntos muestreados alrededor de la laguna por lo que se sugiere que la laguna presenta

contaminación microbiológica en su totalidad lo cual representa un riesgo para la salud de los pobladores que viven de la pesca.

No se encontraron cambios significativos en los géneros de enterobacterias encontrados durante ambas temporadas de muestreo (invierno y primavera) lo que sugiere que el estado de deterioro de la laguna es constante.

Bibliografía

Acosta-Velázquez, J. Díaz-Gallegos, J.R., Tovilla-Hernández, C. (2012). Transformación, distribución y extensión de los manglares de tabasco, México. Pp. 88.

Aly, S.M., Abd-El-Rahman, A.M., John G, Mohamed M.F. (2008) Characterization of some bacterial isolated from *Oreochromis niloticus* and their potential use as probiotics. *Aquaculture* 277: 1-6.

Amador Muñoz, O., Delgado Rodríguez, A., Villalobos Pietrini, R., Munive Colín, Z., Ortiz Marttelo, R., Díaz González, G., Gómez Arroyo, S. (2001). Partículas suspendidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y mutagenicidad en el suroeste de la Ciudad de México. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 17 (4).

Aranguren, M. (2018). Identificación de enterobacterias Disponible en: (<http://www.medicina.unal.edu.co/Departamentos/Microbiologia/Docs/IDENTIFICACION%20DE%20ENTEROBACTERIAS1.pdf>) 25 de abril del 2018; 16:22.

Atlas, M. R. (1990). Microbiología fundamentos y aplicaciones. Compañía Editorial Continental. México, 887 pp.

Barrera-Escorcia, G., I. Wong-Chang, A. S. Sobrino-Figueroa, X. Guzmán-García, F. Hernández-Galindo y F. Saavedra-Villeda. (1999). Evaluación microbiológica de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, en el ciclo 1994-1995. *Hidrobiologica* 9 (2): 125-134.

Barrera-Escorcia, G., y Namihira-Santillán, P. E. (2004). Contaminación microbiológica en la zona costera de Akumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiológica*, 14 (1): 27-35.

Bianchi, A. J. y M. Bianchi. (1971). La Numération des Populations Bacteriennes du Mileu Marin. *Tethys* 3 (4): 697-704.

Botello, A. V., de la Lanza Espino, G., Fragoso, S. V., & Velez, G. P. (2019). Pollution Issues in Coastal Lagoons in the Gulf of Mexico. In *Lagoon Environments Around the World-A Scientific Perspective*. IntechOpen.

Bratos-Pérez, M.A. (2012). II Temas 16 y 17 Enterobacterias Caracteres generales. Concepto, Propiedades y Clasificación.

Contreras Espinosa, F. (1985). Las lagunas costeras mexicanas. Secretaría de Pesca, México, 253 pp

Contreras Espinosa, F. (1993). Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO-UAM, Iztapalapa, México, D.F. 415 p.

- Cruz-Leyva, M. C. D. L., Zamudio-Maya, M., Corona-Cruz, A. I., González-de la Cruz, J. U., y Rojas-Herrera, R. A. (2015). Importancia y estudios de las comunidades microbianas en los recursos y productos pesqueros. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 99-115.
- De la Lanza Espino, G., y Aguirre, S. G. (1999). Fisiocoquímica del agua y cosecha de fitoplancton en una laguna costera tropical. *CIENCIA ergo-sum*, 6 (2): 147-153.
- Díaz-González, G., A. Vázquez-Botello y G. Ponce-Vélez, (1994). Contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) disueltos en la laguna de Mecoacán, Tabasco, México. *Hidrobiológica* 4 (1-2): 21-27
- Domínguez, J. C., Sánchez, A. J., Florido, R., y Barba, E. (2003). Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán: al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 13 (2): 127-135.
- Galaviz, S., A. M. Gutiérrez y A. Castro. (1987). Morfología, sedimentos e hidrodinámica de las lagunas Dos Bocas y Mecoacán, Tabasco, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM*. 14: 109-123.
- García, F. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación de KÖPPEN (adaptado a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- García-Cubas, A., D. F. Escobar, A. L. González y M. Reguero. (1990). Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 17 (1): 1-30.
- Goldschmidt-Clermont, E., Wahli T., Frey J, Burr S.E. (2008) Identification of bacterial from the normal flora of *perch Perca fluviatili L.* and evaluation of their inhibitory potential towards *Aeromonas* species. *Journal of Fish Diseases* 31: 353-359.
- Gómez-Angulo, H. (1977). Determinación de corrientes en la laguna costera Mecoacán de Tabasco, México. *Ciencias Marinas*, 4 (1): 67-80.
- Gonçalves, V. D., Meirelles-Pereira, F., Cataldo, M., Fonseca, B. D. O., Nogueira, B. A., Olivella, J. G. B., & Pereira, J. A. A. (2019). Detection of multidrug-resistant Enterobacteriaceae isolated from river waters flowing to the Guanabara Bay and from clinical samples of hospitals in Rio de Janeiro, Brazil. *Biomédica*, 39, 135-149.
- Guerrero, Z. V., Duarte, P. J., y Toledo, B. W. (2007). Enterobacterias patógenas encontradas en carne de pollo para consumo humano. *El Salvador Ciencia y Tecnología*. 12 (16): 3-6.
- Haas, CH. N., J.B. Rose y CH. P. Gerba. (1999). *Quantitative Microbial Risk Assessment*. J. Willey y Sons Inc., New York, 449 p.
- López-Portillo, J., & Ezcurra, E. (1989). Zonation in mangrove and salt marsh vegetation at Laguna of Mecoacán, Mexico. *Biotropica*, 107-114.
- López-Portillo, J., y Ezcurra, E. (1985). Litter fall of *Avicennia germinans* L. in a one-year cycle in a mudflat at the Laguna de Mecoacan, Tabasco, Mexico. *Biotropica*, 186190.

- Luna, G. M., Quero, G. M., & Perini, L. (2016). Next generation sequencing reveals distinct fecal pollution signatures in aquatic sediments across gradients of anthropogenic influence. *Advances in Oceanography and Limnology*.
- MacFaddin, J. F. (2000). *Biochemical tests for identification of medical bacteria*, 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Parker y Brock J. (2003). *Biología de los microorganismos*. 10 edición. Southern Illinois University Carbondate.
- Medina, A. (2010). Efecto de las enterobacterias en pacientes con periodontitis crónica. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral*, 22 (1): 27-35.
- Merino, L., y Lösch, L. S. (2005). *Familia Enterobacteriaceae*. Universidad Nacional del Nordeste- Facultad de Medicina-Microbiología e Inmunología 2280-5661, 8938-0730
- Ostoich, M., Ghezzi, M., Umgiesser, G., Zambon, M., Tomiato, L., Ingegneri, F., & Mezzadri, G. (2018). Modelling as decision support for the localisation of submarine urban wastewater outfall: Venice lagoon (Italy) as a case study. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(34), 34306-34318.
- Ouattara, N. K., Kouamé, C. K. Y., Kamagaté, B., Droh, L. G., Ouattara, A., & Gourène, G. (2018). Impact of faecal bacteria contamination on drinking water supply in Aghien Lagoon, Abidjan, Ivory Coast. *African Journal of Microbiology Research*, 12(42), 965-972
- Paredes, B., & Tereva, B. (2017). Determinación de la presencia de bacterias en el agua para consumo humano en el área urbana del distrito Casa Grande en el año 2016.
- Piccini, C., Conde, D., Alonso, C., Sommaruga, R., & Pernthaler, J. (2006). Blooms of single bacterial species in a coastal lagoon of the southwestern Atlantic Ocean. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72(10), 6560-6568.
- Prescott M., Harley P. y Klein A. (2004). *Microbiología*. Ed. Mc Graw Hill, 5ª edición. Madrid, España. p 683.
- Puerta-García, A., y Mateos-Rodríguez, F. (2010). Enterobacterias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 10 (51): 3426-3431.
- Quinn, P. J., Markey, B. K., Leonard, F. C., FitzPatrick, E. S., Fanning, S., y Hartigan, P. J. (2011). Enterobacteriaceae. In P. J. Quinn, B. K. Markey, F. C. Leonard, E. S. FitzPatrick, S. Fanning, y P. J. Hartigan (Eds.), *Veterinary Microbiology and Microbial Disease* (second, pp. 698 – 766). Iowa: Wiley-Blackwell.
- Qureshimatva, U. M., Maurya, R. R., Gamit, S. B., Patel, R. D., & Solanki, H. A. (2015). Determination of physico-chemical parameters and water quality index (WQI) of Chandlodia lake, Ahmedabad, Gujarat, India. *J Environ Anal Toxicol*, 5(288), 2161-0525.
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.

- Salem, F. B., Said, O. B., Cravo-Laureau, C., Mahmoudi, E., Bru, N., Monperrus, M., & Duran, R. (2019). Bacterial community assemblages in sediments under high anthropogenic pressure at Ichkeul Lake/Bizerte Lagoon hydrological system, Tunisia. *Environmental Pollution*.
- Sekwadi, P. G., Ravhuhali, K. G., Mosam, A., Essel, V., Ntshoe, G. M., Shonhiwa, A. M., ... & Govender, N. (2018). Waterborne outbreak of gastroenteritis on the KwaZulu-Natal Coast, South Africa, December 2016/January 2017. *Epidemiology & Infection*, 146(10), 1318-1325.
- Sivri, N., & Akbulut, V. (2016). Antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* strains collected from the southwestern coast of Istanbul. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(2), 785-793.
- Tovilla Hernández, C., Mata, I., Estrada, O., Pérez, P., Alfaro, G., & Montes, C. (2013). Inventario del manglar y avance de la intrusión salina en el ejido Aquiles Serdán, municipio de Paraíso, Tabasco informe final.
- Wong Chang, I. y G. Barrera Escorcia, (1996). Niveles de contaminación microbiológica en el Golfo de México, P. 383-397. In: A. V. Botello, J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez, D. Zarate-Lomelí (Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 5. 666p.
- Zamora, A. G., y Aranda, D. A. (2000). Producción somática de dos especies de *Crassostrea virginica* e *Ischadium recurvum* (Bivalvia) en Mecocacán, Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop*, 48 (Supl 1): 65-75.