



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**“Caracterización de la comunidad de peces
en la Laguna el Llano, Veracruz”**

Tesis que para obtener el título de

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

Martínez Yllescas Yumara Liliana

Director de tesis:

M. en C. Rafael Chávez López



Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“No sé lo que le podré parecer al mundo, pero a mí me parece como si hubiera sido un niño que juega en la orilla del mar y se divierte de tanto en tanto encontrando un guijarro más pulido o una concha más hermosa de lo común, mientras que el inmenso océano de la verdad se extiende inexplorado frente a mí”

Isaac Newton

Dedicatoria

Para comenzar quiero dedicarle esta gran etapa de mi vida a las personas que siempre y de alguna forma me han apoyado, inspirado y alentado a seguir siempre adelante...

A mi mami la persona más importante en mi vida, gracias por apoyarme siempre, por enseñarme que siempre con esfuerzo y constancia se pueden lograr las cosas, que se debe seguir hacia adelante a pesar de las circunstancias que la vida te presente, gracias por cuidarme y siempre estar pendiente de mí, simplemente enseñarme lo que significa el amor incondicional de una madre, te quiero mucho mami y nunca terminaré de agradecer todo tu esfuerzo y gran amor.

A Cocayo la mejor hermana que pude haber tenido, gracias por tu cariño, por siempre escucharme y hacerme reír cuando más lo necesito, por ser mi cómplice en todo y enseñarme que en las buenas y en las malas siempre estaremos juntas.

Mi abuela que es como una segunda madre, gracias por todo tu esfuerzo y cariño, por ser una fuente de inspiración al demostrarme que siempre se logra lo que uno desea a pesar de las circunstancias.

Papá gracias por tu apoyo, comprensión y cariño, por enseñarme a hacer las cosas lo mejor posible, simplemente a dar lo mejor de uno, por esas pláticas y consejos que me enseñaron a comprender un poco más la corta vida que llevo y que a pesar de no vernos constantemente siempre has estado en los momentos más importantes en mi vida, te quiero.

En general a mi familia gracias por su apoyo y ejemplo de seguir siempre a delante y alentarme a ser una mejor persona, en especial a Chu por ser como una segunda hermana, mi tía Ale por siempre cuidarme, mis tíos Cenobia y Gabriel por ser mis padrinos de la carrera, los quiero mucho.

Enrique (grillo), gracias por compartir esta gran experiencia paso a paso, por todo el apoyo y amor incondicional que siempre has demostrado, que se ha convertido en uno de los grandes motores que me impulsan a siempre seguir a delante. Gracias por todas esas horas disfrutando a tu lado las cosas más bellas de la naturaleza, simplemente no pude haber escogido mejor compañero de campo y de vida, te amo.

Charly amigo, gracias por siempre estar hasta el final, por tu gran amistad y apoyo que hizo el camino más fácil, gracias por todas esas experiencias vividas, siempre las mantendré presentes. Gracias por tu gran apoyo en el lab y en campo, se te quiere.

Lily, una persona importante que desde el principio de la carrera estuvo a mi lado, gracias por tu amistad y por todas las anécdotas vividas fuera y dentro de la carrera. También por enseñarme que si uno se propone algo lo logra con esfuerzo y dedicación, te quiero.

Mi persona Angie, gracias por tu amistad y apoyo, que a pesar de que un tiempo nos separamos al final siempre estuviste a mi lado, gracias por enseñarme que siempre uno debe de seguir hacia adelante luchando por sus sueños, te quiero.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme sus puertas al conocimiento.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por ser mi segunda casa y permitir mi desarrollo académico en la carrera de Biología.

Al laboratorio de ecología y conservación por dar el espacio para la realización de esta tesis.

A mi asesor de tesis Rafael, profe infinitas gracias por su paciencia, conocimiento y ayuda en la realización de este proyecto, no pude haber escogido mejor asesor, me llevo una muy grata experiencia. Gracias por su valioso tiempo, sus consejos y regaños, ya que sin ellos esto no sería posible. Lo aprecio mucho.

A mis asesores Chazaro, José Antonio, Edgar y Adolfo por su valioso tiempo y opiniones para la revisión de esta tesis.

Resumen

Se estudió la composición y variación espacio-temporal de la comunidad de peces en la Laguna el Llano, Veracruz, relacionando los parámetros comunitarios con algunos parámetros físicoquímicos, durante un período de nueve meses, comprendido de mayo de 2013 a mayo de 2014. La recolecta de especímenes se realizó en ocho sitios cercanos a la boca de comunicación, en cada estación se empleó un chinchorro playero de 20 m de largo, 2 m de caída y una luz de malla de ½ pulgada. Se registraron parámetros físicoquímicos. Se determinó la abundancia y biomasa mensual, con las cuales se obtuvieron la riqueza de especies, frecuencia, diversidad, equitatividad, dominancia y categorización ecótica. La temperatura osciló entre los 35.5°C y 25°C, la salinidad entre los 14 ups y 76 ups, el oxígeno disuelto entre los 48.34 mg/L y 5.19mg/L, la turbidez entre los 50.5 unt y 3 unt, finalmente el pH con registros de 9.93 y 7.59. Se identificaron un total de 37 especies, su mayor riqueza se preseno durante el mes de febrero con 21 especies y el menor en mayo con solo cuatro especies. El valor mas alto de diversidad fue de 2.13 decit/índ correspondiente al mes de septiembre y el menor fue en mayo con .72 decit/índ. En general la comunidad estuvo dominada por *Anchoa mitchilli*, seguida de *Eucinostomus melanopterus* y *Diapterus rhombeus*, de acuerdo con el valor de importancia. La mayor frecuencia registrada fue de *E. melanopterus*. Con respecto a la equitatividad el mes de marzo obtuvo el valor mas alto con 0.71 y el menor fue octubre con un valor de 0.5. De las categorías ícticas registradas, las especies eurihalinas son las que predominan. En particular las correlaciones solamente el pH y el oxígeno disuelto se correlacionaron positivamente con la abundancia. Respecto a las correlaciones entre los parámetros comunitarios solo la diversidad se correlacionó positivamente con la riqueza de especies. Finalmente cabe destacar que el sistema presentó dos temporadas, una de boca cerrada presente en el mes de mayo de 2013 y una de boca abierta comprendida de julio de 2013 a mayo de 2014.

Índice

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Objetivos.....	4
- Objetivo general.....	4
- Objetivos particulares.....	4
Área de estudio.....	5
Clima.....	6
Orografía.....	6
Suelos.....	7
Vegetación.....	8
Fauna.....	9
Clasificación de la Laguna El Llano.....	10
Material y método.....	13
Trabajo en campo.....	13
Registro de parámetros fisicoquímicos del agua.....	14
Trabajo de laboratorio.....	15
Parámetros hidrológicos.....	15
Datos Biológicos.....	15
Riqueza de especies.....	15
Frecuencia.....	15
Diversidad (H'),.....	16
Equitatividad (J').....	16
Dominancia (D'),.....	16
Categorización ecótica.....	17
Relación entre parámetros hidrológicos y comunitarios.....	17
Resultados.....	19
Parámetros hidrológicos.....	19
- Temperatura.....	19
- Salinidad.....	20
- Oxígeno disuelto.....	21
- Turbidez.....	22

- pH	23
Comparación de la similitud mensual de los parámetros hidrológicos.....	24
Listado taxonómico.....	27
- Abundancia Mensual	29
- Biomasa mensual.....	30
Parámetros ecológicos comunitarios	31
Riqueza de especies	31
Diversidad	32
Equidad.....	33
Dominancia.....	34
Categorización ecótica.....	38
Comparación de la similitud de la composición mensual de especies.....	39
Relación entre los parámetros hidrológicos y los parámetros de la comunidad de peces.....	43
Discusión.....	44
Conclusiones.....	59
Literatura Citada	60

Introducción.

El extenso litoral mexicano, le confiere a nuestro territorio un rasgo geográfico principal, el cual se extiende a lo largo de 11,529.76 km de costas, comprendiendo diversos rasgos morfológicos como esteros, lagunas costeras, estuarios, bahías, entre otras formas. (De la Lanza y Cáceres, 1994).

Las lagunas costeras, estuarios y el sistema estuarino-lagunar se caracterizan por ser ecosistemas costeros que reciben influencia marina o fluvial, además que se encuentran entre los ecosistemas que poseen las tasas de productividad primaria y secundaria más elevadas (Kjerfve, 1986; Ortiz y De la Lanza, 2006).

Estos cuerpos de agua sirven como sitios de alimentación, reproducción, protección y crecimiento para muchas especies marinas, las cuales penetran esporádicamente o habitan de forma permanente en estos ambientes (Elliot y Hemingway, 2002).

Los estuarios son cuerpos lénticos delimitados por la pleamar y bajamar (Ortiz y De la Lanza, 2006). Además de estar parcialmente encerrados, están abiertos al mar permanente o parcialmente y al menos reciben una descarga periódica de un río o ríos, mientras su salinidad es menor típicamente que la del agua marina natural esta varía temporalmente a lo largo de su longitud y se puede volver hipersalina, en regiones cuando la pérdida de agua por evaporación es más alta y los aportes mareales y de agua dulce son insignificantes (Potter, et al., 2010). Su vida está marcada por la salinidad. Son ecosistemas muy productivos debido a la acumulación de nutrientes, que se da gracias a la interacción entre las mareas y los aportes fluviales en la desembocadura del río (Kennish, 2002).

Entre los grupos faunísticos con mayor éxito biológico en la zona costera, se encuentran los peces, ya que son el grupo más abundante y diverso de los vertebrados y son el principal componente temporal y permanente de las comunidades estuarinas (Raz-Guzmán y Huidobro, 2002). La ictiofauna presente en estos ecosistemas procede de tres orígenes: marino, dulceacuícola y estuarino, esta división se basa en las zonas que ocupan estos

organismos para la reproducción y la tolerancia fisiológica a los cambios de salinidad (Peterson y Whitfield, 2000).

Los peces juegan un papel importante en la ecología de estos sistemas ya que realizan diferentes funciones como, transformar energía desde fuentes primarias, conducen energía a través de la trama trófica, intercambian energía con ecosistemas vecinos a través de la exportación e importación, constituyen una forma de almacenamiento dentro del ecosistema y funcionan como agentes de regulación energética (Sánchez, 2003).

En particular, los cambios abruptos de salinidad junto con los de la temperatura del agua, oxígeno disuelto y turbidez requieren adaptaciones fisiológicas en los peces que utilizan los estuarios (Whitfield, 1999).

La variación en la salinidad puede ser un factor primario que influye en los patrones de distribución temporal y espacial de los peces a lo largo de los gradientes estuarinos, esto debido a que la tolerancia a la salinidad juega un papel importante en su distribución en estuarios tropicales, ya que estos sistemas pueden sufrir grandes fluctuaciones en la salinidad, a menudo desde casi 0 hasta 35 ups (Blaber, 1997). A pesar de estar expuestos a fuertes fluctuaciones de salinidad, a la influencia de las mareas, el pH, a los niveles de nutrientes, la afluencia del río e incluso el estado de la boca, son capaces de sobrevivir e incluso prosperar en este ambiente estresante (Elliott y Quintino 2007).

Desde el ángulo económico, los estuarios son ecosistemas que destacan, ya que son áreas de pesca artesanal y sustento de vida de miles de pescadores. Además, su importancia radica en la función ecológica de su alta productividad primaria, que permite a estos ecosistemas ser un lugar de crianza, reproducción y resguardo de muchos organismos acuáticos de valor comercial, permitiendo así, concentrar un gran espectro de la biodiversidad (Lara, *et al.* 2011).

Debido a esto y a las diferentes funciones que realizan los peces, es importante conocer la estructura de su comunidad en los estuarios, además de describir la variación de parámetros ecológicos comunitarios como riqueza específica, abundancia y biomasa, entre otros, además de establecer las relaciones existentes con su entorno ambiental.

Antecedentes.

En este estuario de la Laguna el Llano son escasos los reportes sobre la ictiofauna que lo ocupa, históricamente solo se presentan los siguientes tres reportes:

Mora *et al*, (1982), realizaron un estudio sobre la distribución y abundancia relativa de las especies de la familia Gobiidae en la laguna El Llano, Veracruz donde se determinaron parámetros físico-químicos como la temperatura y la salinidad, con el fin de caracterizar el sistema termohalino. Teniendo como resultado el reconocimiento de ocho especies, de estas, las más abundantes fueron *Gobionellus boleosoma* (Jordan y Gilbert, 1882) con un total de 3,175 organismos que representan el 88,66% y *Gobionellus hastatus* (Girard, 1858) con 255 organismos que representan el 7.12% y respecto a los parámetros físicoquímicos registraron una salinidad promedio de 31.6 ‰ y una temperatura del agua promedio de 30°C.

Morales (1984), realizó un estudio sobre la variación estacional de los componentes de la ictiofauna en la laguna del Llano, Veracruz, en la cual se reportaron como especies más frecuentes: *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848), *Gobionellus boleosoma*, *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842), *Gobionellus hastatus*, *Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863) y *Poecilia latipunctata* (Meek, 1904).

Obregón-Barboza *et al.*, (1994), realizaron un estudio sobre los peces del norte y centro de Veracruz, donde reportaron para la Laguna El Llano 8 especies: *Astyanax mexicanus* (Filippi, 1853), *Poecilia mexicana*, *mexicana* (Steindachner, 1853), *P. sphenops* (Valenciennes, 1846),

Agonostomus monticola (Bancroft,1883), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), *M. curema* (Valenciennes, 1836), *Eleotris pisonis* (Gmelin, 1789) y *Gobiomorus dormitor* (Lacepede,1800).

Con estos antecedentes, la información que se presenta constituye el primer estudio anual realizado en este cuerpo de agua costero.

Objetivos

- Objetivo general:

Describir la estructura y parámetros ecológicos de la comunidad de peces de la Laguna El Llano, Veracruz.

- Objetivos particulares:

Describir el comportamiento temporal físico-químico del agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez y pH) en la Laguna El Llano, Veracruz, durante el período de muestreo.

Determinar la composición específica de la comunidad de peces.

Describir los parámetros ecológicos de la comunidad (riqueza específica, diversidad, equidad y dominancia) y su variación temporal.

Describir la variación temporal de la composición ecótica de las especies de peces.

Establecer las relaciones de los parámetros ecológicos de la comunidad de peces en la Laguna El Llano, Veracruz con algunos parámetros físico-químicos del agua.

Área de estudio

De acuerdo con Cardona et al. (2010), la zona se localiza en la costa central del Estado de Veracruz, en el Municipio de Actopan, a 30 kilómetros aproximadamente al norte de la Ciudad José Cardel (17,686 habitantes) y a 60 kilómetros del Puerto de Veracruz. Presenta una extensión de 2,300ha, la Laguna El Llano se encuentra entre las coordenadas 19° 39' 14" N y 96° 24' 22" W, entre las playas de Paraíso y Villa Rica. Tiene una población de 10,492 habitantes.

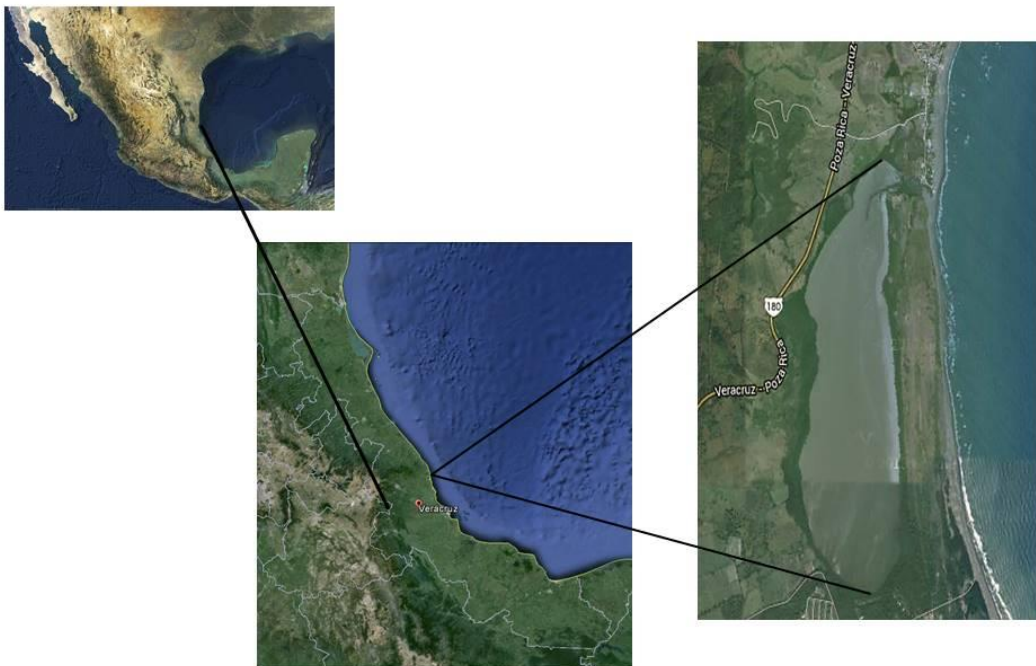


Figura 1. Laguna El Llano, Veracruz.

Con base en la información de estos autores (Cardona et al. 2010) se describen las características climáticas y geomorfológicas del área en la que se ubica la Laguna el Llano.

Clima

En el territorio, no se manifiesta de manera clara la diferenciación climática, predominando el tipo de clima Cálido Subhúmedo con lluvias en verano tipo Aw2 acorde al sistema de clasificación climática de Köeppen, modificado por García (García, 1988). Las precipitaciones se mantienen en el rango 1000-1500 mm/año y la temperatura promedio anual oscila alrededor de los 24°C; la temperatura media anual del mes más frío, mayor de 18°C y la del mes más caliente, mayor a 22°C, con un P/T mayor de 55.3 (SPP, 1984a). Predominan en el año los vientos de dirección E, provenientes del Anticiclón del Atlántico Norte, aunque la mayor fuerza se presenta con la entrada de los nortes (Frentes Fríos), en la época invernal. Debido a su situación en la costa del Golfo de México, la zona puede ser afectada por meteoros tropicales, durante la temporada ciclónica del año (Julio-Noviembre).

De manera más detallada se pueden observar dos períodos: uno lluvioso, de junio a septiembre, en el cual cae alrededor del 78% de la precipitación total anual; y otro seco, de octubre a mayo. La temperatura media anual oscila entre los 21.1°C y los 27.3°C y la precipitación total media es de 1286.7mm. Las temperaturas máximas y mínimas extremas registradas han sido de 40.5°C y 6°C, respectivamente. La precipitación total anual oscila entre 899.5mm y 1829mm. El mes más lluvioso varía de un año a otro. Los mayores valores de temperatura coinciden con las precipitaciones más altas, a excepción del mes de mayo que presenta altas temperaturas y bajas precipitaciones.

Orografía

Su suelo es variado, con fracciones montañosas por participar de los ramales de la sierra de Chiconquiaco, dentro de su territorio se encuentra los cerros de Los Metates y La Palma; el resto del territorio se compone de valles y llanuras.

Suelos

Los suelos del área se caracterizan por su juventud relativa, distribución asociada a los tipos morfogenéticos del relieve y relacionada con el grado de humedecimiento de las superficies. Estos factores han condicionado una cobertura edáfica joven, pero diversa y compleja.

Existen suelos de los siguientes tipos:

-Arenosoles: Localizados en las colinas y llanuras marino-eólicas y en la depresión tectónico-abrasiva. En dependencia del contenido de materia orgánica, nivel de lixiviación, grado de humedecimiento y contenido de carbonatos se pueden presentar los subtipos gleíco, lúvico, cámbico y calcárico.

-Histosoles: Un pequeño sector de la depresión tectónico-abrasiva, está ocupado por este suelo orgánico, con horizontes de turba fibrosa que pueden presentar lentes de moluscos y de limos de lagunas.

-Gleysoles: Parte importante de la superficie fluvio-lacuno-palustre, se caracteriza por la presencia de suelos gleyzados con abundante materia orgánica.

-Solonchak: De distribución muy restringida, se encontró este suelo con buena estructura nuciforme en la depresión sublitoral.

-Phaeozems: Se localizan tanto en los valles tectónico-fluviales como en la depresión tectónico-abrasiva. De buena estructura y contenido de materia orgánica, sólo se identificó el subtipo háplico.

-Fluvisoles: Se distribuyen ampliamente en los valles y en la depresión, sin embargo, en la primera unidad sólo se presentó el subtipo gleyi-móllico, mientras en los valles se localiza el eútrico y terri-eútrico.

-Vertisoles: Sólo en una de las superficies ocupada por los valles, con relativa periodicidad de inundación en la época húmeda del año, se identificó este suelo en el subtipo fluvieútrico. Se caracteriza por las propiedades vérticas del perfil y el intenso color negro del horizonte A. En la figura 2 se presenta la composición edafológica.

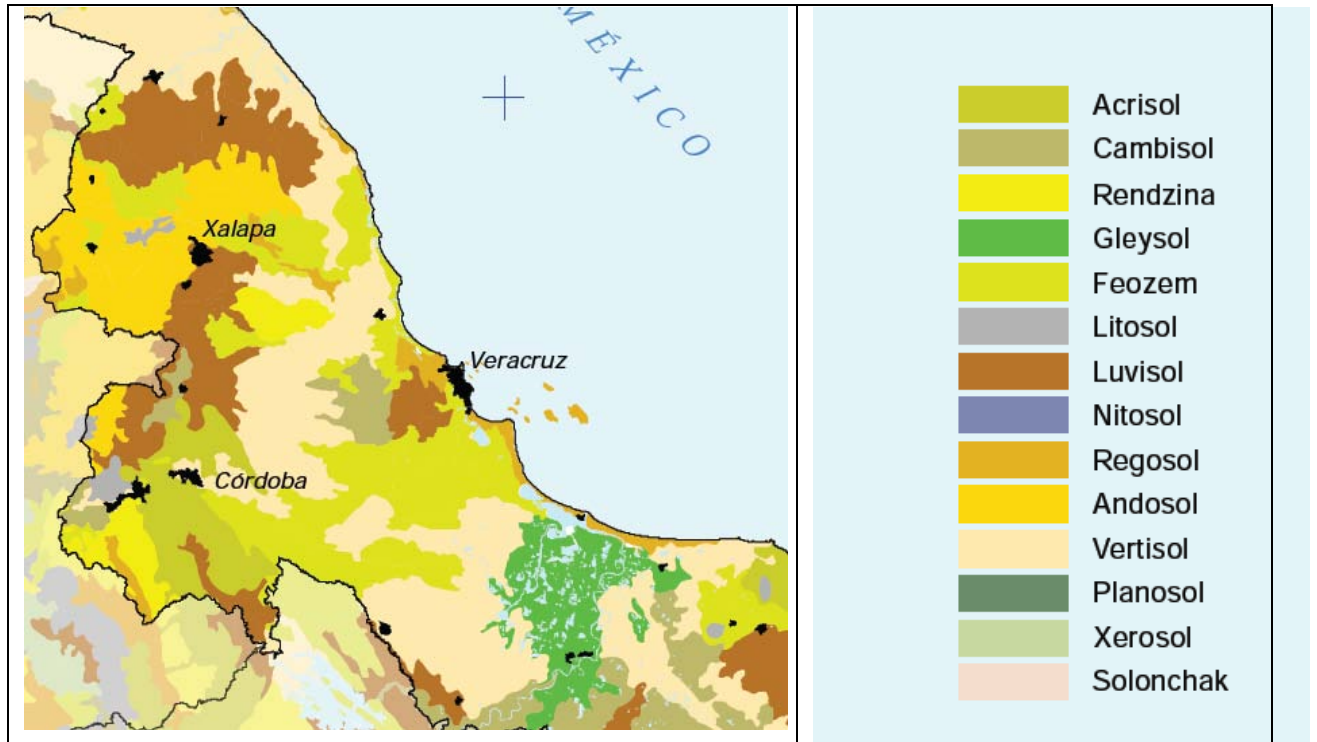


Fig. 2. Composición edafológica en la región centro-sur del estado de Veracruz.

Vegetación

La selva baja subcaducifolia inundable que bordea la laguna interdunaria, es una comunidad muy alterada por las actividades humanas, que ha sido talada en casi toda su extensión en el centro del Golfo de México. Está dominada por *Annona glabra*. También hay individuos de especies arbóreas como *Salís humboldtiana*, *Pachira aquatica*, *Ginoria nudiflora* y *Manilkara zapota*. Como especie herbácea dominante se reconoce a *Crinome rubescens*.

En los márgenes del cuerpo de agua se identifica vegetación de manglar, formado por manglar de cuenca principalmente y en menor grado, de manglar de franja y manglar ribereño. Estos tipos geomorfológicos varían en función de

la dominancia de especies, el tamaño de éstas y del grado de inundación y período a que están sujetos. El manglar en Laguna El Llano está formado predominantemente por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*.

Fauna

En las cuencas que mantienen estos humedales se han registrado 12 especies de anfibios, 35 de reptiles, 52 de mamíferos y 250 de aves. Estas últimas representan un poco menos del 10 % de las aves del país. La zona tiene gran importancia dentro del corredor de aves rapaces más importante por la cantidad de especies y de individuos que circulan por él. Es una zona de gran importancia para otros tipos de aves migratorias y la variedad de sus ambientes acuáticas permite la presencia de una diversidad considerable de aves vadeadoras, aunque sus números no lleguen a ser muy elevados.

Los valores bióticos de esta zona la colocan junto a la Laguna la Mancha en el catálogo de Regiones Prioritarias Marinas de México (Arriaga et al., 1998) y por su riqueza avifaunística como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) (Benítez, et al., 1999) y como el sitio Ramsar 1336, cabe señalar que en esta valoración no se han considerado los valores ambientales aportados por la ictiofauna.

Clasificación de la Laguna El Llano.

La laguna El Llano del Municipio de Actopan, Veracruz, no corresponde a las definiciones típicas de un estuario o una laguna costera en lo general, efectivamente representa una zona de comunicación entre un cuerpo de agua costero y en términos geomorfológicos corresponde a una definición estuarina, sin embargo, en la temporada de sequías predominan procesos de sedimentación costera que forman una barra arenosa en la boca de comunicación que separa al cuerpo de agua del mar.

De acuerdo a Barnes (1980), se denominan como lagunas costeras a los cuerpos de agua que están separados del mar por una barra arenosa, que pueden tener una o varias bocas de comunicación permanente o efímeras con el mar, en este caso El Llano presenta una laguna pequeña, separada del mar por una barra y con un canal angosto que se conecta al mar; este tipo de cuerpos de agua se han denominado como estuarios ciegos, la definición más útil de estuario temporalmente cerrado o “ciego” es la de Day (1980) que los describe en estos términos: “Estos son estuarios que están cerrados temporalmente por una barra arenosa que los separa del mar. En estos períodos no hay un rango mareal y entonces tampoco suceden corrientes mareales. El agua dulce entra desde el río y la circulación es dependiente de las corrientes residuales del río y la presión del viento sobre la superficie del agua. Sin embargo, en El Llano no hay corrientes fluviales importantes, el aporte de agua dulce sucede solo en la temporada de lluvias, por los escurrimientos de las serranías cercanas y algunos caños de drenaje efímeros.

De acuerdo con Perillo (1995) para el reconocimiento de los estuarios “ciegos” propuestos por Day (1980), se deben considerar dos hechos: los procesos de circulación en conjunto con los tipos de ocurrencias biológicas, ya que estas son diferentes en función de que la boca de comunicación esté abierta o cerrada, además la descarga de los ríos y la evidencia clara de la dilución de las aguas dulces por efecto de las mareas y las corrientes mareales determinan las características estuarinas, en su propuesta los estuarios ciegos que propone Day (1980) corresponden a las llamadas “choked coastal lagoons”, en

español pueden ser llamadas lagunas costeras obstruidas; como rasgo peculiar presentan una entrada larga y angosta que cuando está cerrada no corresponde a un estuario, es decir solo se considera un estuario cuando la boca de comunicación con el mar está abierta.

Sin embargo, aun se discute si estos cuerpos de agua son un estuario o no, por ejemplo, Cooper (2001) consideró que los estuarios hipersalinos como los sudafricanos, al ser inhóspitos para la biota por lapsos de tiempo prolongados no deberían considerarse como estuarios; Fairbridge (1980) con base a criterios fisiográficos e hidrodinámicos, los clasificó como estuarios de relieve bajo, bloqueados estacionalmente por procesos de sedimentación a lo largo de la línea de costa o por dunas y con presencia o no de barras arenosas denominándolos como “estuarios ciegos”.

Considerando lo anterior, en este trabajo utilizamos la definición de estuario de Potter, *et al.*, (2010) que lo define como: *“ Un estuario es un cuerpo de agua costero parcialmente encerrado, que está abierto al mar permanentemente o parcialmente y que al menos recibe una descarga periódica de un río o ríos, y entonces mientras su salinidad es menor típicamente que la del agua marina natural y varía temporalmente a lo largo de su longitud se puede volver hipersalina en regiones cuando la pérdida de agua por evaporación es más alta y los aportes mareales y de agua dulce son insignificantes.”*

En este caso, El Llano es un cuerpo de agua pequeño, separado del mar por una barra y con un canal angosto que se conecta al mar; este tipo de cuerpos de agua se han denominado como estuarios ciegos, la definición más útil de estuario temporalmente cerrado o “ciego” es la de Day (1980) que los describe en estos términos: “Estos son estuarios que están cerrados temporalmente por una barra arenosa que los separa del mar. En estos períodos no hay un rango mareal y entonces tampoco suceden corrientes mareales. El agua dulce entra desde el río y la circulación es dependiente de las corrientes residuales del río y la presión del viento sobre la superficie del agua. Sin embargo, en El Llano no hay corrientes fluviales importantes, el aporte de agua dulce sucede solo en la

temporada de lluvias, por los escurrimientos de las serranías cercanas y algunos caños de drenaje efímeros.

La Laguna El Llano, presenta una boca de comunicación que se cierra de manera intermitente entre los meses de noviembre a mayo, pero sin un periodo bien definido de duración, para efectos de nuestros resultados, después de un estado de boca cerrada de noviembre a mayo de 2013, desde este mes hasta noviembre de 2014 la boca permaneció abierta.

Material y método.

Trabajo en campo.

El material biológico se obtuvo en recolectas realizadas mensualmente en la Laguna el Llano, durante un periodo de nueve meses, comprendido desde mayo de 2013 a mayo de 2014.

La recolecta de especímenes se realizó en ocho sitios cercanos a la boca de comunicación de la laguna con la playa (Figura 3) los sitios se eligieron por su característica somera, menos de 1 metro de profundidad, a la cual la red de colecta funciona, la segunda situación que se considera es que es el canal central de la laguna es de una profundidad variable y en el resto de la laguna predominan planicies de sedimentos de textura fina, combinados con conchas de ostión, este perfil alcanza más de un metro en muchos lugares, lo que imposibilita la acción de la red y genera las posibilidades de accidentes por cortaduras de diferente grado con las conchas de ostión.

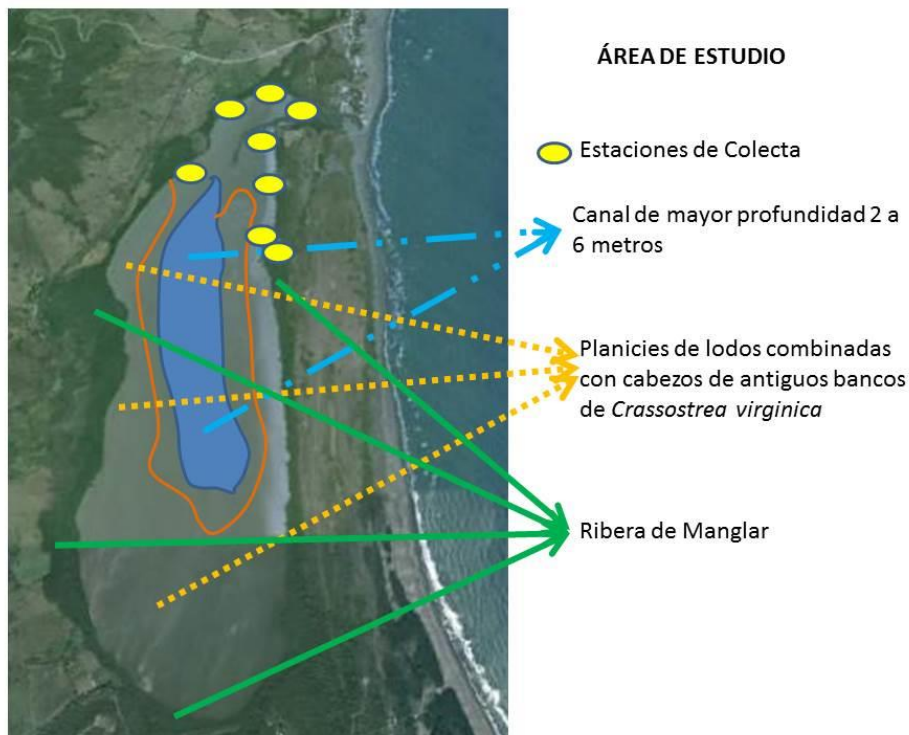


Figura 3. Toponimia general y ubicación de las estaciones de colecta en la Laguna el Llano, Veracruz.

En cada estación se empleó un chinchorro playero de 20 m de largo, 2 m de copo, 2 m de caída y luz de malla de 1/2 pulgada; realizando un arrastre manual, se colectó sobre una superficie efectiva de aproximadamente 300 m², excepto en la estación 2 en la que se colectó sobre una superficie de 125m², esta unidad de esfuerzo se empleó en todas las ocasiones. Los organismos recolectados se preservaron en alcohol etílico al 70% y se transportaron al Laboratorio de Ecología de la FES Iztacala. (Figura 4).

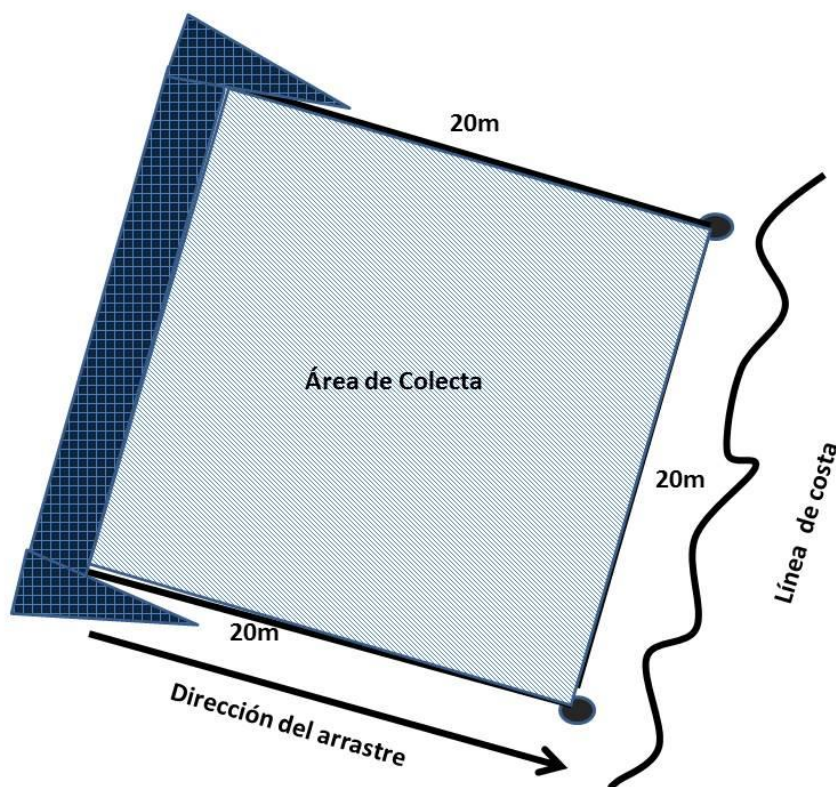


Fig. 4. Esquema de la unidad de muestreo empleada para la colecta de peces en la Laguna El Llano, Veracruz. El cuadrante quedó determinado por dos cuerdas de 20m ubicadas perpendicularmente en los extremos de la red empleada para la colecta.

Registro de parámetros fisicoquímicos del agua

Los registros de los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron mediante recolectas realizadas a una profundidad promedio de la laguna en los mismos sitios de colecta de los peces. Cada sitio se ubicó geográficamente con un GPS Garmin 10X, se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura ambiente con un termómetro Taylor de -10-40°C, la salinidad,

temperatura del agua y conductividad con un salinómetro YSI-33, oxígeno disuelto con un oxímetro YSI-51B y finalmente la turbidez se evaluó con un turbidímetro La Motte 2020, (UNT, unidades nefelométricas de turbidez).

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, los organismos se determinaron por medio de las claves de Castro-Aguirre et al. (1999), Hubbs et al., (1991) y Miller et al. (2009); el arreglo sistemático se presentó de acuerdo a Nelson (2006); se midió la longitud patrón (LP) de los individuos de cada especie con una escala calibrada hasta 0.01mm de precisión y también fue registrado el peso con una balanza semianalítica con una precisión de hasta 0.01g.

Parámetros hidrológicos

Con los registros de las variables hidrológicas se utilizó el software PRIMER V6, para construir un plot de ordenación indirecta con un análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (N-MDS) a partir de una matriz de similitud, construida con valores de Bray-Curtis y valores transformados a $\log(x+1)$, este análisis se establecerá el parecido en las condiciones hidrológicas entre los meses de muestreo. Todas las pruebas estadísticas se realizaron en los software NCSS y PAST, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Datos Biológicos

El análisis comunitario consistió en la estimación mensual de parámetros ecológicos, a partir de la suma de abundancias y biomásas de las especies en las estaciones de colecta de la Laguna, con estos registros se obtuvieron:

Riqueza de especies: entendida como el número total de especies colectada en cada mes.

Frecuencia: referida como la ocurrencia de una especie en cada recolecta, esta se expresa como un porcentaje considerando el número de colectas en las que se registró a una especie respecto al número total de colectas y este cociente multiplicado por 100.

Diversidad (H'), según Shannon-Wiener (1963), de acuerdo al siguiente logaritmo:

$$H' = -\sum p_i \log_{10} p_i$$

Donde:

p_i = no. de individuos de la especie i / no. total de individuos

\log_{10} = logaritmo base 10 del valor de p_i de cada especie

Equitatividad (J') de acuerdo a Pielou (1966 en Pielou, 1977); considerando la siguiente fórmula:

$$J' = H' / H \text{ máx.}$$

Donde:

H' = diversidad estimada para una colección (en este caso un registro mensual de abundancia).

$$H' \text{ máx.} = \log_2 S.$$

Donde:

S = número de especies de la colección.

Mensualmente se midió la dominancia en la comunidad de peces utilizando el índice de Simpson tal como se describe en la fórmula:

Dominancia (D'), =

$$D = \sum (n_i/n)^2$$

Donde:

n_i = número de individuos del taxón o especie i

n = número total de individuos

Este índice alcanza valores en un rango de 0 (todos los taxones están igualmente presentes) a 1 (un taxón domina la comunidad por completo).

Para jerarquizar la dominancia de las especies de peces se construyó el diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal & Rohlf, 1995). Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre las abundancias relativas y las frecuencias relativas de aparición con base en las colectas mensuales. El criterio de discriminación se basa en trazar cuatro cuadrantes en el diagrama a partir de un punto central en cada eje, en el eje X este punto central es la media de la frecuencia de aparición relativa, para el eje Y este punto central es el promedio de la sumatoria de las abundancias. Las especies dominantes, son aquellas que presentan la abundancia relativa y la frecuencia relativa mayores a ambas medias. Las especies constantes presentan abundancia menor a su media y la frecuencia mayor a su media. Las ocasionales son las que presentan abundancia mayor a su media y frecuencia menor a su media. Las raras presentan densidades y frecuencias menores a ambas medias.

Categorización ecótica

Se determinó la ubicación ecótica de las especies marinas de acuerdo a la clasificación de Castro-Aguirre *et al.* (1990) y de la especie dulceacuícola fueron definidas de acuerdo a Miller *et al.* (2005).

Relación entre parámetros hidrológicos y comunitarios.

Finalmente, para establecer la influencia de los parámetros del agua sobre los parámetros comunitarios en abundancia y peso, se realizarán análisis de correlación no paramétrica considerando una significancia de $p < 0.05$, utilizando el software NCSS (Number Cruncher Statistical System, 2007).

La rutina de análisis multivariado (MDS) fue usada para identificar las relaciones entre la composición de especies y su abundancia mensual respectiva a partir de una matriz de similitud entre la composición de especies calculada con el índice de Jaccard, además se hizo un análisis ANOSIM de una vía para investigar las diferencias identificadas con el análisis MDS; la contribución de las especies a la disimilitud entre los grupos de meses distinguidos con el análisis MDS se estimó con la rutina SIMPER en PRIMER-E (Clarke, 1993). Los porcentajes de disimilitud se usaron para examinar la participación de las especies individuales en las diferencias observadas en la composición de especies; estos análisis se realizaron con el programa PRIMER-E (Clarke y Warwick, 2001).

Resultados.

Parámetros hidrológicos

- Temperatura.

Durante el periodo de estudio la temperatura del agua osciló entre los 35.5°C y 25°C, se registró en el mes de octubre la mayor temperatura de 35.5°C que corresponde a la temporada de lluvias y la más baja temperatura en el mes de diciembre registrando 25°C, el cual corresponde a la época de nortes. Se logra observar una diferencia entre los meses de mayo a octubre del 2013 con temperaturas arriba de 30°C y los valores obtenidos del mes de noviembre del 2013 a mayo del 2014 con valores menores a 28°C, dividiendo los registros en dos grupos uno de temperatura baja y el otro de temperatura alta (Fig. 5).

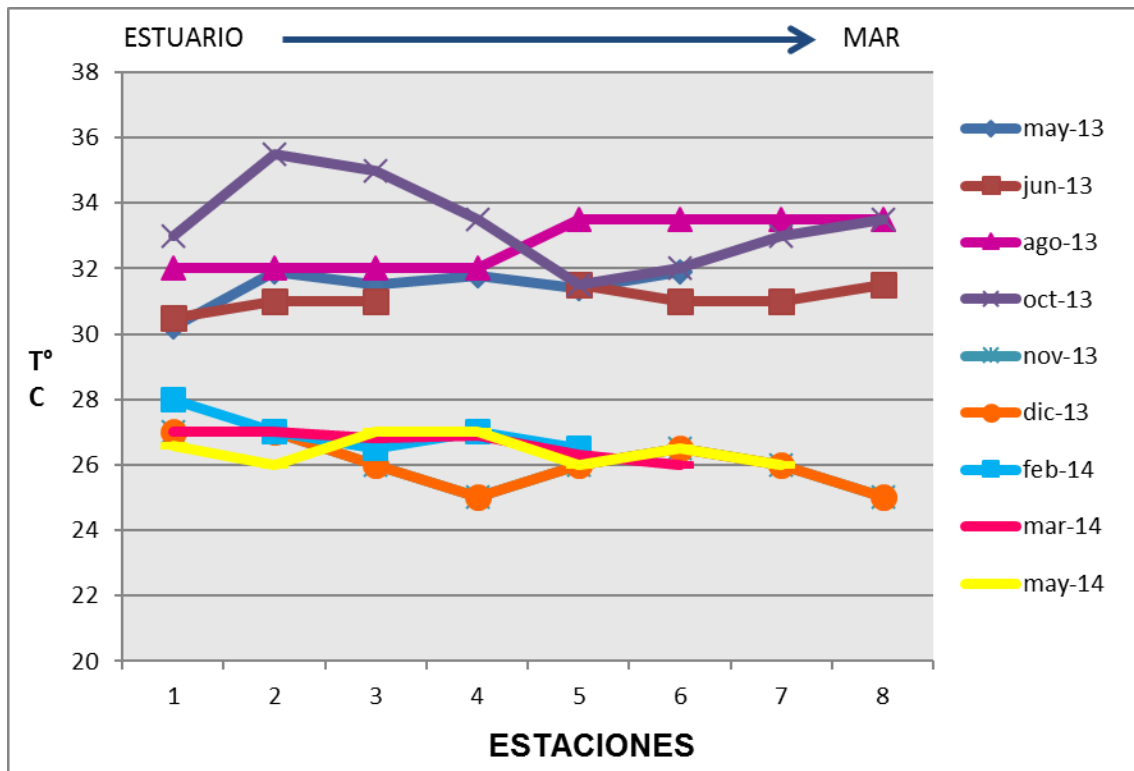


Fig. 5. Temperatura registrada mensualmente por estación durante el período de muestreo.

- Salinidad

Los valores de salinidad registrados durante el periodo de estudio tuvieron un intervalo entre 14 ups en octubre de 2013 y 76 ups en mayo de 2013, durante este mes la boca de comunicación entre el mar y el estuario se mantuvo cerrada, además del aporte bajo e intermitente de agua dulce por la falta de lluvias y la evaporación por la temporada de secas provocó este incremento en la salinidad (Figura 6).

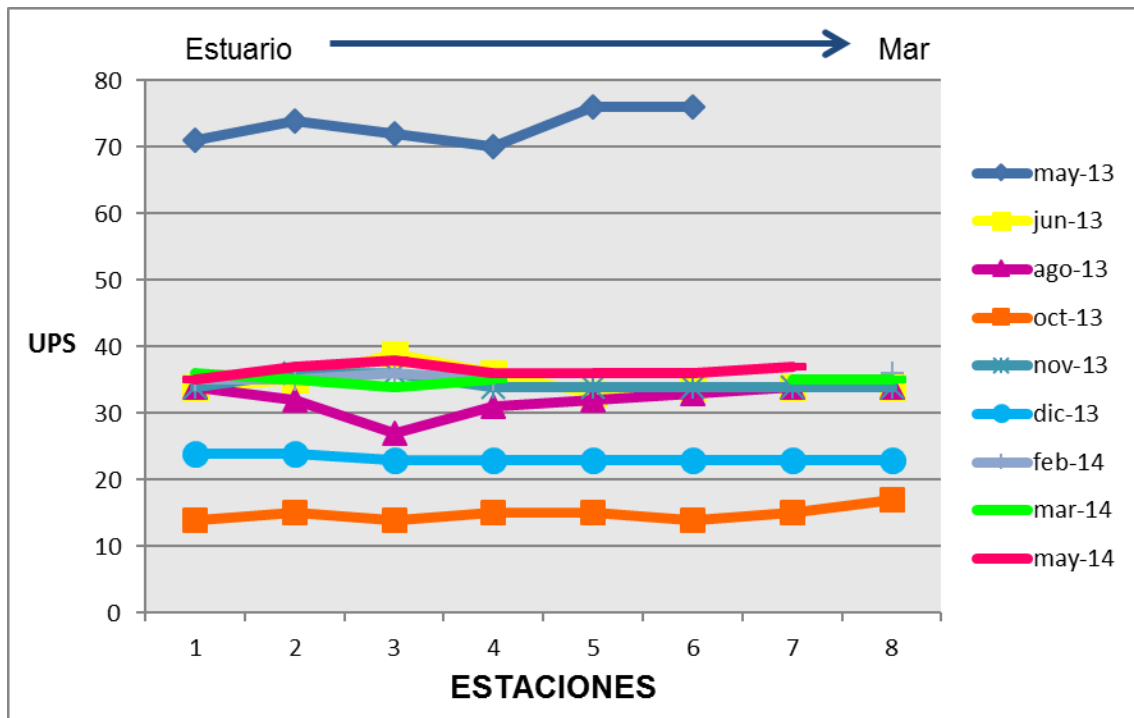


Fig. 6. Salinidad registrada mensualmente por estación durante el período de muestreo.

- Oxígeno disuelto

El registro más alto de oxígeno disuelto que se obtuvo fue de 48.34 mg/L en el mes de mayo de 2014 de la época de secas, en comparación del registro mas bajo que se obtuvo fue de 5.19 mg/L durante el mes de junio correspondiente a la misma época (Fig.7).

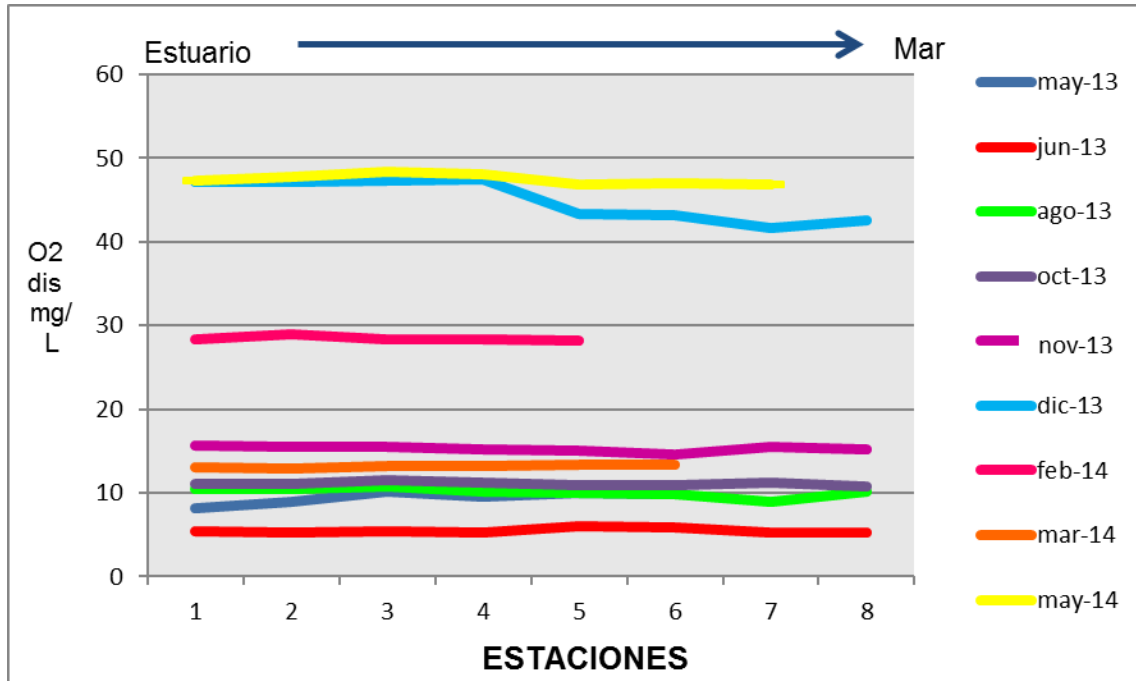


Fig. 7. Oxígeno disuelto registrado mensualmente por estación durante el período de muestreo.

- Turbidez

En cuanto a la turbidez el valor más alto fue de 50.5 unt en el mes de febrero en la estación 1, seguido por el mes de diciembre en la estación 2 y 3 con 50 unt correspondiente a la temporada de nortes, mientras que los valores más bajos se registraron en el mes de febrero en la estación 3 y 4 con 3 y 3.25 unt respectivamente y en el mes de mayo con 4.51 unt correspondiente de la temporada de secas (Fig.8).

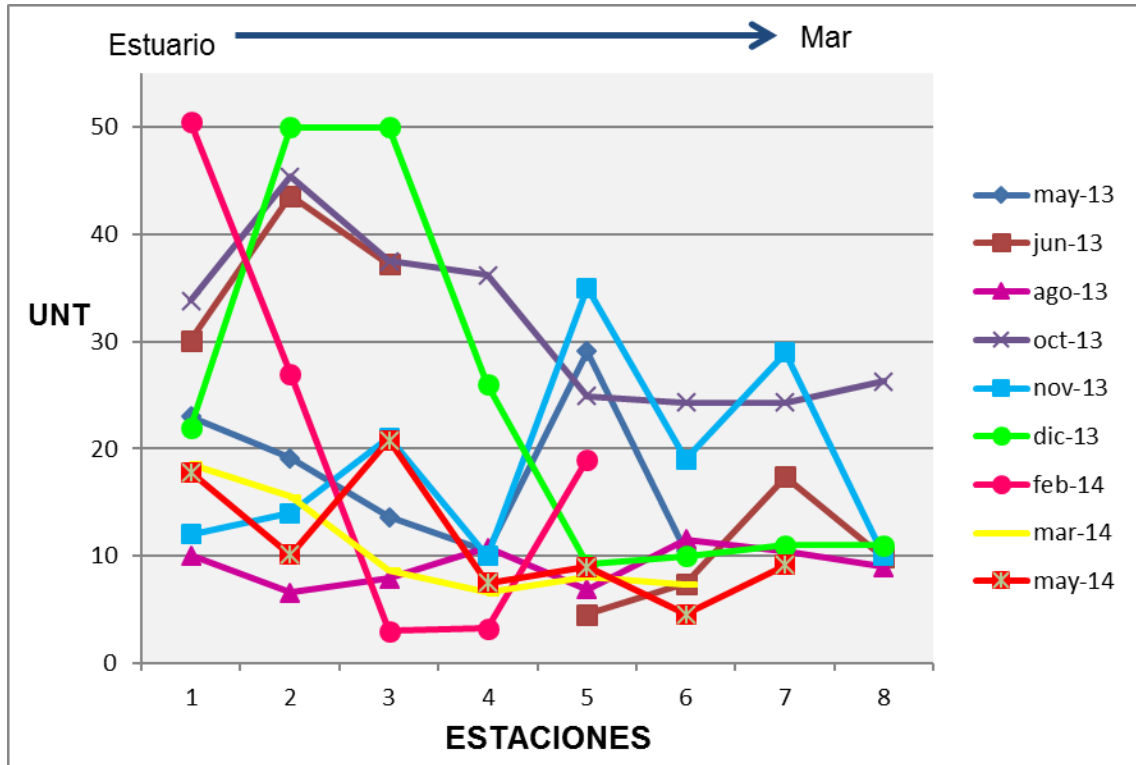


Fig. 8. Turbidez registrada mensualmente por estación durante el período de muestreo.

- pH

En cuanto a los valores de pH registrados, el valor más alto se obtuvo en el mes de diciembre de 2013 con 9.93, en comparación del mes de mayo de 2013, el cual obtuvo el valor más bajo con 7.59 (Fig.9).

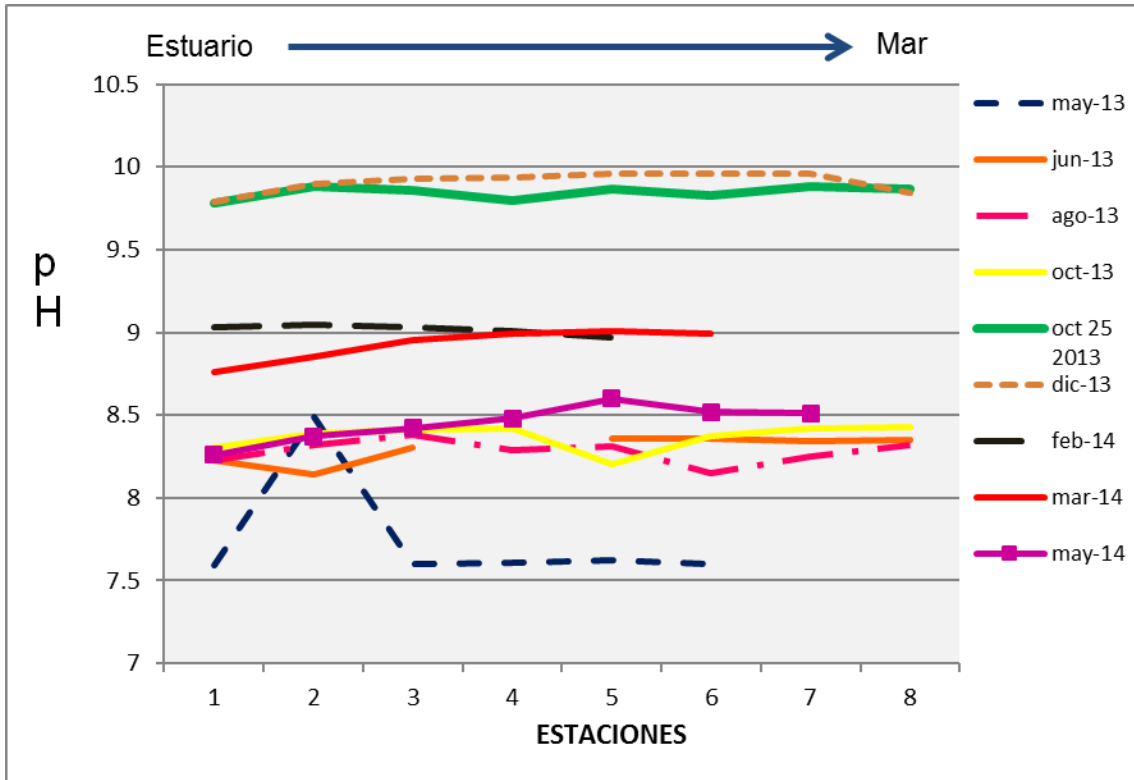


Fig. 9. pH registrado mensualmente por estación durante el período de muestreo.

Comparación de la similitud mensual de los parámetros hidrológicos.

La comparación de la similitud entre los promedios mensuales de las variables hidrológicas, demuestra la formación de grupos de mayor semejanza entre los meses que presentaron condiciones hidrológicas más aproximadas a las marinas (julio, agosto, octubre 2013 y marzo 2014) a este grupo se unió el mes de hipersalinidad (mayo 2013) y septiembre 2013.

El otro conjunto de meses que se formó fue el de los meses que indican condiciones de nortes (diciembre 2013, febrero y mayo 2014), los días de colecta coincidieron con la ocurrencia de este meteoro atmosférico en Laguna El Llano, la concentración de oxígeno disuelto separa a estos meses de los restantes, se puede asumir que la turbulencia provocada por los vientos y las mareas contribuyó a esta concentración (Fig. 10).

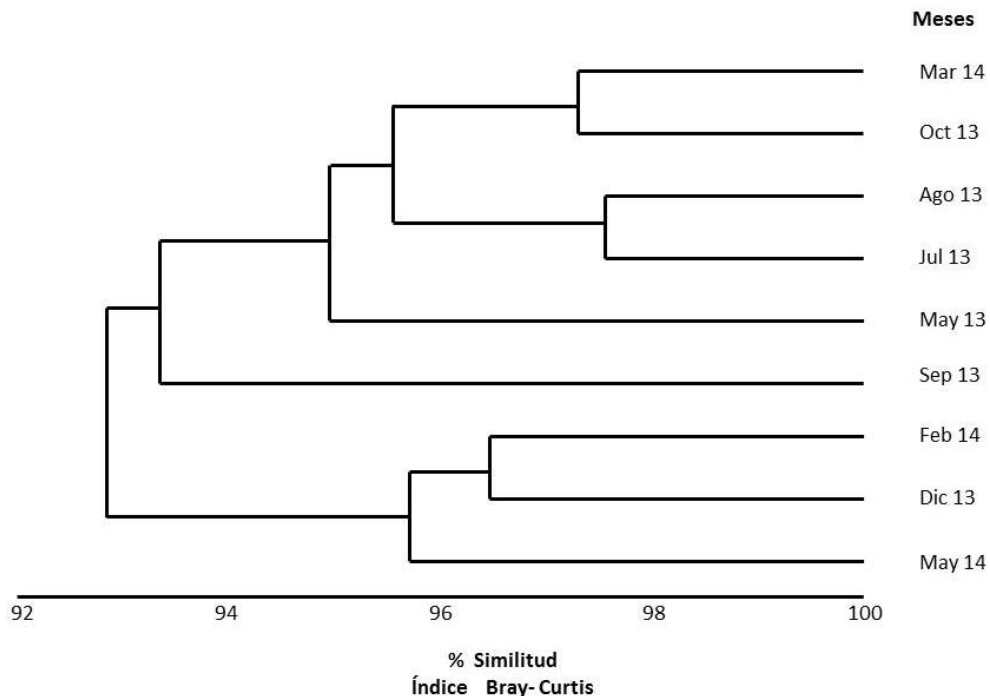


Fig. 10. Dendrograma de similitud (Coeficiente de Bray-Curtis) para los parámetros hidrológicos mensuales de la Laguna del Llano, Veracruz.

El análisis de MDS (Fig. 11), confirmó esta agrupación aportando otra diferencia, la separación del mes de septiembre 2013, en este caso, se colectó después de la ocurrencia de una tormenta tropical fuerte, en este mes la salinidad se registró en el intervalo mínimo del estudio (14-17 ups) además de registrar los mayores valores de turbidez, el nivel de stress de la prueba (0.05) indica que este arreglo es aceptable.

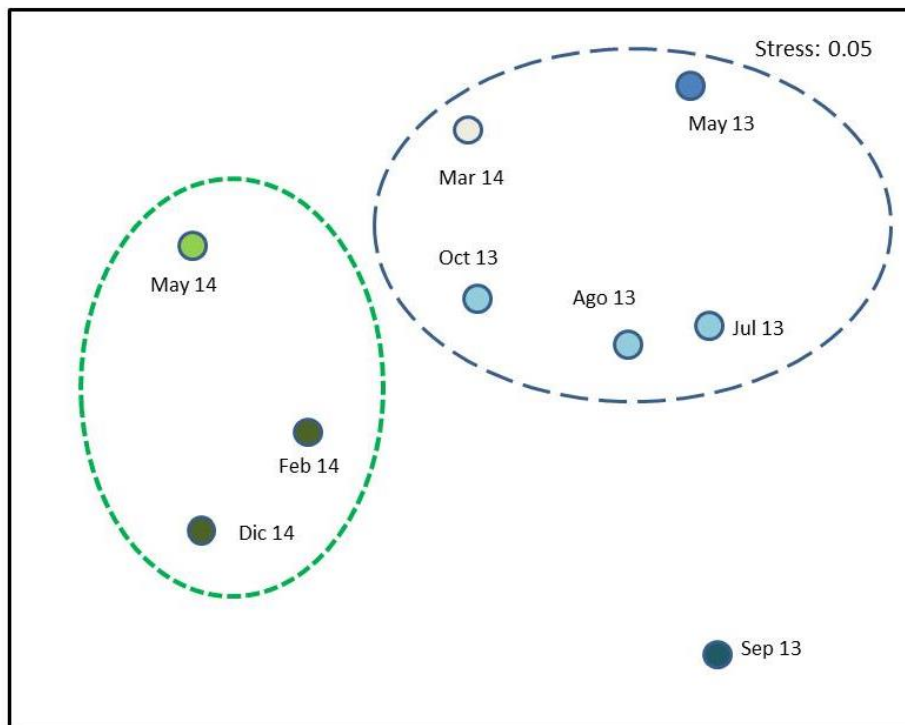


Figura 11. Análisis MDS, a partir de una matriz de similitud construida con el índice de Bray-Curtis, para los parámetros hidrológicos mensuales de la Laguna del Llano, Veracruz.

Con el Análisis de Componentes Principales (ACP) se determinó la influencia de las variables hidrológicas en la agrupación mensual, (Fig. 12). Los dos primeros componentes explican casi el 80% de la varianza; confirma que la salinidad y la temperatura del agua reúne a los meses de la temporada seca julio y agosto; la turbidez y la salinidad baja separa a septiembre, en tanto la condición hipersalina registrada en mayo 2013, las condiciones de oxígeno disuelto y pH a febrero 2014, octubre y diciembre.

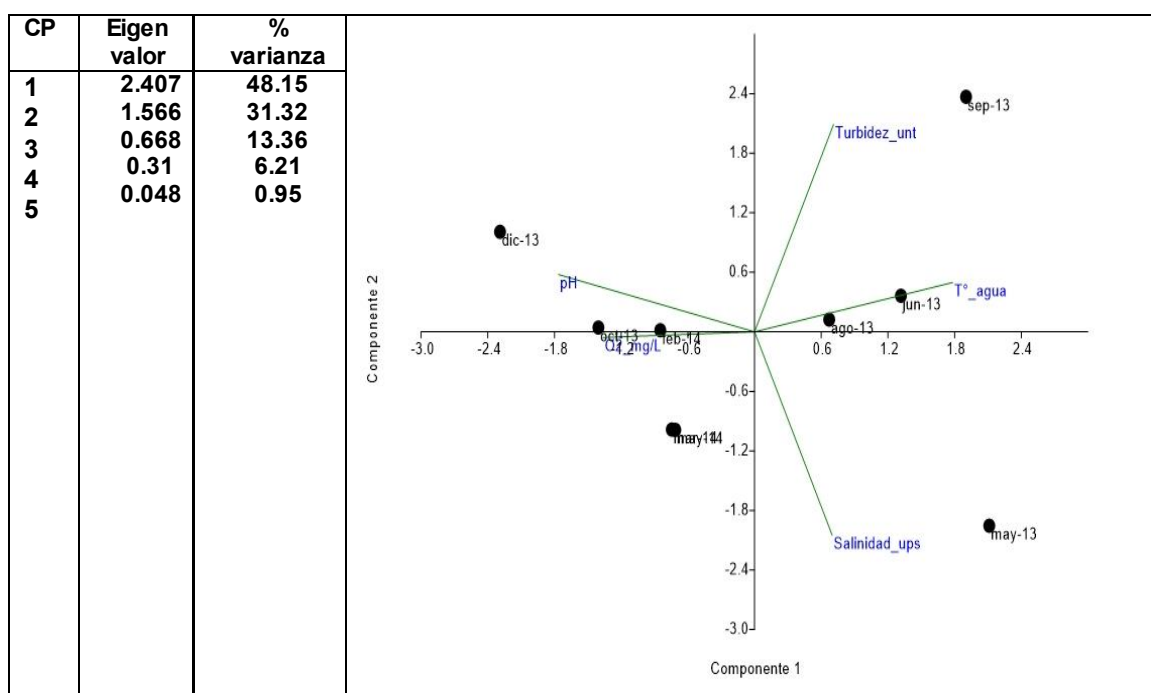


Figura 12. Análisis de Componentes Principales (ACP), para los parámetros hidrológicos mensuales de la Laguna del Llano, Veracruz.

Listado taxonómico.

En el período de estudio se colectaron un total de 3642 organismos, pertenecientes a 37 especies, agrupados en 32 géneros, de 23 familias y 10 órdenes.

Tabla 1. Listado taxonómico de acuerdo a Nelson (2006).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
Actinopterygii	Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i> (Linnaeus, 1766)
	Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Myrophis punctatus</i> (Lutken, 1852)
	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848) <i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829)
		Clupeidae	<i>Harengula jaguana</i> (Poey. 1865)
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)
	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Menidia peninsulae</i> (Goode and Bean, 1879)
	Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus roberti</i> (Valenciennes, 1847)
		Belonidae	<i>Strongylura notata</i> (Poey, 1860)
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner, 1863)
	Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i> (Poey, 1860) <i>Centropomus ensiferus</i> (Poey, 1860)
			Carangidae
		Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
		Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i> (Ranzani 1842) <i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829) <i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker 1863) <i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)
			Haemulidae

		Polynemidae	<i>Polydactylus octenemus</i> (Linnaeus 1758)
		Sciaenidae	<i>Cynoscion nothus</i> (Holbrook, 1848)
		Eleotridae	<i>Eleotris amblyopsis</i> (Cope, 1871) <i>Erotelis smaragdus</i> (Valenciennes, 1837) <i>Gobiomorus dormitor</i> (Lacepède, 1800)
		Gobiidae	<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard, 1858) <i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas 1770) <i>Lophogobius cyprinoides</i> (Pallas, 1770)
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> (Edwards, 1771)
	Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Citharichthys spilopterus</i> (Dresel 1885)
		Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)
		Cynoglossidae	<i>Symphurus plagiusa</i> (Linnaeus, 1758)

Parámetros Comunitarios

- Abundancia Mensual

La mayor abundancia se obtuvo en el mes de febrero 2014 con 1625 organismos, cabe destacar que en la estación 2 se registró la mayor abundancia de organismos (970 orgs.), la cual cuenta con vegetación tipo manglar, en comparación de las estaciones 4 a 7, en las cuales no se registró ningún organismo y tampoco presentan algún tipo de vegetación, *A. mitchilli* contribuyó con 804 organismos; en mayo 2013 destacó la presencia de *P. m. mexicana* con 169 organismos de los 216 colectados y el mes con menor abundancia fue julio 2014 con solo 121 organismos (Fig. 13).

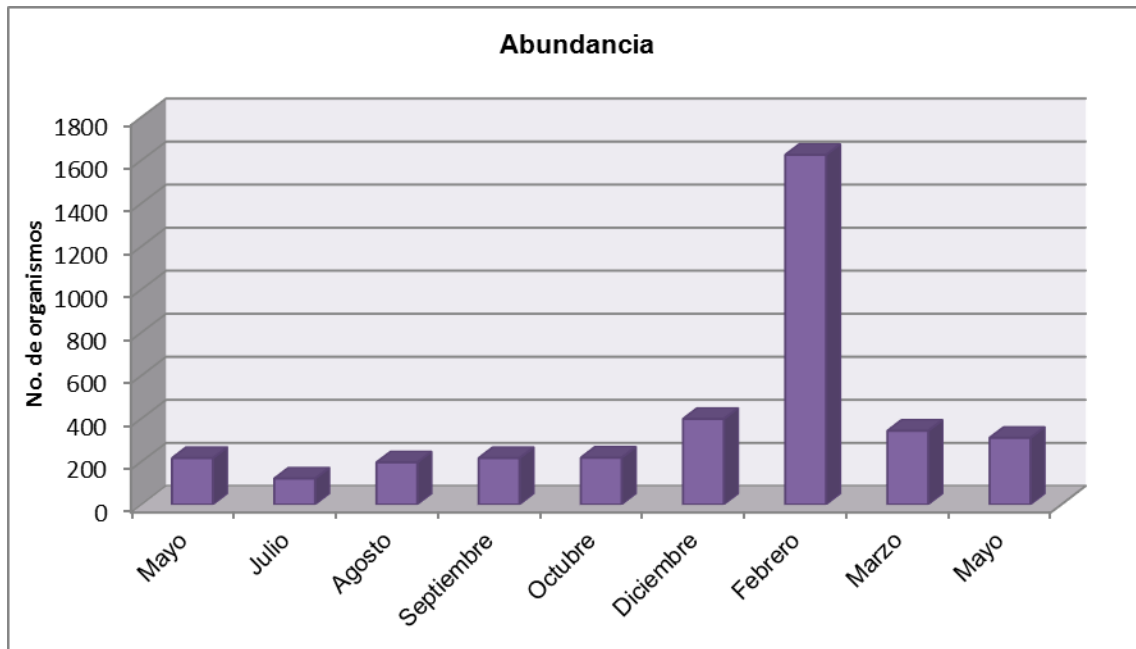


Figura 13. Abundancia mensual durante el periodo de muestreo (mayo 2013-mayo 2014).

- **Biomasa mensual.**

La mayor biomasa se registró en el mes de septiembre con 2987.87 g., seguido del mes de febrero con 2974.92 g, a diferencia del mes de julio el cual mostró la menor biomasa con 503.6; las especies que contribuyeron con la mayor biomasa es *A. mitchilli* con 1290.85 g seguido de *M. cephalus* con 1115.92 g y la especie con la menor biomasa registrada fue *S. plagiusa* con 2.33 g (Fig. 14).

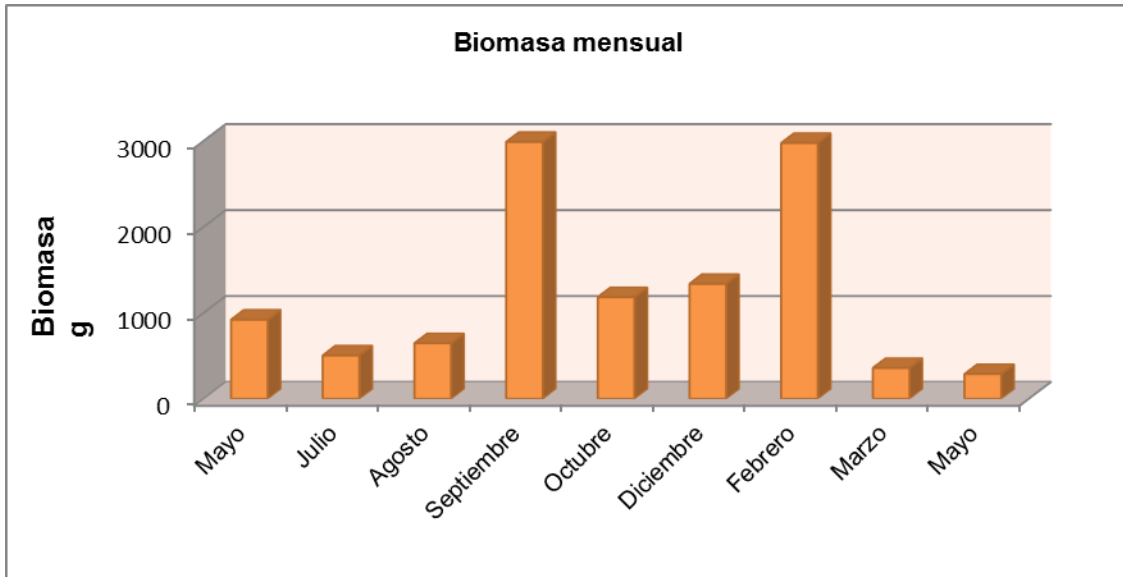


Figura 14. Biomasa mensual registrada para los meses de mayo 2013 a mayo 2014.

Parámetros ecológicos comunitarios

Riqueza de especies

Durante el período de muestreo se colectaron 37 especies en total, siendo septiembre el mes con mayor riqueza teniendo 21 especies, seguido del mes de febrero con 19 especies y finalmente el mes de mayo 2013 mostró el menor número de especies con solo 4 (Fig. 15).



Figura 15. Riqueza registrada para el período de trabajo (mayo 2013 - mayo 2014.)

Diversidad

Los valores de diversidad que se obtuvieron mostraron los valores más altos para los meses de septiembre y marzo con 2.13 decit/ind. y 2.02 respectivamente, en comparación del mes de mayo el cual muestra la diversidad más baja con 0.72 decit/ind (Fig. 16).

La diversidad comunitaria alta se asocia a la mayor riqueza específica, sobre todo en el período de lluvias, en 2013 las lluvias fuertes se prolongaron hasta las primeras semanas de diciembre; este parámetro disminuyó con la incursión de las especies más abundantes del estudio como *A. mitchilli*, *E. melanopterus*, *D. rhombeus* y *P. octonemus* ocurrieron en mayor número entre diciembre 2013 y febrero 2014. A diferencia de otros años la boca de comunicación se mantuvo abierta todo el período de trabajo.

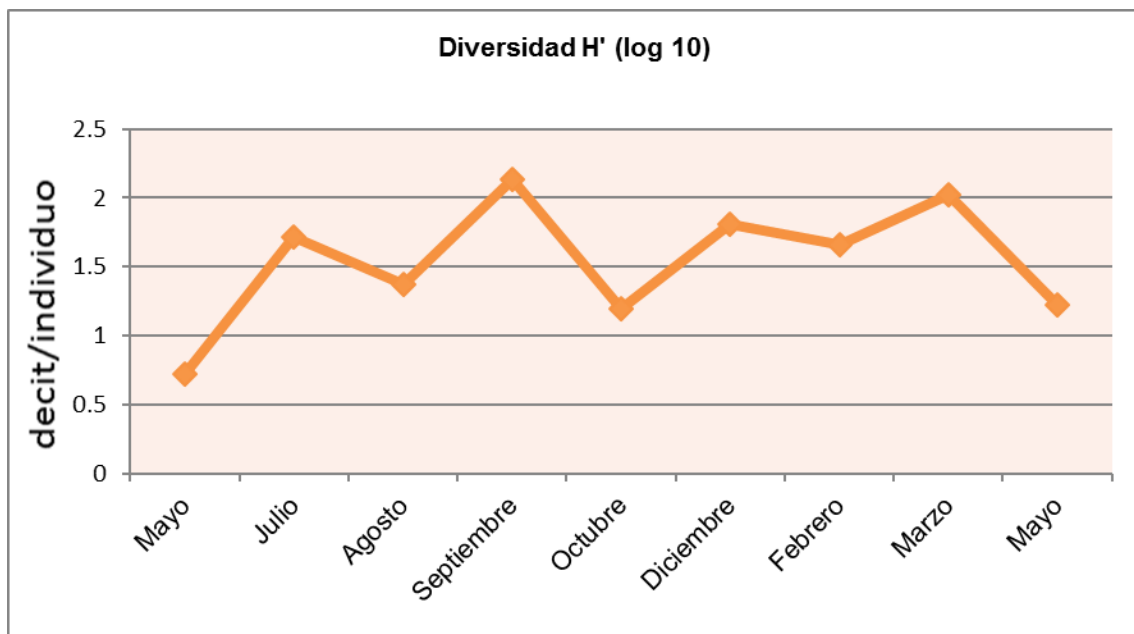


Figura 16. Diversidad registrada para el período de muestreo (mayo 2013 - mayo 2014.)

Equidad.

Los valores de equidad nos muestran que los meses con mayor equidad son marzo y septiembre con 0.71 y 0.69, esto se ve reflejado en la diversidad ya que son los meses con mayor diversidad, a diferencia del mes de octubre el cual obtuvo la menor equidad con 0.5 (Fig. 17).

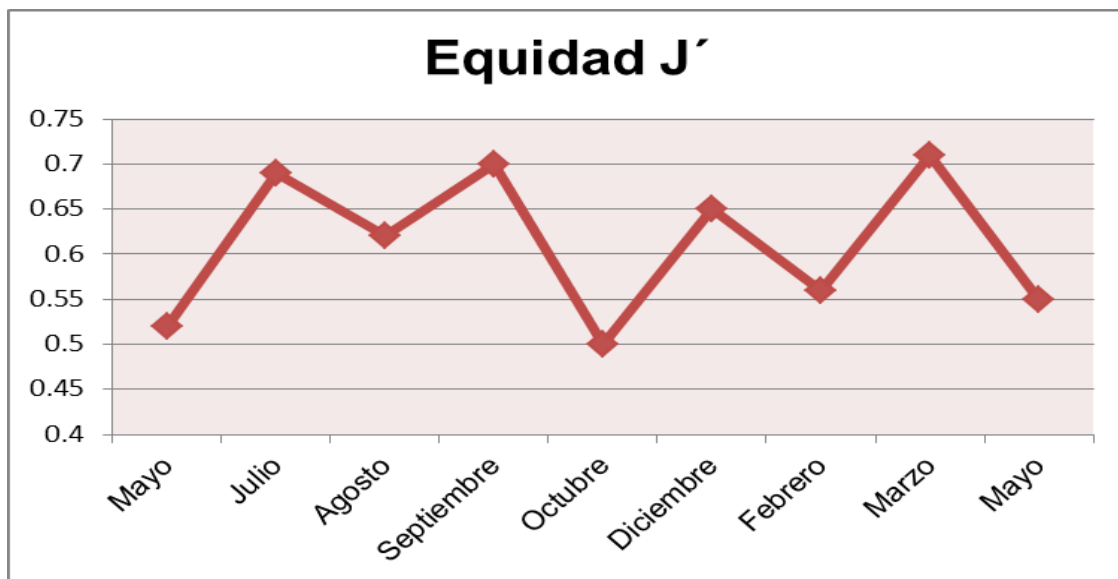


Figura 17. Equidad registrada para el período de muestreo (mayo 2013 - mayo 2014.)

Dominancia.

Los valores de dominancia que se obtuvieron nos muestran que el mes con mayor dominancia es mayo 2013 con 0.63, siendo uno de los meses con menor diversidad, en este mes *P. mexicana* fue la especie dominante ya que obtuvo la mayor abundancia con 169 organismos, a diferencia de los meses de marzo y septiembre los cuales muestran los valores más bajos con 0.17 y 0.19 respectivamente, estos meses registraron la mayor diversidad durante el período de estudio (Fig. 18).

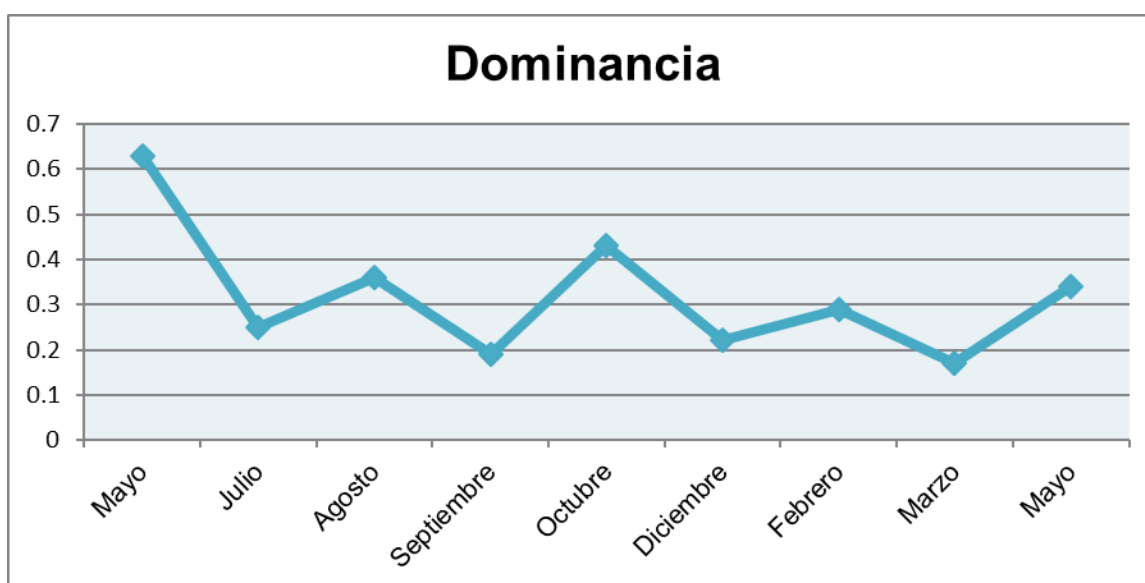


Figura 18. Dominancia registrada para el período de muestreo (mayo 2013 - mayo 2014.)

Considerando los valores de abundancia relativa mensual, biomasa relativa mensual y frecuencia relativa mensual se estimó el valor de importancia de cada especie, en la Tabla 2 se presenta la lista jerarquizada de las especies:

Tabla 2. Valores totales de abundancia, biomasa y frecuencia por especie, de cuya suma de relativos se obtiene el índice de valor de importancia, como medida de dominancia específica.

	Especie	Abundancia	Biomasa	Frecuencia	Ab. Relativa	Biom. Relativa	Frec. Relativa	Valor de Importancia
1	<i>Anchoa mitchilli</i>	1171	1290.85	6	33.00	11.57	66.7	111.23
2	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	444	588.5	8	12.51	5.28	88.9	106.67
3	<i>Diapterus rhombeus</i>	398	1038.5	7	11.21	9.31	77.8	98.30
4	<i>Mugil cephalus</i>	218	1115.92	7	6.14	10.00	77.8	93.92
5	<i>Lutjanus griseus</i>	58	802.97	7	1.63	7.20	77.8	86.61
6	<i>Citharichthys spilopterus</i>	129	230.79	7	3.63	2.07	77.8	83.48
7	<i>Evorthodus lyricus</i>	12	66.9	7	0.34	0.60	77.8	78.72
8	<i>Centropomus parallelus</i>	49	585.28	6	1.38	5.25	66.7	73.29
9	<i>Mugil curema</i>	102	646.96	5	2.87	5.80	55.6	64.23
10	<i>Polydactylus octonemus</i>	354	781.38	4	9.97	7.00	44.4	61.42
11	<i>Harengula jaguana</i>	57	40.08	5	1.61	0.36	55.6	57.52
12	<i>Menidia peninsulae</i>	5	11.63	5	0.14	0.10	55.6	55.80
13	<i>Sphyræna barracuda</i>	19	1185.25	4	0.54	10.63	44.4	55.60
14	<i>Caranx latus</i>	76	560.88	4	2.14	5.03	44.4	51.61
15	<i>Erotelis smaragdus</i>	106	224.52	4	2.99	2.01	44.4	49.44
16	<i>Lutjanus synagris</i>	15	281.04	4	0.42	2.52	44.4	47.39
17	<i>Gobionellus oceanicus</i>	58	317.53	3	1.63	2.85	33.3	37.81
18	<i>Achirus lineatus</i>	19	25.03	3	0.54	0.22	33.3	34.09
19	<i>Lophogobius cyprinoides</i>	11	32.18	3	0.31	0.29	33.3	33.93
20	<i>Pomadasys crocro</i>	9	16.51	2	0.25	0.15	22.2	22.62
21	<i>Gobiomorus dormitor</i>	4	17.29	2	0.11	0.15	22.2	22.49
22	<i>Oligoplites saurus</i>	2	15.72	2	0.06	0.14	22.2	22.42
23	<i>Elops saurus</i>	8	954.05	1	0.23	8.55	11.1	19.89
24	<i>Poecilia mexicana mexicana</i>	169	69.49	1	4.76	0.62	11.1	16.50
25	<i>Eleotris amblyopsis</i>	14	66.78	1	0.39	0.60	11.1	12.10
26	<i>Centropomus ensiferus</i>	10	47.36	1	0.28	0.42	11.1	11.82
27	<i>Strongylura notata notata</i>	2	46.95	1	0.06	0.42	11.1	11.59
28	<i>Diapterus auratus</i>	8	16.31	1	0.23	0.15	11.1	11.48
29	<i>Centegraulis edentolus</i>	8	12.64	1	0.23	0.11	11.1	11.45
30	<i>Caranx hippos</i>	3	25.48	1	0.08	0.23	11.1	11.42
31	<i>Selene vomer</i>	3	6.9	1	0.08	0.06	11.1	11.26
32	<i>Cynoscion nothus</i>	2	9.32	1	0.06	0.08	11.1	11.25
33	<i>Synodus foetens</i>	1	9.52	1	0.03	0.09	11.1	11.22
34	<i>Hyporhamphus roberti roberti</i>	1	6	1	0.03	0.05	11.1	11.19
35	<i>Gerres cinereus</i>	1	5.81	1	0.03	0.05	11.1	11.19
36	<i>Myrophis punctatus</i>	2	0.63	1	0.06	0.01	11.1	11.17
37	<i>Symphurus plagiusa</i>	1	2.33	1	0.03	0.02	11.1	11.16

Las 10 primeras especies suman el 81.3% de la abundancia total y el 64.08% de la biomasa total.

Combinando los valores de abundancia relativa y frecuencia relativa se construyó el diagrama de Olmstead-Tuckey, para definir la dominancia del conjunto de especies considerando su ocurrencia en el estuario Laguna El Llano (Figura 19).

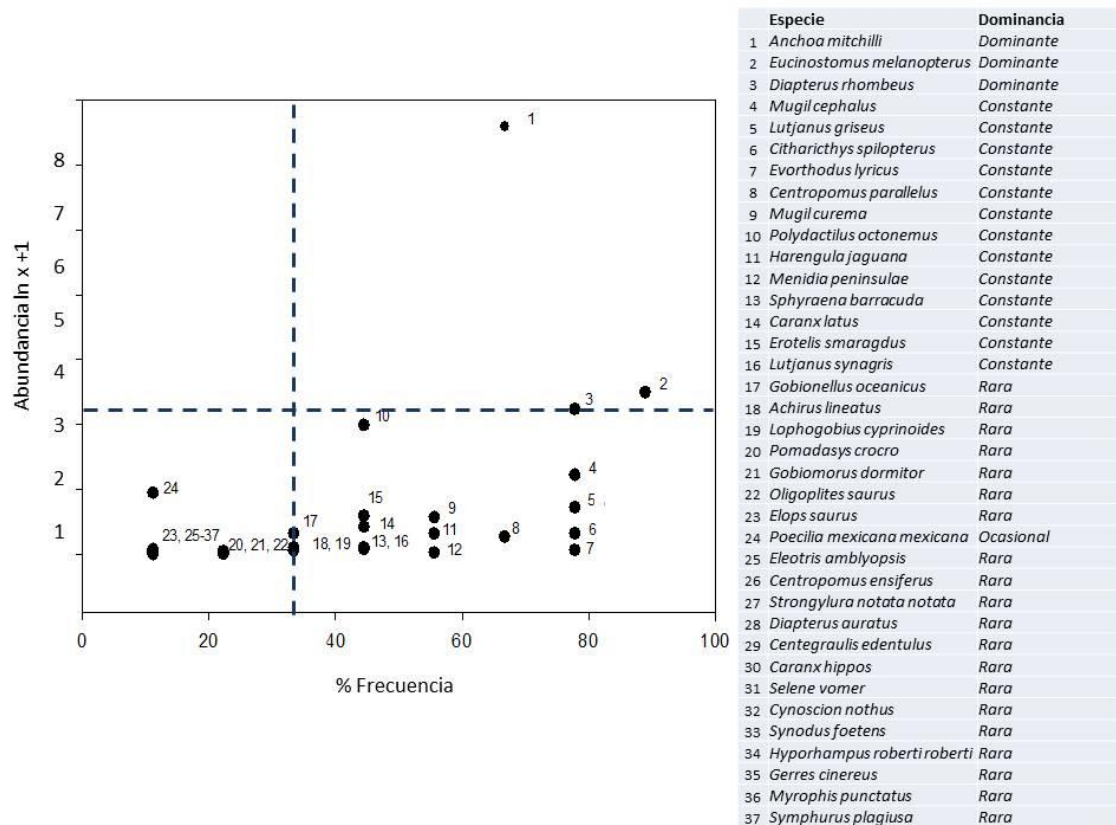


Fig. 19. Categorización de la dominancia de las especies ocurrentes en ELEL, con base en su abundancia (expresada como $\ln x + 1$) y frecuencia observada mediante el diagrama de Olmstead-Tukey.

Con base en los resultados numéricos y el modelo gráfico, las especies dominantes durante el estudio fueron *Anchoa mitchilli*, *Eucinostomus melanopterus* y *Diapterus rhombeus*, trece especies se calificaron como constantes, entre otras *Mugil cephalus*, *Lutjanus griseus*, *Polydactilus octonemus*, *Evorthodus lyricus*, *Centropomus parallelus*, *Mugil curema*, *Sphyraena barracuda* y *Lutjanus synagris*, solo *Poecilia m. mexicana* se considera como ocasional y las 20 restantes fueron especies de ocurrencia rara en el estuario (Fig. 19).

Categorización ecótica

De acuerdo a las categorías ecológicas, los organismos se agruparon en el siguiente orden: especies eurihalinas, la cual fue la categoría más numerosa de todos los meses con 25 especies, destacando con 15 y 13 especies en los meses de septiembre y febrero respectivamente; con menor riqueza se presentaron las especies permanentes estuarinas con solo 6 especies, las cuales se presentaron en los meses de julio y de septiembre a marzo, siendo febrero el mes que presentó la mayor riqueza con 5 especies, siguieron las especies marinas estenohalinas con 5 especies presentes también de julio a marzo y finalmente *Poecilia m. mexicana*, que representó a las especies dulceauícolas solo en el mes de mayo de 2013 en condiciones de hipersalinidad (70 a 76 ups) estando la boca de comunicación sellada y el estuario aislado del mar (Fig. 20).

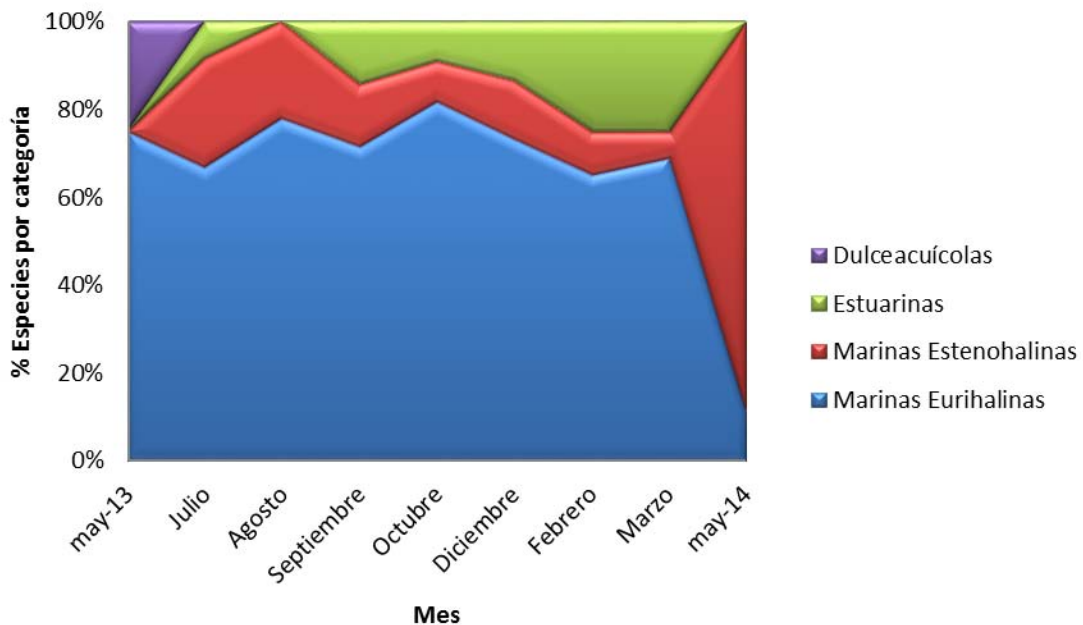


Figura 20. Composición mensual porcentual por categorías ecóticas presentes en el estuario Laguna El Llano, Veracruz.

Comparación de la similitud de la composición mensual de especies.

El análisis discriminó tres grupos, uno formado por mayo 2013 (MY2013) solamente, el segundo por los meses de julio, agosto, septiembre y octubre 2013 (grupo secas-lluvias 2013, SLI2013) y el restante por los meses de diciembre 2013 y febrero, marzo y mayo de 2014 (grupo nortes-secas, NorSec), el nivel de stress (0.04) indica que esta diferencia en la similitud entre estos grupos de meses es aceptable (Fig. 21).

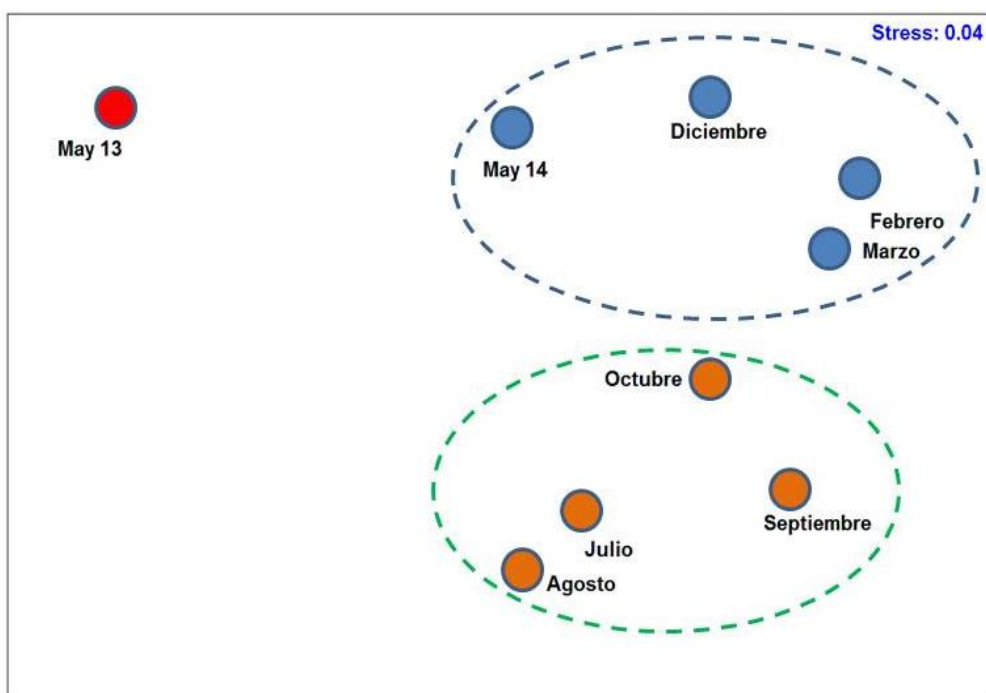


Figura 21. Análisis NMDS, construido a partir de una matriz de similitud constituida por el índice de Jaccard, para agrupar la composición mensual de las especies de peces en la Laguna del Llano, Veracruz.

Con esta agrupación se hizo el análisis de similitud (ANOSIM), los resultados se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3. Análisis de similitud (ANOSIM) entre los diferentes grupos MY2013, SLI2013 Y NorSec.

Grupos	Estadístico R	% Significancia	R-General
MY2013-SLI2013	1	20	0.854
MY2013- NorSec	1	20	Significancia
SLI2013- NorSec	0.79	2.9	0.3%

Los resultados de la prueba indican que existen diferencias en la similitud entre los grupos (R general= 0.854; $p < 0.05$), aún en la consideración que en el grupo MY-2013 es únicamente una muestra, que como se ha señalado corresponde al mes en el que la boca de comunicación se encontró sellada y se colectaron cuatro especies.

En la siguiente etapa de este análisis de la información se discriminaron las especies que contribuyeron a la mayor disimilitud entre los grupos de meses (Tabla 4), pero inicialmente es pertinente indicar a las especies que contribuyeron a la mayor similitud dentro de cada grupo de meses, de esta descripción se excluye a MY2013; en el grupo SLI2013 el porcentaje de similitud fue de 45.77%, las especies con mayor contribución fueron *E. melanopterus* (62.46%), *C. latus* (9.56%), *D. rhombeus* (7.72%) y *L. griseus* (5.58); en tanto para el grupo NorSec, el porcentaje de similitud entre los meses fue de 30.76% y las especies con mayor aporte a la similitud fueron *A. mitchilli* (57.97%), *M. curema* (15.03%), *E. melanopterus* (7.54%) y *D. rhombeus* (6.77%) .

Tabla 4. Porcentajes de similitud aportados en los grupos mensuales, se presentan los porcentajes acumulados de similitud hasta 90%. (Grupo SLI2013: julio, agosto, septiembre y octubre de 2013; Grupo NorSec: diciembre 2013, febrero, marzo y mayo 2014).

Grupo SLI2013	Similitud promedio: 45.77			
Especies	Abundancia promedio	Similitud promedio	% Contribución	% Acumulado
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	83.75	28.59	62.46	62.46
<i>Caranx latus</i>	19	4.37	9.56	72.02
<i>Diapterus rhombeus</i>	27.25	3.54	7.72	79.75
<i>Lutjanus griseus</i>	11	2.55	5.58	85.33
<i>Mugil cephalus</i>	10	1.91	4.18	89.5
<i>Sphyraena barracuda</i>	4.75	1.47	3.22	92.72
Grupo NorSec	Similitud promedio: 30.76			
Especies	Abundancia promedio	Similitud promedio	% Contribución	% Acumulado
<i>Anchoa mitchilli</i>	278.5	17.83	57.97	57.97
<i>Mugil curema</i>	48.5	4.62	15.03	73
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	27.25	2.32	7.54	80.54
<i>Diapterus rhombeus</i>	72.25	2.08	6.77	87.3
<i>Citharichthys spilopterus</i>	30.5	0.99	3.23	90.54

Cuando se estimó el porcentaje de disimilitud entre los grupos de meses, MY2013 presentó un porcentaje de disimilitud de 92.38% con SLI2013 y de 95.47% respecto a NorSec, las especies con mayor contribución a la disimilitud entre MY2013 y SLI2013 fueron: *P. mexicana*, *E. melanopterus*, *D. rhombeus*, *C. latus*, *M. cephalus*, *A. mitchilli* y *C. parallelus*; en la comparación MY2013 respecto a NorSec, las especies que definieron la disimilitud fueron *P. mexicana*, *A. mitchilli*, *M. curema*, *P. octenemus*, *C. spilopterus* y *H. jaguana*.

Entre los grupos SLI2013-NorSec, la disimilitud fue del 80.69%, las especies que contribuyeron a esta diferencia fueron *A. mitchilli*, *E. melanopterus*, *M. curema*, *M. cephalus*, *D. rhombeus*, *P. octenemus*, *C. spilopterus*, *H. jaguana*, *E. smaragdus* y *L. griseus*, los porcentajes de disimilitud por especie estimados por este análisis se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Porcentajes de disimilitud aportados por las especies de peces en la comparación entre los grupos mensuales, se presentan los porcentajes acumulados de similitud hasta 90%. (Grupo SLI2013: julio, agosto, septiembre y octubre de 2013; Grupo NorSec: diciembre 2013, febrero, marzo y mayo 2014).

Grupo My2013 vs. Grupo SLI2013	Disimilitud promedio = 92.38				
Especies	Abundancia promedio	Abundancia promedio	Similitud promedio	% Contribución	% Acumulado
<i>Poecilia mexicana mexicana</i>	169	0	42.27	45.76	45.76
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	0	83.75	20.27	21.94	67.7
<i>Diapterus rhombeus</i>	0	27.25	6.45	6.98	74.68
<i>Caranx latus</i>	0	19	5.18	5.6	80.28
<i>Mugil cephalus</i>	29	10	4.7	5.09	85.37
<i>Anchoa mitchilli</i>	0	14.25	3.29	3.56	88.93
<i>Centropomus parallelus</i>	11	0.25	2.69	2.92	91.85

Grupo My2013 vs. Grupo NorSec		Disimilitud promedio = 95.47			
Especies	Abundancia promedio	Abundancia promedio	Similitud promedio	% Contribución	% Acumulado
<i>Poecilia mexicana mexicana</i>	169	0	24.8	25.97	25.97
<i>Anchoa mitchilli</i>	0	278.5	24.55	25.71	51.69
<i>Mugil curema</i>	0	48.5	8.2	8.59	60.28
<i>Mugil cephalus</i>	29	37.25	8.15	8.54	68.82
<i>Diapterus rhombeus</i>	0	72.25	6.86	7.18	76
<i>Polydactilus octonemus</i>	0	87.25	6.48	6.79	82.79
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	0	27.25	4.23	4.43	87.22
<i>Citharichthys spilopterus</i>	0	30.5	2.36	2.48	89.69
<i>Harengula jaguana</i>	0	12	1.97	2.06	91.75
Grupo Grupo SLI2013 vs. Grupo NorSec		Disimilitud promedio = 80.69			
Especies	Abundancia promedio	Abundancia promedio	Similitud promedio	% Contribución	% Acumulado
<i>Anchoa mitchilli</i>	14.25	278.5	23.43	29.03	29.03
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	83.75	27.25	8.74	10.84	39.87
<i>Mugil curema</i>	0.25	48.5	8.63	10.69	50.56
<i>Mugil cephalus</i>	10	37.25	7.8	9.66	60.22
<i>Diapterus rhombeus</i>	27.25	72.25	7.77	9.63	69.85
<i>Polydactilus octonemus</i>	1.25	87.25	6.73	8.34	78.19
<i>Caranx latus</i>	19	0	3.12	3.87	82.06
<i>Citharichthys spilopterus</i>	1.75	30.5	2.27	2.82	84.88
<i>Harengula jaguana</i>	2.25	12	2.02	2.51	87.39
<i>Erotelis smaragdus</i>	0.25	26.25	1.88	2.33	89.73
<i>Lutjanus griseus</i>	11	1.75	1.53	1.89	91.62

Relación entre los parámetros hidrológicos y los parámetros de la comunidad de peces

Los resultados de las correlaciones entre los parámetros hidrológicos y los parámetros de la comunidad de peces se muestran en la Tabla 6:

Tabla 6. Valores r de Spearman entre variables hidrológicas y parámetros comunitarios, solo se presentan las correlaciones que produjeron valores de significancia estadística ($p < 0.05$).

Variables hidrológicas	r Spearman	p
pH vs O2 disuelto	0.7	0.043
T° agua vs. pH	-0.91	0.001
T° agua vs. O2 dis	-0.55	0.128
Turbidez vs. Salinidad	-0.78	0.014
pH vs. Abundancia	0.71	0.037
O2 dis vs. Abundancia	0.82	0.010
T° vs. Abundancia	-0.61	0.090
Turbidez vs. Biomasa	0.60	0.086
Salinidad vs. H'	-0.6	0.086
R spp vs. H'	0.85	0.006
R spp vs. D'	-0.81	0.011
H' vs. D'	-0.97	0.000

Solamente el pH y el oxígeno disuelto se correlacionaron positivamente con la abundancia, estos parámetros se correlacionaron positivamente entre sí (R Spearman= 0.7, $p < 0.05$) y sus variaciones fueron inversas a la temperatura del agua (R Spearman= -0.91, $p < 0.05$ y -0.55, $p < 0.05$ para pH y O₂ disuelto respectivamente), otras interacciones de correlación negativa fueron la Temperatura con la abundancia (r Spearman= -0.61, $p=0.09$), Salinidad respecto a la diversidad (r Spearman= -0.6, $p=0.086$) y positiva de la turbidez respecto a la biomasa (r Spearman= 0.6, $p=0.086$). Aunque estos resultados no tienen significancia estadística $p < 0.05$, permiten hacer inferencias a $p < 0.1$, sobre algunas relaciones de las variables hidrológicas y los parámetros de la comunidad de peces.

Respecto a las correlaciones entre los parámetros comunitarios, la diversidad se ve influida más por la riqueza de especies (r Spearman= 0.85, $p=0.006$), no se encontró otra correlación significativa entre otros parámetros; se descartan las relaciones negativas entre la diversidad y la riqueza de especies respecto a la dominancia, considerando que es una regla probada que en son inversamente proporcionales Pielou, (1977).

Discusión.

La biología y biogeoquímica de los estuarios con bocas de comunicación abiertas de manera permanente al mar es una disciplina que se ha estudiado desde hace dos siglos (McLusky y Elliot, 2004) pero también se reconoce que se ha dirigido poco esfuerzo al estudio de estuarios con conexiones intermitentes al océano (Roy, 2001; Whitfield et al. 2008; Schallenberg et al. 2010), esta intención se nota en que los modelos generales que explican los procesos biológicos y fisicoquímicos característicos de los estuarios se han basado en la descripción de los procesos que suceden en estuarios comunicados al mar permanentemente, ubicados en zonas templadas del hemisferio norte y cuyas dimensiones rebasan, a veces en varios órdenes de magnitud a los pequeños estuarios de boca intermitente (Flemmer y Champ 2006; James et al, 2007; Taljaard, et al. 2009).

Los sistemas estuarinos están influidos por factores ambientales numerosos que presentan fluctuaciones fisico-químicas en niveles amplios espacial y temporalmente (McLusky & Elliott 2004). Se asume que están controlados por cambios cíclicos, como las fluctuaciones de temperatura, salinidad, y descargas de agua dulce, el cual, se considera como uno de los factores que influyen más el comportamiento estuarino y el de sus comunidades (Perissinotto, et al. 2010).

Ocurre un fuerte contraste con los estuarios sujetos a periodos prolongados y severos de sequía, que no son tan raros como parece pues se han descrito en Australia, Nueva Zelanda, África del Sur, la costa mediterránea de Europa, el cercano Oriente además de América (Mackay y Cirus, 2001) y más considerando el efecto que puede tener el cambio climático en la modificación de vastas áreas costeras del mundo (Elsdon, et al. 2009).

La carencia de información de la calidad del agua en estuarios pequeños durante los períodos de sequía no ha permitido proponer modelos generales que describan a corto o largo plazo las tendencias de las variables ambientales, esta descripción se complica cuando estos hábitats están sujetos a cambios en el uso del suelo o procesos de contaminación en el que hay adición de materia orgánica o nutrientes (Elsdon, et al. 2009).

De manera común se explica que los estuarios del norte del Golfo de México de EU, son manejados por procesos meteorológicos (Ward, 1980), además de considerar que estos procesos suceden cuando la boca estuarina permanece abierta, en contraste, para el estuario Laguna El Llano, a estos procesos se une otro factor importante, el período de apertura y cierre de la boca de comunicación, esta dinámica tiene una influencia notable pues provoca cambios físico-químicos rápidos en períodos de tiempo cortos que pueden provocar respuestas en los compartimientos pelágicos y bentónicos de un estuario, entonces el viento y los procesos de circulación mareal parece que son los más influyentes ambientalmente y a su vez afectan los procesos del reclutamiento de fases juveniles de peces y otros grupos de vertebrados e invertebrados; por ejemplo, la dirección del viento puede influir el efecto de las mareas para desplazar o impedir el paso de los organismos jóvenes al interior de las áreas estuarinas y favorecer su asentamiento.

Los procesos hidrológicos en los estuarios de superficie pequeña (< 250ha) pueden ser controlados por la influencia de los cambios cíclicos, por ejemplo las fluctuaciones estacionales de la temperatura, la salinidad y las descargas de agua dulce de los ríos, por cierto que este factor se considera como el más importante en los estuarios ciegos que tienen aportes riverinos constantes (Adams et al. 1999, Wooldridge 1999, Montagna et al. 2002), a diferencia de esta propuesta, en Laguna El Llano se considera que las fluctuaciones diurnas de la marea, la duración de apertura de la boca de comunicación y la temporada de lluvia marcan la fluctuación de los parámetros hidrológicos.

La temperatura del agua está influida por la variación estacional de la temperatura del aire, el nivel de insolación y los períodos de lluvias, en esta zona del Golfo de México se identifican tres temporadas climáticas, secas entre abril y junio, lluvias de julio a octubre y nortes de noviembre a marzo (Morán et al., 2005), en este caso, la variación de la temperatura del agua mostró este patrón estacional, pues se registró entre 25 a 33 grados centígrados, los meses más cálidos fueron de mayo a septiembre, los más fríos coincidieron con la época de nortes, entre octubre y marzo; aparte, en octubre sucedieron

tormentas tropicales, el paso de un huracán y posteriormente el aumento de la frecuencia de vientos boreales, durante la temporada fría.

La salinidad se registró entre 14 ups en octubre de 2013 hasta 76 ups en mayo de 2013, este intervalo representa a los extremos registrados en este parámetro; en este período la ausencia de lluvias y las temperaturas altas de la temporada provocaron procesos de evaporación que explican estos niveles de salinidad; en este caso después de un período de boca sellada sin aporte de agua dulce entre noviembre de 2012 a mayo 2013, en este último mes se alcanzaron condiciones de hipersalinidad (hasta 76 ups).

La boca de comunicación se abrió en el mes de junio, el paso del agua marina se observa por el intervalo de salinidad registrado hasta agosto, los intervalos de salinidad registrados son similares a las condiciones marinas costeras en este periodo de tiempo.

La salinidad descendió durante la temporada de lluvias, además en los meses de septiembre ocurrieron tormentas tropicales severas y el paso de un huracán por la zona, en la laguna no hay un cuerpo de agua dulce de gran volumen este corresponde a un pequeño río ubicado en 19°39'23.07"N, 96°24'34.13"W, sin embargo ocurren escurrimientos efímeros de las serranías cercanas; a diferencia del año 2012 en el que la boca de comunicación inició su cierre en diciembre, para 2013 la intensidad de los meteoros atmosféricos impidió que la boca se sellara, se mantuvo la entrada y salida de agua marina por procesos mareales, pasando a una condición de estuario "semicerrado".

A diferencia de los ciclos de estuarios ciegos de Sudáfrica, en los que hay flujos continuos de agua dulce (Taljaard, et al. 2009), se ha apuntado que en estos hábitats acuáticos ocurren patrones longitudinales de salinidad debido a que son someros y por este rasgo suceden mezclas por difusión y advección de aguas marinas y dulces provocadas por el viento, que conducen a una homogenización de la salinidad en todo el cuerpo de agua (Roy et al., 2001); en Laguna El Llano, la salinidad varió de acuerdo a la prevalencia de los intercambios mareales en la temporada de sequía, a la duración e intensidad

de la temporada de lluvias y escurrimientos continentales en esta temporada y a la mezcla provocada por la intensidad de los vientos boreales.

Después de la apertura de la boca de comunicación, en el mes de junio se registraron las concentraciones más bajas de oxígeno en asociación a procesos de mezcla del agua y la oxidación de la materia orgánica contenida en el sedimento, en los siguientes meses la tendencia de este parámetro se relacionó a la entrada de agua marina por los procesos mareales y por los vientos boreales como en los meses de nortes; en los meses de lluvias los procesos de oxidación de la materia orgánica y el efecto de las temperaturas más altas en el año, cuando se inicia el sellado de la boca de comunicación también ocurre una disminución de la circulación del agua que contribuye a la disminución del oxígeno en la columna de agua, momento en el que puede ocurrir una mayor degradación de la materia orgánica acumulada como lo ha reportado Dauer et al., (2000).

Los valores más altos de turbidez del agua se relacionaron con el período con las lluvias más intensas (35 a 45 unt), en los meses que predominaron las condiciones marinas la turbidez alcanzó los registros más bajos con 6.5 unt. En condiciones marinas, el pH se relaciona estrechamente a las condiciones salinas del agua, en este parámetro el pH más bajo se registró en el mes de mayor salinidad (mayo), y los más altos ocurrieron entre octubre y diciembre cuando los procesos de intercambio de agua se vieron afectados por los procesos atmosféricos señalados previamente. Por la influencia marina que predomina cuando la boca de comunicación está abierta, en la mayoría de los meses el pH es alcalino, los valores mínimos de mayo 2013 tendieron a la neutralidad cuando la boca de comunicación estuvo cerrada.

Este proceso costero no es raro en la zona, Castro-Aguirre y Mora-Pérez (1984) describieron que en la cercana Laguna de El Morro (15Km al sur de Laguna El Llano) también se selló la boca de comunicación en esta temporada, observaciones personales durante este año confirman los registros reportados por estos autores, lo mismo sucede con la boca de Laguna de San Agustín, este estuario está situado en la localidad de Santander, Municipio de Alto

Lucero, y también en el sistema Laguna Grande-Laguna Chica en el Municipio de Vega de Alatorre a 35km y 90km en dirección norte de la Laguna El Llano.

Aunque no existen reportes sobre los procesos hidrológicos de estos estuarios; se puede establecer que la diferencia en el patrón hidrológico es la presencia de cuerpos de agua dulce que drenan en los cuerpos de agua, mientras que en El Llano hay un arroyo efímero pequeño de unos 10m de ancho que sirve agua principalmente en la temporada de lluvias, en Laguna El Morro, el arroyo Caño Gallego provee de un aporte permanente de agua dulce al sistema que ha permitido definir diferentes zonas de salinidad, Castro-Aguirre y Mora-Pérez (1984) ya establecían zonas mixomesohalinas a mixopolihalinas, en un intervalo de salinidad de 17.1 a 30.8ppm desde las zonas de influencia dulceacuícola a la boca de comunicación marina.

Pero en el Estuario Laguna El Llano, la peculiaridad radica en que la apertura de la boca de comunicación es un proceso más o menos estacional, la obstrucción de la boca estuarina ocurre entre noviembre y enero y se abre entre mayo y junio en plena temporada de secas, esto indica una influencia mayor de las corrientes marinas costeras en la dinámica de sedimentación que determina la apertura y cierre de la boca estuarina, además de la participación de los patrones mareales en el intercambio de masas de agua entre el estuario y la plataforma marina.

Las comunidades de peces en los estuarios están dominadas generalmente por conjuntos de especies marinas migratorias que como parte de su ciclo de vida presentan dependencia estuarina durante sus fases juveniles, además de los llamados visitantes marinos ocasionales que son colectados de manera incidental (Franco, et al. 2008). Se asume que las riquezas de especies más altas que se han reportado en estuarios de boca abierta permanentemente son el resultado de procesos de migración de las especies sin restricción (James, et al. 2007; Whitfield et al. 2008), por esto es común que se minimice la participación de los grupos de especies estuarinas y dulceacuícolas en las características de los ensamblajes estuarinos (Potter, et al. 2013).

Respecto a la composición de especies, en los estuarios ciegos es común que se registren riquezas específicas bajas, esto se explica por el estrés natural que imponen las variaciones de la salinidad, la duración del período de apertura de la boca y las variaciones de los flujos de agua dulce (James, et al. 2007); Vasconcelos, et al. (2015) indican que la riqueza de especies en los estuarios está más relacionada a procesos de macroescala como los patrones de riqueza global de las especies marinas y dulceacuícolas que potencialmente pueden colonizar y conformar un ensamblaje en el estuario y como una segunda categoría señalan a los procesos ecológicos que son los que regulan la colonización de las poblaciones al estuario, incluyendo la conectividad inter-hábitats entre la plataforma continental con el estuario y la extensión espacio-temporal de los hábitats estuarinos.

La composición de especies está organizada por regulaciones ensambladas y filtros ambientales que definen a los conjuntos de especies que se presentarán en un hábitat (Cornwell, Schwikl y Ackerly 2006). Adicionalmente, la naturaleza dinámica de los estuarios agrega otra categoría de procesos que actúan en escalas de espacio y tiempo menores como la influencia, temporalidad y duración de la apertura de la boca (Whitfield 1999; Blaber 2007), por ejemplo se ha encontrado que después que la boca estuarina se abre, en los años siguientes ocurren incrementos en la riqueza de especies debido a reclutamientos mayores de especímenes juveniles de especies marinas (James, et al. 2007); otro factor morfológico de los estuarios es la anchura de la boca de comunicación (Nicolas et al. 2010), esta dimensión se ha correlacionado con la superficie estuarina y su importancia relativa en la conectividad con la plataforma marina adyacente.

Se obtuvieron un total de 37 especies en el periodo de colecta (mayo 2013-mayo 2014), comparando con el estudio de Morales, (1984), quien encontró un total de 46 especies en el transcurso de un año, difiere con la riqueza obtenida en este estudio la cual fue menor, sin embargo, *Eucinostomus melanopterus* es reportada como una de las especies con mayor frecuencia al igual que en este estudio donde se presentó en los meses de agosto y octubre con 109 y 135 organismos respectivamente.

De los dos reportes sobre peces de esta laguna compilados por Castañeda y Contreras (2001), el estudio de Mora (1982) sobre la familia Gobiidae reportó a *Gobionellus boleosoma* al igual que Morales (1984) quien además reporta a esta especie y a *Poecilia latipunctata*, ambas especies no se colectaron en este estudio, cabe señalar que los dos reportes que se aluden proceden de memorias de resúmenes de congresos nacionales lo que limita una discusión más profunda con base en estas aportaciones.

Castro-Aguirre y Mora-Pérez (1984) reportaron 42 especies, en la vecina laguna costera de El Morro en la que la mayoría corresponde a especies marinas-eurihalinas con una contribución pequeña de especies dulceacuícolas secundarias, solo 4 fueron frecuentes y permanentes *A. mitchilli*, *E. melanopterus*, *P. mexicana* y el género dulceacuícola *Gambusia* también es numeroso en la temporada de disminución de la salinidad. Las coincidencias que se encontraron responden a lo numeroso de las especies marinas eurihalinas y la dominancia de especies como *E. melanopterus* y *A. mitchilli*.

Respecto a la composición de especies, Obregón-Barboza et al. (1994) reportan a especies como *Astyanax mexicanus aeneus*, *Poecilia sphenops* y *Agonostomus monticola*, las dos primeras especies no fueron colectadas en este estudio, en relación *P. sphenops* es posible que se haya incurrido en una identificación errónea, por dos razones, la primera la baja tolerancia de esta especie a la salinidad respecto a la reportada por *P. mexicana* y la segunda porque esta especie fue identificada plenamente en este estudio.

Respecto a *A. monticola*, esta fue registrada en mayo de 2014 en un sitio ubicado en 19°37'47.8N y 96°27'00.1W, en el curso del arroyo que drena en la Laguna El Llano (Observación Personal), sin embargo en el reporte que se alude en el párrafo anterior no se especificaron los tiempos, modos y sitios de colecta y se ubica a la Laguna El Llano como parte de un complejo de lagunas, es decir, no queda claro si estos registros proceden de la Laguna El Llano o de alguna de las lagunas que los autores agruparon en el complejo lagunar que citan.

La riqueza específica aumentó durante la temporada de lluvias, en este caso el incremento de la turbidez se correlacionó a la biomasa, particularmente por la ocurrencia de especies bentófagas como *Elops saurus*, *Diapterus rhombeus* y *Eucinostomus melanopterus*, además del reclutamiento al estuario de *Anchoa mitchilli* cuyas abundancias fueron las más altas en entre septiembre y febrero 2013, además de la ocurrencia de especies con mayor tolerancia estuarina de las familias Gobiidae y Eleotridae, la presencia de este conjunto de especies puede relacionarse a procesos de producción fitoplanctónica y bentónica; por un lado aunque la densidad y biomasa de fito y zooplankton responden diferencialmente a los ciclos de sequía/lluvias en los estuarios ciegos, en el caso del estuario Mlalazi (Sudáfrica) se considera que el aumento de la densidad y biomasa del plancton es ocasionado por el aporte de nutrientes acarreado por el agua en la temporada de lluvias (Adams et al. 1999, Wooldridge 1999).

Otro proceso ecológico que se estimula durante esta temporada es la producción bentónica, aunque en general no se han logrado establecer patrones generales, cuando se rompe puede suceder un proceso súbito de disturbio que afecta a las comunidades, por ejemplo Netto et al. (2012) reportaron una reducción del 50 al 90% de la densidad y biomasa zoobentónica en la Laguna Camacho, al sur de Brasil, debido al escurrimiento y flujo de sedimentos después de que la boca se rompe, pero al contrario, Gladstone et al. (2006) no encontraron diferencias significativas en la estructura de la comunidad zoobentónica en las barreras de entrada de 4 estuarios ciegos de New South Wales (Australia) después de dos eventos de rompimiento de las bocas de comunicación.

Por la información de este estudio, se propone que la inestabilidad provocada por la apertura súbita de la boca de comunicación es la causa de la disminución del zoobentos por la pérdida de habitats, pero posteriormente se estabilizan las condiciones ambientales en un patrón más estuarino que permiten la ocupación de poblaciones marinas tanto de invertebrados como de peces. Whitfield et al. (1994) registraron una biomasa más alta de peces en el Great Fish Estuary comparado al estuario carente de fuentes de agua dulce

Kowie Estuary, se explicó que los mayores aportes de nutrientes y material orgánica que son acarreados en los aportes dulceacuícolas estimulan niveles elevados de producción primaria y secundaria.

Por otro lado, el agua dulce puede tener una función ecológica esencial para atraer a las larvas y juveniles de los peces marinos estuarino-dependientes, en cuanto a los estuarios, evidencias indirectas sugieren que los peces trazan rastros en el sedimento para poder regresar a un estuario, siguiendo un gradiente de concentración olfatorio de sustancias orgánicas o inorgánicas (Whitfield 1994), incluso cuando la boca estuarina está cerrada, estas sustancias podrían drenar hacia el mar a través de la barra arenosa, una vez que la boca se abre, las aguas dulces y estuarinas fluyen al mar, formando plumas estuarinas extensas en el mar que parecen atractivas para reclutar a las larvas y juveniles de los peces (Strydom 2003).

Estos hechos explican en parte, que la abundancia, biomasa y riqueza específica se hayan registrado con valores más altos en las condiciones hidrológicas más estuarinas en la Laguna del Llano.

Otro hecho que se postula para los estuarios ciegos es que son menos diversos que los estuarios de boca abierta permanentemente, como se ha mencionado, el intercambio constante de masas de agua a través de la boca estuarina es un factor que promueve la invasión de elementos marinos tolerantes a los cambios de salinidad principalmente; a este punto de vista se agregan otros factores como la formación de habitats estuarinos que por si mismos son reconocidos como zonas de crianza, tal como se califican a los manglares, las praderas de vegetación sumergida, de vegetación emergente y los bancos de ostión.

Los estuarios son considerados como sistemas estresados naturalmente debido a la alta variabilidad de sus factores físicos y químicos, la biota estuarina está expuesta a fluctuaciones fuertes de la salinidad, influencia mareal, pH, concentraciones de nutrientes, las descargas de aguas dulces y en el caso de los estuarios ciegos a la dinámica de la boca de comunicación, pero estos

organismos demuestran que son capaces de sobrevivir en estos ambientes estresantes (Elliott y Quintino 2007).

La diversidad específica baja entre estuarios ciegos de la zona puede compararse con los registros de otros estuarios y lagunas costeras de la región en la Tabla siguiente:

Tabla 7. Comparación de la riqueza específica entre estuarios ciegos (boca estuarina temporalmente cerrada) respecto a estuarios con boca abierta permanentemente en el Golfo de México.

Estuarios Ciegos	Riqueza específica	Estuarios con comunicación permanente	Riqueza específica
La Mancha	42 (Castro-Aguirre y Mora-Pérez, 1984)	Laguna Pueblo Viejo	72 (Zárate-Hernández et al. 2014)
El Llano	46 (Morales, 1984) 37 (este estudio)	Tuxpan	200 (González-Gándara et al. 2012)
Laguna Grande – Laguna Chica	22 (Aguirre-León et al. 2014)	Sistema Lagunar Alvarado	107 (Chávez-López et al. 2005)
Laguna San Agustín	33 (Sánchez, 1989)	Laguna de Sontecomapan	52 (Rodríguez-Varela y Cruz-Gómez, 2010)
		Laguna de Términos	86 (Ayala-Pérez, et al. 2012)

La diversidad se ha considerado como un mecanismo que promueve la estabilidad en una comunidad, donde las comunidades de alta diversidad son más resistentes a la invasión de especies y a las fluctuaciones ambientales (Tilman 1999, Cottingham et al. 2001, Stachowicz et al. 2002). La relación entre la diversidad y la estabilidad se ha probado en diferentes ecosistemas como pastizales, comunidades microbianas y ensamblajes bentónicos de playas

rocosas (e.g. Tilman 1999, McGrady-Steed & Morin 2000, Romanuk & Kolasa 2002, Steiner et al., 2005, Grman et al. 2010, Bulleri et al. 2012), donde se señala una relación positiva entre la diversidad y la estabilidad a nivel de comunidad, pero con una relación negativa a nivel poblacional (Valdivia & Molis 2009).

Como una consecuencia la diversidad (considerando la riqueza de especies y la equidad), se propone como un predictor que promueve la estabilidad de una comunidad a partir de dos mecanismos: 1) un efecto de amortiguación, donde la riqueza de especies más alta reduce la variación temporal de propiedades comunitarias como la abundancia y la biomasa, y 2) un efecto de estímulo al desempeño, en el que la mayor riqueza de especies produce un incremento en la abundancia o la biomasa, estos dos mecanismos están influidos por las respuestas de las especies individuales a las fluctuaciones ambientales y al grado de asincronía de estas respuestas (Yachi y Loreau 1999).

Se ha hipotetizado que esta variabilidad natural constituye un subsidio para la biota estuarina, para florecer en un lugar de alto estrés ambiental, lo cual provee a las comunidades estuarinas de una oportunidad de persistir bajo las condiciones de las fluctuaciones ambientales severas, mas que desaparecer, exhiben ensamblajes con una resiliencia alta después de disturbios de diferente intensidad (p.e. inundaciones o sequías).

Como se mencionó, en esta variación estuarina ambiental, los estuarios con boca abierta de manera permanente presentan registros más altos en el número de especies, abundancia, biomasa y diversidad y comparados con los de boca obstruida una menos dominancia; los análisis numéricos en los estuarios de Sudáfrica mostraron que hay diferencias hasta del 50% en la composición de los ensamblajes de los estuarios abiertos respecto a los de boca efímera, en esta categoría otra variante la presentan los de mayor superficie que se separan hasta con el 65% respecto a los de superficie menor (Vorwerk et al. 2003).

Lo que es un denominador común es que los ensamblajes de peces presentan menor riqueza de especies que los estuarios abiertos, pero comparativamente hay mayores abundancias en los estuarios ciegos y por ende mayor dominancia, que está concentrada tanto por las especies marinas dependientes de los estuarios como por las especies estuarinas, tal como sucede con los ensamblajes de la comunidad de peces del estuario Laguna El Llano.

Se ha demostrado que la variabilidad ambiental juega un papel importante por su influencia en la fuerza de los efectos de la diversidad en la estabilidad (Romanuk y Kolasa 2002, Campbell et al. 2011). Las evidencias sugieren que, bajo las condiciones más adversas, otros mecanismos adicionales como la dominancia de las especies y la asincronía de las respuestas pueden contribuir a la estabilidad de la comunidad (Loreau y de Mazancourt 2008, Grman et al. 2010, Langenheder et al. 2012). La dominancia de las especies puede promover la estabilidad por el efecto de las especies con mejor desempeño. Las cuales exhiben varianza temporal más baja y una capacidad mayor para resistir disturbios (Grman et al. 2010, Langenheder et al. 2012, Valdivia et al. 2013).

De manera similar, las fluctuaciones asincrónicas de las especies pueden promover la estabilidad compensando la disminución de las especies menos tolerantes con el incremento de las que demuestran mejor desempeño (Tilman 1999, Loreau y de Mazancourt 2008). Para Laguna El Llano, solo tres especies fueron permanentes *A. mitchilli*, *E. melanopterus* y *D. rhombeus*, estas especies junto con *M. cephalus* forman parte de las especies con mayor contribución en los estuarios de boca abierta permanentemente, pero son de las especies dominantes en los estuarios de boca ciega de esta región (Castro-Aguirre y Mora-Pérez, 1984; Morales, 1989, Aguirre-León et al. 2014; este estudio).

Por un lado, estas especies penetraron en lapsos diferentes del año, demostrando ese efecto de compensación, pero durante la temporada de lluvias fue notable la presencia de especies con cualidades más estuarinas de las familias Gobiidae y Eleotridae, como *E. smaragdus*, *G. oceanicus*, *L. cyprinoides* y *G. dormitor*, que como sucede en otros estuarios del Golfo de México, no se registran en cantidades altas de individuos, pero están presentes de manera recurrente.

En consecuencia, la hipótesis de la homeostasis (Elliott & Quintino 2007), sugiere que el estrés variable del ambiente estuarino puede aportar a las comunidades estuarinas la capacidad de alcanzar la estabilidad por la compensación para los cambios en el ambiente. Sin embargo, este estrés natural típico de los estuarios constituye una ventaja solo para las especies que son capaces de tolerar a las combinaciones de la variación de las condiciones ambientales. Cuantitativamente estas especies son menos numerosas cuando se comparan a las que habitan los habitats oceánicos, entonces los estuarios con estas características presentan una diversidad comparativamente baja (Elliott y Whitfield 2011, Whitfield et al. 2012).

Esta situación se observó durante el mes de mayo de 2013 bajo condiciones de hipersalinidad, se registraron solo cuatro especies: *Centropomus undecimalis*, *Lutjanus griseus*, *Mugil cephalus* y *Poecilia mexicana*; en estos casos es la primera vez en México que se registra a estas especies bajo estas condiciones de salinidad (Castro-Aguirre et al. (1999), se reconoce que los centropómidos como migrantes catádromos son capaces de tolerar cambios de salinidad en gradientes longitudinales desde la plataforma marina hasta las cuencas hidrológicas dulceacuícolas, incluso algunas de las especies se reproducen en estos hábitats continentales y *C. undecimalis* ha probado que puede ocurrir en diferentes habitats estuarinos bajo condiciones ambientales estresantes. (Stevens, Blewett y Poulakis 2007).

Los mugílidos en general, *M. cephalus* en particular, también se reconocen como especies de alta tolerancia a los cambios de la salinidad; la familia Mugilidae es un componente común de los estuarios ciegos en el mundo (Harrison ,2003; James et al., 2007; Jones y West 2005; Chuwen, Hoeksema y Potter, 2009). Estas capacidades fisiológicas y su historia de vida con una fase estuarino-dependiente explican la ocupación común de los estuarios de boca efímera o abierta permanentemente por estos organismos.

Con respecto a la abundancia obtenida en este mes, la especie con mayor número de organismos en el mes de mayo fue *Poecilia mexicana*, con un número de 169 organismos. Esta especie ha sido reportada en diferentes estudios con abundancias menores a la registrada en el presente estudio pero con una presencia más frecuente, (Castillo-Rivera *et al.* 2011), se reconoce que esta especie aunque es de origen dulceacuícola, es tolerante a diferentes condiciones de estrés ambiental incluyendo su presencia frecuente en zonas oligohalinas de lagunas costeras y estuarios (Chávez-López, et al. 2015), como se reitera este es un primer registro de esta especie bajo condiciones de hipersalinidad estuarina.

Entonces, aunque bajo condiciones ambientales de alto estrés ambiental que se refleja en propiedades comunitarias de baja riqueza específica, baja abundancia y alta dominancia, en los estuarios de boca ciega en períodos prolongados de cierre se pueden bosquejar ensamblajes de especies de alta tolerancia ambiental como mostraron los hallazgos de este estudio.

Las fases de boca cerrada prolongadas en los estuarios pequeños son un obstáculo natural para el reclutamiento de los peces marinos e impiden la emigración de los adultos al mar, en esta situación y en presencia de flujos de agua dulce se han descrito disminuciones de la salinidad, lo que también constituye un factor que incrementa la mortalidad de las especies marinas menos tolerantes, pero como rasgo peculiar de Laguna El Llano, el cierre de la boca coincide con la conclusión de la temporada de lluvias y el inicio de la temporada cálida del año con incrementos intensos de la evaporación del agua lo que aumenta la salinidad a un nivel tal que solo las especies fuertemente eurihalinas toleran estas condiciones extremas (Vorwerk et al. 2003).

Como han establecido Elliott & Quintino (2007), los ecosistemas estuarinos son capaces de funcionar exitosamente a pesar de que, como ocurre con los estuarios de boca efímera, su diversidad sea baja, aunque la diversidad se ha colocado al frente como una necesidad para que suceda una función ecosistémica eficiente en el debate del funcionamiento biodiversidad-ecosistema (Loreau, et al. 2001), el comportamiento ecológico de las comunidades de peces que los habitan están más condicionadas por las combinaciones ambientales abióticas que por las de tipo biológico; otra característica que se manifiesta es que cuando presentan extensiones pequeñas, las comunidades de peces demuestran cambios más dramáticos a los ciclos estacionales dependiendo de la duración e intensidad de los procesos ambientales estacionales de la apertura de la boca y los flujos de agua dulce.

Conclusiones.

El estuario Laguna El Llano presentó un período de apertura y cierre de la boca de comunicación, la cual está influenciada principalmente por procesos meteorológicos y de circulación mareal.

La Laguna El Llano presentó un período de hipersalinidad con 76 ups durante el mes de mayo (temporada de secas), en el cual la boca de comunicación hacia el mar se matuvo cerrada.

Se obtuvieron un total de 37 especies, agrupadas en 32 géneros, 23 familias y 10 órdenes, en el período comprendido de mayo 2013 a mayo 2014.

La abundancia total que se reporta para la Laguna El Llano es de 3642 organismos, la cual la mayor parte se concentra en el mes de febrero 2013 con 1625 organismos, correspondiente a la época de nortes.

Las especies que presentaron la mayor abundancia durante el estudio fueron *Ancha mitchilli* con 1171 organismos, *Eucinostomus melanopterus* con 444 organismos y finalmente *Diapterus rhombeus* con 398 organismos.

La mayor biomasa se registró en el mes de septiembre 2013 con 2987.87 g, de la cual las especies que contribuyeron con la mayor biomasa fueron *A. mitchilli* con 1290.85g y *M. cephalus* con 115.92 g.

El valor de diversidad más alto registrado fue de 2.13 decit/ind. en el mes de septiembre 2013, correspondiente a la temporada de lluvias, en el cual la boca de comunicación permaneció abierta.

En la Laguna El Llano durante el estudio las especies con mayor dominancia fueron: *A. mitchilli*, *E. melanopterus* y *D. rhombeus*.

Las especies de mayor valor de importancia para la Laguna El Llano fueron: *A. mitchilli*, *E. melanopterus* y *D. rhombeus*.

Para la Laguna El Llano se registraron 25 especies de origen eurihalino, 6 especies permanentes estuarinas, 5 especies estenohalinas y solo 1 dulceacuícola.

Literatura Citada

Aguirre-León, A., Pérez-Ponce, H. E., Díaz-Ruiz, S. 2014. Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 62(1):145-163 p.

Arriaga-Cabrera, L., Vázquez-Domínguez, E., González-Cano, J., Jiménez - Rosenberg, J., Muñoz López, E., Aguilar, Sierra V. (coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Ayala-Pérez L. A., Terán-González, G. J., Ramos-Miranda, J., Flores-Hernández, D. 2012. Cambios interanuales en la abundancia de la comunidad de peces en la costa occidental de Campeche, México. *Ciencias Marinas*, 38(2): 395–410 p.

Barnes, R. S. K. 1980. *Estuarine Biology*. E. Arnold Ltd., London, 77 p.

Benítez, H., Arizmendi, C. y Márquez, L. 1999. Base de datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México.

Blabber, S. J. M. 1997. *Fish and fisheries of tropical estuaries*. Fish and Fisheries Series 22, Chapman and Hall London, United Kingdom.

Blabber, S.J.M. 2007. Mangroves and fishes: issues of diversity, dependence, and dogma. *Bulletin of Marine Science*, 80: 457–472.

Campbell, V. C., Murphy, G., y Romanuk, T. N. 2011. Experimental design and the outcome and interpretation of diversity-stability relations. *Oikos* 120. 399-408 p.

Cardona, B. (coord.) 2010. Atlas cultural del estado de Veracruz: municipios de la región central. Coordinación Nacional de Promoción Cultural. Convergencia, Partido Político Nacional. Xalapa, Veracruz.

Castañeda L., O. y Contreras E. 2001. Serie: Bibliografía comentada sobre ecosistemas costeros mexicanos, 2001. Disco compacto. UAM-Iztapalapa, México.

Castillo-Rivera, M., Ortiz-Burgos, S y Zárate-Hernández. R. 2011. Estructura de la comunidad de peces estuarinos en un hábitat con vegetación sumergida: variación estacional y nictémera. *Hidrobiológica* 21(3): 311-321 p.

Castro-Aguirre, J.L. y Mora-Pérez, C. 1984. Relación de algunos parámetros hidrometeorológicos con la abundancia y distribución de peces en la Laguna de la Mancha, Veracruz. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*. 75: 657- 702 p.

Castro-Aguirre J. L., Espinoza P. S. H., Schmitter-Soto J. J. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Ed. Limusa. México, D.F. 71 p.

Chávez-López R., J. Franco-López, Morán-Silva, A. y M. T. O'Connell. 2005. Long-term fish assemblage dynamics of the Alvarado Lagoon Estuary, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17:145–156 p.

Chávez-López R., Rocha-Ramírez A., Cortés-Garrido H. 2015. Some Ecology Features of *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863 (Osteichthyes: Poeciliidae) from Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *American Journal of Life Sciences*, 3(2): 76-84 p.

Chuwen, B. M., S. D. Hoeksema, y I. C. Potter. 2009. Factors influencing the characteristics of the fish faunas in offshore, deeper waters of permanently-open, seasonally-open and normally-closed estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81: 279–295 p.

Clarke, K. R. 1993. Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, Vol. 18. 117-143 p.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 2001. *Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*, Plymouth: Primer-E.

Cooper, J. 2001. Geomorphological variability among microtidal estuaries from the wave-dominated South African coast. *Geomorphology*. No.40. 99-122 p.

Cornwell, W. K., Schwikl, L. D. & Ackerly, D. D. 2006. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology*, 87:1465–1471 p.

Day, J. H. 1981. What is an estuary. *South African Journal of Science*, 76: 198 p.

De la Lanza, G. y Cáceres, C. 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Ed. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 525 p.

Elliot, M., Hemingway, K. 2002. *Fishes in estuaries*. Blackwell Publishing Lid. 49 p.

Elliott, M. & Quintino, V.M. 2007. The Estuarine Quality Paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 640–645 p.

Elliott, M. y Whitfield, A. 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal y Shelf Science*, 94:306-314 p.

Elsdon T. S., M. B.N.A. De Bruin, N. J. Diepen, & B. M. Gillanders. 2009. Extensive drought negates human influence on nutrients and water quality in estuaries. *Science of The Total Environment*, 407 (8): 3033–3043 p.

Fairbridge, R. W. 1980. The Estuary: it's definition and geodynamics cycle. In: E. Olausen and I. Cato (Eds.): *Chemistry and Biogeochemistry of estuaries*. Wiley, New York. 1-35 p.

Flemer, D.A. & M. A. Champ. 2006. What is the future fate of estuaries given nutrient over-enrichment, freshwater diversion and low flows? *Marine Pollution Bulletin*, 52:247–258 p.

Franco, A., Elliott, M., Franzoni, P. & Torricelli, P. 2008. Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219–228 p.

García, E. 1988. Modificaciones del régimen de clasificación climática de Köppen. México.

Giman, E., Lau, J. A., Donald, R., Schoolmaster, J. y Gross, K. L. 2010. Mechanisms contributing to sattability in ecosystem function depend on the enviromental context. *Ecol. Lett.* 13. 1400-1410 p.

González-Gándara C., V. De La Cruz-Francisco, J. J. Salas-Pérez y C. Domínguez-Barradas. 2012. Lista de los peces de Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (3): 675-689 p.

Hammer, Ø., Harpe, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4:9 p.

Harrison, T.D., 2005. Ichthyofauna of South African estuaries in relation to the zoogeography of the region. *Smithiana* 6, 2e27 p.

Hubbs, C., R. J. Edwards, y G. P. Garrett. 1991. An annotated checklist of freshwater fishes of Texas, with key to identification of species. *Texas Journal of Science*, Supplement 43(4):1-56 p.

James, N., P. Cowley, A. Whitfield, & S. Lamberth. 2007. Fish. In: A. Whitfield & G. Bate (coords.): *A Review of Information on Temporarily Open/Closed Estuaries in the Warm and Cool Temperate Biogeographic Regions of South Africa, with Particular Emphasis on the Influence of River Flow on These Systems*. Interim report to the Water Research Commission on the Project “The freshwater requirements of intermittently open Cape estuaries” WRC Report No 1581/1/07. Ch. 10, p. 151-170 p.

James, N.C., Cowley, P.D., Whitfield, A.K. y Lamberth, S. J. 2007. Fish communities in temporarily open/closed estuaries from the warm- and cool-temperate regions of South Africa: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17, 565–580 p.

Jones, M. V. y R. J. West. 2005. Spatial and temporal variability of seagrass fishes in intermittently closed and open coastal lakes in southeastern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 277-288 p.

Kennish, M. J. 2002. Impacts of Motorized Watercraft on Shallow Estuarine and Coastal Marine Environments. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 37, 202 p.

Kjerfve, B.1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. *Estuarine variability*: 63-81 p.

Krebs C. J. 1996. *Ecology*.3a Ed. Harper y Row Pubs. New York.

Langenheder, S., Berga, M., Östam, Ö. y Szekely, A. J. 2012. Temporal variation of beta diversity and assembly mechanisms in a bacterial metacommunity. *ISME. Journal* 6: 1107-1114 p.

- Lankford, R. R. 1977. "Coastal lagoons of Mexico", en Wiley, M. (ed.), Their origin and classification estuarine processes, Academic Press Incorporation, New York, pp. 182–215 p.
- Lara D. A. L., Contreras F., Castañeda O., Barba E. y Pérez M. A. (2011). Lagunas costeras y estuarios, La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Instituto de Ecología, 1: 301-317 p.
- Loreau, M. y Mazancourt C. 2008. Species synclony and its drivers: neutral and noneutral community dynamics in fluctuating environments. *Am. Nat.* 172. e 48-e56 p.
- Loreau, M., Naem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J. P., Grime, A. H., Hooper, D. V., Huston, M. A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D. y Wardie, D. A. 2001. Biodiversity and ecosystem function: current knowledge and future challenges. *Science* 294:804-808 p.
- Mackay C. F. & D. P. Cyrus, 2001. Is freshwater quality adequately defined by physico-chemical components? Results from two drought-affected estuaries on the east coast of South Africa. *Marine Freshwater Research*, 52: 267–281 p.
- McGrady- Steed, J., Marin. P. J. 2008. Biodiversity density compensation and the dynamics of populations and functional groups. *Ecology* 81. 361-373 p.
- McLusky, D. S., Elliot, M. 2004. The estuarine ecosystem: Ecology, Threats and Management. Third. Ed. University Press, Oxford. 214 p.
- Miller, R. R., Minckley, L. W., & Norris S. M. H. M. 2005. Freshwater fishes of México. University Chicago Press. E. U. 490 p.
- Miller, R. R., Minckley, L. W., & Norris S. M. H. M. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Ed. de la Noche. México, D.F. 559 p.
- Mora C., P., P. Morales A. y M. F. Ramírez, F. 1982. Distribución y abundancia relativa de las especies de la familia Gobiidae en la laguna Del Llano, Veracruz, México. *Res. VI Cong. Nal. Zool.*
- Morales A., P., 1984. Variación estacional de los componentes de la ictiofauna en la laguna del Llano, Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. 40 p.
- Nelson S. J., 2006. Fishes of the world. 4ta. Edición. Hoboken. USA. 601 p.
- NCSS. 2007. Software, Cruncher statistical systems. Kayseville-Utah, USA.
- Obregón-Barboza, H., S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano. 1994. The fishes of northern and central Veracruz, México. *Hydrobiologia* 286:79-95 p.
- Ortiz, M. A. y De la Lanza Espino, G. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. México, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Perillo, G. M. E. 1995. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. G. M. E. Perillo (Ed.): *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. *Developments in Sedimentology* 53, Chap. 2; 17-47 p.

Perissinotto R, Stretch D.D., Whitfield A.K., Adams J.B., Forbes A.T., Demetriades N.T. 2010 Ecosystem functioning of temporarily open/closed estuaries in South Africa. In: Crane JR, Solomon AE (eds) *Estuaries: types, movement patterns*. Nova Science Publishers, New York, NY, p 1-69 p.

Pielou E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley y Sons N. Y.

Potter I. C., B.M. Chuwena, S. D. Hoeksemaa, M. Elliott. 2010 The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 87, Issue 3. 497-500 p.

Potter I.C., J.R. Tweedley, M. Elliott, & A.K. Whitfield, 2013. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/faf.12050/full>

PRIMER-E. 2005. Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research V6. (PRIMER 6). *Multivariate Ecology for Ecologists*. PRIMER-E Ltd 3 Meadow View Luton, Iybridge PL219RH United Kingdom.

Raz-Guzmán, A. y Huidobro, L. 2002. Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. *Journal of Fish Biology*. 61 Sup.A: 182-195 p.

Rodríguez-Varela, A., A. Cruz-Gómez y H. Vázquez-López. 2010. List of the ichthyofauna in the Sontecomapan Lagoon, Veracruz, México. *BIOCyT* 3(9):107-121 p.

Romanuk, T. N. y Kolasa J. 2002. Environmental variability alters the relationship between species richness and community variability in natural rock pool microsystems. *Ecoscience* 9. 55-62 p.

Roy, P.S., R.J. Williams, A.R. Jones, I. Yassini, P.J. Gibbs, B. Coates. 2001. Structure and function of South-east Australian estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53:351-384 p.

Sánchez, V. A. Y., 2003. Caracterización ecológica de la comunidad de peces que habitan la Laguna de Alvarado, Veracruz. Tesis de licenciatura. FES-Iztacala UNAM. Edo. De México. 67 p.

Shannon C. E. & W. Weaver. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 p.

Stachowicz, J. J., Fried, H., Osman, R. W. y Whithatch, R. B. 2002. Biodiversity invasion resistance and marine ecosystem function: reconciling patterns and process. *Ecology*, 83 (9): 2575-2590 p.

Stevens, P. W., D. A. Blewett, y G. R. Poulakis. 2007. Variable habitat use by juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae): applying a life - history model in a southwest Florida estuary. *Bulletin of Marine Science*, 80(1):93–108 p.

Sokal, R y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. 3rd. Ed. Freeman. EU. 887 p.

Strydom, N. A. 2003. Occurrence of larval and early juveniles fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries. South Africa. *Environmental Biology of fishes*; 66: 349-359 p.

Taljaard, S., L. van Niekerk, W. Joubert. 2009. Extension of a qualitative model on nutrient cycling and transformation to include microtidal estuaries on wave-dominated coasts: Southern hemisphere perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85 (2009) 407–421 p.

Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, vol. 80; No. 5. 1455-1474 p.

Valdivia, N., González A. E., Maneur, T, y Broitman, B. R. 2013. Mesoscale variation of mechanisms contributing to stability in rocky shore communities. *Plos One* 8. (1): e 54-59 p.

Valdivia, N., Molis M. 2009. Observational evidence of a negative biodiversity-stability relationship intertidal epibenthic communities. *Aquatic Biology*. 4: 263-271 p.

Vasconcelos R. P., S. Henriques, S. Franca, S. Pasquaud, I. Cardoso, M. Laborde & H. N. Cabral. 2015. Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. *Journal of Animal Ecology* 2015 doi: 10.1111/1365-2656.12372

Whitfield, A. K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 9: 151-155 p.

Whitfield, A. & Bate, G. 2007. A Review of Information on Temporarily Open/Closed Estuaries in the Warm and Cool Temperate Biogeographic Regions of South Africa, with Particular Emphasis on the Influence of River Flow on These Systems. Interim report to the Water Research Commission on the Project "The freshwater requirements of intermittently open Cape estuaries" WRC Report No 1581/1/07. 151-170 p.

Whitfield, A.K., Adams, J.B., Bate, G.C., Bezuidenhout, K., Bornman, T.G., Cowley, P.D. et al. 2008. A multidisciplinary study of a small, temporarily open/closed South African estuary, with particular emphasis on the influence of mouth state on the ecology of the system. *African Journal of Marine Science*, 30, 453–473 p.

Whitfield, A. K., Elliot, M., Basset A., Blaber, S. J. M. y West, R. J. 2012. Paradigms in estuarine ecology the romance diagram with a suggested revised model for estuaries: a review. *Estuarine, coastal y Shelf Science* 97: 78-90 p.

Wooldridge. T. H. 1999. Estuarine zooplankton community structure and dynamics. *Estuaries of South Africa*. 141-166 p.

Yachi, S., Loreas M. 1999. Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proc. Natl Acad Sci. U.S.A.* 96:1463-1468 p.

Zárate-Hernández R., M. Castillo-Rivera, L. Sanvicente-Añorve, S. Ortiz-Burgos. 2012. Cambios espaciales, nictímeros y estacionales en la estructura de la comunidad de peces en un estuario tropical mexicano. *Ciencias Marinas*, 38(4): 665–676 p.