



Casa abierta al tiempo

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

**Caracterización molecular, taxonomía y ecología de las especies de pargos
(Familia Lutjanidae) en la laguna La Mancha, Veracruz**

Tesis

Que para obtener el grado de Maestro en Biología

Presenta

Biól. Luis Guillermo Constante Pérez

Comité Tutorial:

Co- directora: Dra. Alejandra Serrato Díaz

Co-director: Dr. Manuel A. Castillo Rivera

Asesora: Dra. María del Rocío Zárate Hernández

Octubre 2016



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00142

Matrícula: 2143800553

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR,
TAXONOMÍA Y ECOLOGÍA DE LAS
ESPECIES DE PARGOS (FAMILIA
LUTJANIDAE) EN LA LAGUNA LA
MANCHA, VERACRUZ

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 13 del mes de octubre del año 2016 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ
M. EN C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
DRA. BEATRIZ RENDON AGUILAR
DR. LUIS MANUEL GUEVARA CHUMACERO

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGIA

DE: LUIS GUILLERMO CONSTANTE PEREZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

A PROBAR

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



Luis Guillermo Constante

LUIS GUILLERMO CONSTANTE PEREZ
ALUMNO

REVISÓ

[Signature]
LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

[Signature]
DRA. EDITH PONCE ALQUICIRA

PRESIDENTA

[Signature]
DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE
HERNANDEZ

VOCAL

[Signature]
M. EN C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL

VOCAL

[Signature]
DRA. BEATRIZ RENDON AGUILAR

SECRETARIO

[Signature]
DR. LUIS MANUEL GUEVARA CHUMACERO

La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al
Padrón de Postgrados de Calidad del CONACyT

La presente tesis se realizó en el Laboratorio de Peces del Departamento de Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, dentro del proyecto “Ecología de poblaciones y comunidades de peces” el cual contó con el financiamiento de la Universidad Autónoma Metropolitana.

También para la realización de la presente tesis se reconoce y agradece el apoyo recibido por el Laboratorio Divisional de Biología Molecular, del Departamento de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Biól. Luis Guillermo Constante Pérez

El día 13 de octubre del año 2016

Comité Tutorial y Jurado

Co- directora: Dra. Alejandra Serrato Díaz



Co-director: Dr. Manuel A. Castillo Rivera



Asesora y sinodal: Dra. María del Rocío Zárate Hernández



Sinodal: Dr. Luis Manuel Guevara Chumacero



Sinodal: M. en C. Armando Cervantes Sandoval



Sinodal: Dra. Beatriz Rendón Aguilar



Agradecimientos y dedicatoria

No deseo personalizar esta sección como lo hice anteriormente, ya que sería repetitivo e incluiría a las mismas personas que en aquel entonces. No por ello se reduce lo mucho que agradezco el apoyo que recibí de quienes me apoyaron y alentaron a llegar a este momento de mi preparación como profesionalista.

- Mis padres, el primer lugar lo merecen ustedes ya que hicieron posible toda esta trayectoria y como es debido les retribuyo con mi mejor esfuerzo en la defensa de mi examen de grado. Y como persona estoy orgulloso de haber sido educado por ustedes.
- Mi comité tutorial y jurado, de quienes recibí su tiempo e interés para corregir y sugerir ideas que enriquecieran la calidad de este trabajo, así como apoyo moral para la presentación del mismo.
- Mis amigos, entre risas y anécdotas, surgieron dudas y consejos que llevaron a pulir esta investigación y por eso les agradezco ser parte de mi vida.
- Mi familia, hubo quienes me escucharon y se interesaron por lo que hacía en la escuela, gracias a ustedes gané confianza y supe que estaba realizando un trabajo atractivo y no quiero defraudarlos.

Por último, esta es otra etapa concluida Guillermo, si es la última en tu preparación profesional recuerda que debes dejar huella como nadie antes lo haya hecho; pero si no lo es, tu huella debe ser mucho más grande.

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES	14
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
HIPÓTESIS	16
<i>Objetivo general</i>	17
<i>Objetivos particulares</i>	17
MATERIAL Y MÉTODOS	17
ÁREA DE ESTUDIO.....	17
RECOLECTA DE MATERIAL BIOLÓGICO, PROCESAMIENTO Y OBTENCIÓN DE DATOS AMBIENTALES	18
CÓDIGO DE BARRAS DE LA VIDA	20
<i>Análisis Estadístico</i>	23
RESULTADOS	25
DETERMINACIÓN TAXONÓMICA Y CÓDIGO DE BARRAS DE LA VIDA.....	25
ANÁLISIS ECOLÓGICO	29
<i>Análisis estacional y nictímero de Lutjanus griseus</i>	29
<i>Análisis estacional y nictímero de Lutjanus synagris</i>	34
INFLUENCIA DE LAS VARIABLES AMBIENTALES	38
<i>Influencia sobre Lutjanus griseus</i>	39
<i>Influencia sobre Lutjanus synagris</i>	42
DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES	65
ANEXO	67
BIBLIOGRAFÍA	75

Resumen

El actual conocimiento de la distribución y abundancia del grupo de peces pertenecientes a la familia Lutjanidae, conocidos como pargos, en diversos cuerpos acuáticos parece ser incompleto. Entre los cuerpos acuáticos en que habitan los pargos están las lagunas costeras, ecosistemas que utilizan para la crianza y el reabastecimiento de sus poblaciones. Dichos sitios están sometidos a la influencia de diversas variables ambientales, las cuales también pueden repercutir en la distribución de abundancia de los pargos. Con el fin de contribuir al conocimiento de la diversidad y ecología de las especies de pargos en la laguna costera La Mancha, Veracruz, inicialmente se implementó una caracterización molecular (uso del Código de Barras de la Vida) y taxonómica (análisis morfológico). En relación con los aspectos ecológicos, se realizaron análisis estadísticos para evaluar cuáles variables ambientales presentan influencia significativa en la distribución. Asimismo, para las especies más abundantes se evaluó la variación estacional y nictímera en abundancia. Se encontraron en La Mancha seis especies de pargos, las cuales (en orden de mayor a menor abundancia) son: *Lutjanus griseus*, *L. synagris*, *L. analis*, *L. jocu*, *L. cyanopterus* y *Ocyurus chrysurus*. Colocándose así como la laguna costera más diversa en especies de pargos en el estado de Veracruz. Los patrones de distribución y abundancia mensuales de *L. griseus* fueron significativos y están influenciados por la temperatura, salinidad, precipitación y temperatura ambiental. Similarmente, los patrones de distribución y abundancia mensuales de *L. synagris* también fueron significativos y están influenciados por las mismas variables ambientales anteriores y por el oxígeno disuelto. Se encontró evidencia de que ciertas especies tienen tendencias estenotermas (*L. analis* y *L. jocu*), eurihalinas (*L. jocu*) y estenohalinas (*L. analis*). Mientras que *O. chrysurus* parece regirse por condiciones de alta salinidad. No se encontró evidencia de que los patrones de distribución y abundancia nictímeros de los pargos fueran significativos, pero se pudo apreciar una mayor presencia durante noche.

Abstract

The current knowledge about the distribution and abundance of the fish group belonging to Lutjanidae family (known as snappers), seems to be incomplete in many aquatic systems. Among the aquatic systems that snappers inhabit are the coastal lagoons, which they are used for the breeding and the restocking. Such sites are undergoing to influence of several environmental variables, which can have an effect on the distribution and abundance of snappers. In order of contribute to the knowledge about the diversity and ecology of snappers species in the coastal lagoon La Mancha, Veracruz, first was implemented a molecular characterization (using the DNA Barcode) and a taxonomic characterization (morphologic analyses). Regarding the ecology of the species, statistical analyses were made for evaluate which environmental variables have significant influence in the distribution. Likewise, for the most abundant species the seasonal and diel variation in abundance was evaluated. In La Mancha were found six species of snappers, which (from higher to lower abundance) are: *Lutjanus griseus*, *L. synagris*, *L. analis*, *L. jocu*, *L. cyanopterus* and *Ocyurus chrysurus*. Thus, this system is the most diverse in species of snappers, of all the coastal lagoons of Veracruz. The seasonal patterns of distribution and abundance of *L. griseus* were significant and are influenced by water temperature, salinity, rainfall, and environmental temperature. Similarly, the seasonal patterns of distribution and abundance of *L. synagris* were significant and are influenced by the same environmental variables and by dissolved oxygen. Evidence demonstrated that the species have stenothermal (*L. analis* and *L. jocu*), euryhaline (*L. jocu*) and stenohaline (*L. analis*) tendencies, whilst *O. chrysurus* appears to be governed by high salinity conditions. No evidence was found about significance about diel patterns of distribution and abundance of snappers; however, it was observed greater occurrence during night.

Introducción

Los peces que pertenecen a la familia Lutjanidae se distribuye en regiones tropicales y subtropicales, a través de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Nelson, 2006). Particularmente, en el Atlántico, se encuentran a lo largo de la costa sureste de los Estados Unidos de América, en las Bermudas, en el Golfo de México y en el mar Caribe (Sadovy *et al.*, 1994). El Golfo de México se caracteriza por su amplia plataforma continental, la cual representa 30% de la superficie total de esta región y se extiende hasta alcanzar 220 km de ancho frente a la costa de Louisiana, E.U.A., y 290 km frente a las costas del suroeste de Florida, E.U.A., y al norte de la Península de Yucatán, México, (Rabalais *et al.*, 1999). Estas grandes extensiones de plataforma continental representan las principales zonas de explotación comercial de especies de la familia Lutjanidae (Stevenson, 1981).

Los miembros de esta familia son comúnmente conocidos como pargos y típicamente habitan fondos rocosos y coralinos de la plataforma continental, también se les encuentra en áreas de manglar y algunas veces en cauces bajos de ríos (especialmente los juveniles), ya que en ellos pueden esconderse y obtener su alimento (Acero & Garzón, 1985; Allen, 1985; Anderson, 2001). Puede hallárseles desde la zona litoral hasta más allá de los 200 m de profundidad, varias especies pueden colonizar otros ambientes como estuarios y praderas de pastos marinos o presentarse sobre los fondos blandos. Su actividad es principalmente nocturna pero, en ocasiones, llegan a buscar alimento tanto en el día como en la noche (Acero & Garzón, 1985).

La familia Lutjanidae incluye 4 subfamilias (Lutjaninae, Paradicichthyinae, Etelinae y Apsilinae), 17 géneros y 110 especies, algunas especies habitan en ambientes marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Eschmeyer & Fong, 2016); además, se sabe que los juveniles de muchas especies marinas entran a aguas salobres y dulces (Allen, 1985; Nelson, 2006). La costa Atlántica de América ocupa el segundo lugar a nivel mundial en abundancia de géneros (7) y de especies (19) de Lutjanidae (Druzhini, 1970).

Estos peces son grandes depredadores con un papel importante en su ecosistema (España, 2003) y enfocan sus preferencias alimenticias hacia crustáceos y peces pequeños, estableciéndose como parte importante de las redes tróficas (Acero & Garzón, 1985). La mayoría de sus especies crecen lentamente y son longevos (de 20 a 30 años de vida) (Polovina & Ralston, 1987). Los miembros de esta familia presentan gran importancia recreativa y comercial, al ser uno de los mayores recursos de la pesquería marina (Sadovy *et al.*, 1994; Resende *et al.*, 2003; Nelson, 2006).

Lo anterior representa la importancia que tiene la familia Lutjanidae como modelo biológico de estudio. Es por ello que gran parte de los estudios realizados acerca de la familia Lutjanidae se han basado principalmente en su descripción taxonómica y morfológica, así como en su distribución geográfica. A partir de ello, se han generado diversas claves taxonómicas, entre ellas las más conocidas son: *FAO Species Catalogue. Vol. 6. Snappers of the world* (Allen, 1985) y *Lutjanidae* (Anderson, 2001). También han sido elaboradas bases de datos con información de la biología,

genética, ecología, distribución geográfica, datos de colectas y aprovechamiento económico de dichos organismos. Por mencionar algunas de las bases más conocidas están: *Catalogue of Life*, *Encyclopedia of Life*, *FishBase*, *FishBoL*, *BOLD* *GenBank* y *CBOL*.

En general, la identificación de especies es una tarea complicada debido a: la gran diversidad del planeta, la presencia de gran cantidad de taxa, polimorfismos en algunas especies y que se presentan a lo largo de su ciclo vital, la plasticidad fenotípica, así como la falta de taxónomos especializados en organismos (Stoeckle & Hebert, 2008). Dentro de la familia Lutjanidae, previamente han sido encontradas incongruencias morfológicas, especialmente con ejemplares de talla pequeña, que dificultan la identificación taxonómica a nivel de especie. Para ayudar a resolver esta problemática se han empleado herramientas de caracterización molecular con el fin de confirmar la identidad de estos organismos (Constante-Pérez, 2014). Para este trabajo se consideró adecuada y robusta la combinación de una identificación taxonómica tradicional y una caracterización molecular para obtener una precisa identificación de las especies de pargos. Además, esto puede permitir enriquecer el conocimiento de especies registradas en el sistema de estudio.

Las herramientas de caracterización molecular de organismos requieren de ciertas técnicas propias de la Biología Molecular. Entre las técnicas más utilizadas están: la amplificación por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) y la secuenciación de fragmentos de ADN. La PCR permite duplicar un número ilimitado de veces un fragmento de ADN en un tubo de ensayo. Mediante ella pueden generarse millones

de moléculas idénticas en pocas horas, a partir de una molécula de ADN molde, ADN polimerasa, nucleótidos trifosfato, pequeñas cadenas de nucleótidos que actúan como cebadores o *primers* (Sambrook & Russell, 2001) y un equipo termociclador. A partir de esta técnica surge una herramienta conocida como *DNA Barcode* (Código de barras de la vida o Código de barras del ADN) que se implementa para conocer, por medio del análisis de secuencias, la identidad de especies pertenecientes a cualquiera de los tres dominios conocidos (Eucarya, Archaea y Bacteria) (Hebert *et al.*, 2003). El Código de barras de la vida consiste en identificar especies a partir de la secuencia obtenida de un fragmento estándar de ADN (Stoeckle & Hebert, 2008). A la fecha han sido estandarizadas, como Códigos de barras, distintas regiones de genomas de una gran cantidad de taxones. De estas, la secuencia del gen mitocondrial denominada citocromo oxidasa subunidad I (COI, por sus siglas en inglés) se utiliza en la identificación de la mayoría de los taxones del reino animal. Se utiliza usualmente COI dado que dicha región presenta una alta tasa de sustitución, lo cual significa que exhibe alta variación interespecífica de su secuencia, aún entre taxa del mismo género (Hebert *et al.*, 2003; Luo *et al.*, 2011).

Con la implementación de esta herramienta se han logrado avances importantes en el estudio de la biodiversidad, ya sea identificando especies conocidas, diferenciando especies crípticas, incluyendo taxones poco conocidos, incluso reconociendo especies aún no descritas; todo ello, a partir de muestras de organismos, los restos de los mismos pueden ser una buena fuente de ADN (Hebert *et al.*, 2003; Pawlowski *et al.*, 2012; Yoccoz, 2012; Zhang & Hanner, 2012).

Además, la identificación por secuenciación ha sido el método molecular más utilizado por su rapidez, reproducibilidad y potencial para la comparación, descripción, categorización y explicación de la biodiversidad, esto en conjunto con la (Bruns *et al.*, 1991; Geller *et al.*, 2010); además, dado que auxilian a la identificación taxonómica tradicional, mejoran la calidad de resultados (Janzen *et al.*, 2009).

Por otro lado, son múltiples los factores que pueden determinar la presencia de especies de peces en determinados sistemas (anteriormente se mencionaron los factores del tipo de hábitat). Las variables ambientales como: salinidad, temperatura y oxígeno disuelto presentes en el agua de los sistemas podrían ayudar a dar respuesta (evaluadas a través de análisis estadísticos), a la presencia de estas especies en ciertas temporadas del año o en ciertas horas a lo largo del día. De hecho, algunos autores han encontrado que este tipo de variables ambientales influyen, ya sea de forma directa o inversa, sobre la diversidad de especies, analizando tales influencias a lo largo de un año o a lo largo de un día (Cyrus & Blaber, 1992; Tremain & Adams, 1995; Fraser, 1997; Castillo-Rivera *et al.*, 2005).

Este tipo de variables puede influir de diversas formas sobre distintos ambientes acuáticos como lagunas costeras, bahías, mar abierto, etc. Siendo estos primeros sitios importantes para la crianza y reclutamiento de muchas especies de peces (Gillanders *et al.*, 2003; Nelson, 2006). Específicamente en aguas del Golfo de México se han reportado especies de los géneros *Etelis*, *Lutjanus*, *Ocyurus*, *Pristipomoides* y *Rhomboplites*, figurando el género *Lutjanus* como el más diverso en esta zona y en especial dentro de lagunas costeras sin que se hayan evaluado los

factores que determinan su distribución y abundancia (Anderson, 2001; Lara-Domínguez *et al.*, 2011).

Por lo anterior, es necesario evaluar si la fluctuación de las variables ambientales en la laguna costera conocida como La Mancha es una posible respuesta a la presencia y abundancia de especies de pargos encontradas en este estuario. Por lo cual resultaría de gran importancia conocer cómo y cuáles de estas variables influyen sobre la diversidad, distribución y abundancia de las especies de la familia Lutjanidae en dicho sistema acuático.

Antecedentes

Existen ciertos estudios acerca de la diversidad de especies de pargos y sobre su ecología, aunque pocos han tenido como objetivo la laguna La Mancha, Veracruz. Entre los cuales pueden mencionarse los siguientes:

Para la porción Centro Occidental del Océano Atlántico, Anderson (2001) reconoció 18 especies de pargos, 11 de las cuales pertenecen al género *Lutjanus*. Mientras que Lara-Domínguez *et al.* (2011) registraron un total de 12 especies de pargos presentes en aguas del estado de Veracruz, distribuidas en los siguientes géneros: *Lutjanus*, *Ocyurus*, *Pristipomoides* y *Rhomboplites*.

Particularmente para la laguna La Mancha, Veracruz, Moreno-Casasola (2006), Lara-Domínguez *et al.* (2011) y Martínez *et al.* (2012) han reportado la presencia de únicamente dos especies del género *Lutjanus*: *L. apodus* y *L. griseus*. Cabe aclarar

que tales reportes están basados en un estudio comparativo entre diversas lagunas costeras del estado de Veracruz.

También se han realizado estudios utilizando técnicas de Biología molecular acerca de pargos, como el llevado a cabo por Rodríguez-Santiago y Aurea (2009) para proponer una filogenia (mediante análisis *Neighbor Joining* e Inferencia Bayesiana) y describir la diversidad de especies de la comunidad de pargos pertenecientes a la Cuenca del Caribe; con secuencias de la región mitocondrial ARNr 12S. Los resultados indicaron presencia de 15 especies en total; los ejemplares larvarios se distribuyeron en siete especies. Es importante aclarar que ningún estudio de carácter filogenético o sobre especies crípticas ha sido realizado en la laguna La Mancha.

Dado que la laguna La Mancha se encuentra dentro del sitio Ramsar No. 1336 denominado La Mancha - El Llano (lo cual implica criterios de valor como hábitat y fuente de alimentación de especies, riqueza de las mismas, diversidad genética, entre otros) su conservación y uso racional resulta una tarea de suma importancia (Frazier, 1999; Moreno-Casasola & Salinas, 2007). Para ello, pueden realizarse estudios que combinen técnicas taxonómicas y moleculares que ayuden a identificar especies endémicas, además de incluir estudios ecológicos para ayudar a conocer más sobre su historia de vida.

Lo anterior sentó los precedentes acerca del conocimiento de la diversidad de la familia Lutjanidae en la laguna La Mancha, Veracruz y del tipo de estudios que han sido llevados a cabo acerca de la misma. Por lo cual se planteó el siguiente cuestionamiento.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la composición de especies de la familia Lutjanidae, que habitan la laguna La Mancha y cómo influyen las variables ambientales en los patrones de distribución y abundancia temporal de estas especies?

Hipótesis

- I. Dado que se han encontrado ciertas incongruencias en claves de identificación taxonómica, el uso del Código de barras de la vida ayudará a determinar si los caracteres taxonómicamente importantes reportados en estas claves son adecuados para conocer la identidad de las especies de pargos encontrados en la laguna La Mancha.
- II. Debido a que se tienen ejemplares juveniles de pargos que por su pequeño tamaño y sobreposición de caracteres presentan dificultad para ser reconocidos por medio de claves taxonómicas, el Código de barras de la vida auxiliará en la identificación adecuada de dichos ejemplares.
- III. Las fluctuaciones estacionales en las variables ambientales podrán influir en los patrones de distribución y abundancia estacionales de las especies de pargos encontradas en la laguna a lo largo del año. Asimismo, considerando que esta familia es principalmente depredadora nocturna, se espera que su actividad (reflejada en su captura) sea mayor durante la noche.

Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la diversidad, distribución y abundancia de especies de la familia Lutjanidae de la laguna La Mancha, Veracruz, por medio de su caracterización molecular, morfológica y ecológica.

Objetivos particulares

- Identificar las especies que componen a la comunidad de la familia Lutjanidae en la laguna La Mancha por medio de sus caracteres morfológicos usando diferentes claves taxonómicas.
- Conocer y confirmar la identidad de cada especie de pargo encontrada en la laguna La Mancha a partir de las secuencias del Código de barras de la vida.
- Analizar las variaciones estacionales y nictímeras en la distribución y abundancia de las especies de pargos en la laguna La Mancha y su relación con la hora del día, la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto.

Material y Métodos

Área de estudio

La laguna La Mancha, localizada en el municipio de Actopan, Veracruz, con coordenadas 19° 35' 16.42" N y 96° 23' 10.88" O, posee una superficie de 135ha y mide aproximadamente 3 km de longitud. Tiene una barra que la separa del mar la

cual, de manera natural, tiende a permanecer cerrada en época de secas y a abrirse durante la época de lluvias (Moreno-Casasola, 2006).

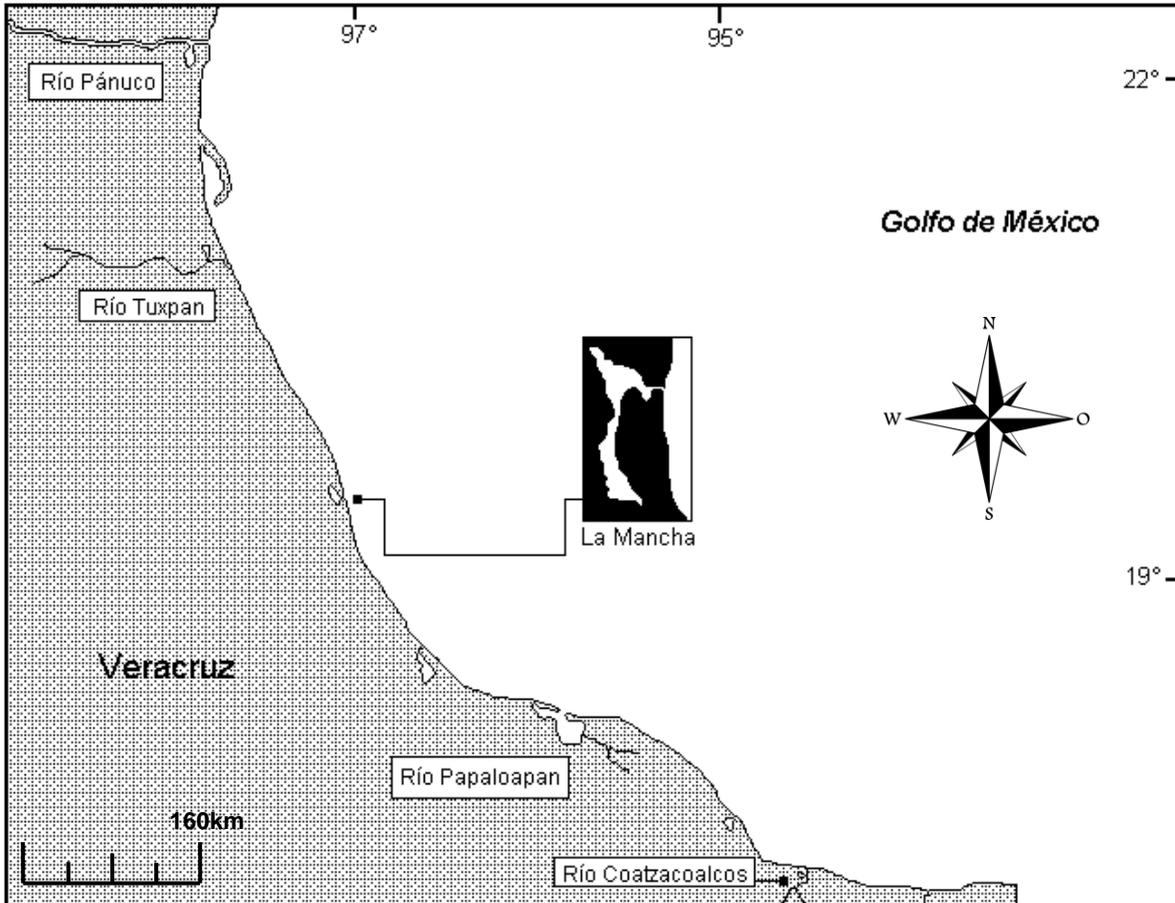


Figura 1. Ubicación de la laguna La Mancha, Veracruz (UAM-Iztapalapa, 2014)

Recolecta de material biológico, procesamiento y obtención de datos ambientales

Durante un año, de septiembre 2012 a agosto 2013, mensualmente se realizaron ciclos de muestreos nictímeros mensuales (con su correspondiente réplica, Figura 1), tomando muestras cada dos horas (288 colectas en total). El criterio empleado para seleccionar el día de muestreo fue realizarlo durante la fase de luna nueva, esto con

el fin de maximizar las diferencias entre luz y oscuridad. La captura se realizó manualmente con un chinchorro playero de 37.1 m de largo y 1.20 m de profundidad, con luz de malla de 1cm. Simultáneamente, se midieron y registraron datos ambientales como: hora, salinidad (con un refractómetro Atago S-10E), temperatura y oxígeno disuelto (con un oxímetro YSI 550). Los puntos donde se realizaron los muestreos se ubicaron aproximadamente a 250 m (cuando no había barra formada) y a 150 m (cuando había barra), ambos, respecto a la distancia del límite interno de la barra de la laguna.

Para obtener las muestras de ADN, a algunos ejemplares colectados se les removió la mayor parte de aleta caudal y esta se colocó dentro de microtubos para centrifuga, de 1.5 ml de capacidad debidamente etiquetados, con etanol absoluto para conservar los tejidos.

Al resto de ejemplares se les sacrificó al introducirlos en una mezcla de agua de la laguna con aceite de clavo (se prepararon 9 partes de aceite de clavo por una de alcohol al 94%, se tomaron 2 ml de esta mezcla y este volumen se adicionó por cada 5 litros de agua lagunar). Posteriormente estos ejemplares fueron fijados en formol al 10%, dejándose así por 3 días; a los ejemplares que se les removió la aleta caudal se les sacrificó directamente en esta solución. En el laboratorio, los peces colectados se lavaron con agua corriente y se dejaron en este mismo tipo de agua por 1 día, volviendo a repetir este paso al día siguiente; posteriormente se conservaron en etanol al 70%.

Una vez realizado este protocolo de preservación, todos los organismos capturados se determinaron taxonómicamente, a nivel de especie, de acuerdo con las claves de Allen (1985) y Anderson (2001). Además, se contabilizó la abundancia en número y en peso para cada muestreo.

Código de barras de la vida

Se obtuvo la secuencia del COI de los ejemplares que mostraron problemas de identificación taxonómica, así como de un ejemplar de cada especie de pargo encontrada, el cual presentó menor número de incongruencias taxonómicas. El protocolo implementado para realizar la extracción del ADN genómico total de los ejemplares se describe a continuación:

I. Preparación de las muestras

A los ejemplares seleccionados para obtener muestras de ADN, se les tomaron medidas corporales (longitud patrón y longitud total) y fotografías en fresco para tener un registro de los especímenes y así poder comparar sus caracteres.

Todos los métodos y análisis moleculares se realizaron en el Laboratorio Divisional de Biología Molecular de la UAM-I.

II. Extracción de ADN

Este protocolo se basó en una extracción con sales (modificado de Lopera-Barrero *et al.*, 2008), el cual consistió de 3 fases:

- Lisis

Se cortó un pequeño fragmento de la aleta caudal conservada en etanol absoluto y se colocó la muestra de tejido en un microtubo para centrifuga de 1.5 ml y se dejó secar a temperatura ambiente. Posteriormente se agregaron 410 μ l de buffer de extracción, 90 μ l de SDS (10%) y 15 μ l de proteinasa K (10 ng/ml). La mezcla se homogeneizó por alrededor de 30 segundos con un vórtex y se dejó incubar de 2 a 3 horas a 55°C.

- Precipitación

Los tubos, con las muestras, se centrifugaron a 14,000 rpm durante 10 minutos y se conservó el sobrenadante en un tubo nuevo. Después, se añadieron 200 μ l de cloruro de sodio (5M) y se mezcló invirtiendo los tubos hasta homogeneizar. Se centrifugaron las muestras a 14,000 rpm por 10 minutos y se conservó el sobrenadante en un tubo nuevo. Se agregaron 60 μ l de acetato de sodio (3M) y 650 μ l de isopropanol frío (100%) y se incubó a -20°C alrededor de 12 horas.

- Lavado y resuspensión

Las muestras se centrifugaron a 14,000 rpm por 10 minutos conservándose el precipitado (*pellet*). Se agregaron 200 μ l de etanol (80%) y se mezcló manualmente, durante una hora se mantuvo en refrigeración esta mezcla. Se volvió a centrifugar a 14,000 rpm durante 5 minutos, se conservó el precipitado y se dejó secar a 36°C por al menos una hora. El precipitado se resuspendió

añadiendo 50 µl de agua (grado mili Q) y se calentó (≈55°C) por 15 minutos hasta disolver el precipitado y se mezcló para homogeneizar.

Los productos de la extracción se verificaron por medio de electroforesis en un gel de agarosa al 0.8% y se cuantificaron en espectrofotómetro Nanodrop 2000.

III. Amplificación por PCR de región mitocondrial COI (Lee et al., 1995)

Para la técnica de PCR, cada reacción se realizó en un volumen de 25µl el cual constó en una mezcla de: 12.5 µl de Go Taq Green Master Mix (PROMEGA), 1.0 µl de cebador (*primer*) COI F1 (TGTAACGACGGAAGACATTGGCAC) (10 nM), 1.0 µl de cebador COI R1 (CAGGAAACAGCTACGAAGAATCAGAA) (10 nM), 0.3 µl de cloruro de magnesio (25 nM), 9.2 µl de ddH₂O y 1.0 µl de ADN (50 ng/µl). Esta técnica se realizó en un termociclador, Corbett Research modelo CG1-96, con una desnaturalización inicial por 2 minutos a 94°C, seguida por 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 40 segundos a 52°C y 60 segundos a 72°C, y una elongación final de 10 minutos a 72°C. Los productos de la extracción y de la PCR se verificaron por medio de electroforesis en un gel de agarosa al 0.8%. Los amplicones fueron purificados con un kit de purificación de ADN, marca MO BIO.

IV. Secuenciación de fragmentos de ADN e identidad de especies

Los amplicones purificados fueron secuenciados por medio de la técnica de Sanger con *Big Dye Terminator* en un equipo ABI Prism 3130 XL (McGrath, 2014).

Las secuencias se alinearon por medio del editor de secuencias BioEdit para comparar los Códigos de barras de los especímenes analizados, su identidad fue verificada con la Base de Datos del Código de barras de la vida (*BOLD*, por sus siglas en inglés) y de la misma se reportaron los respectivos porcentajes similitud, así como las distancias genéticas empleando el criterio planteado por Rock *et al.* (2008) para la interpretación de las mismas.

Se realizó la comparación de cada secuencia obtenida (o Código) con una de referencia de BOLD para verificar su identidad. También se realizó una comparación adicional entre las secuencias de las diferentes especies, calculando las divergencias de las secuencias (o distancias genéticas) usando el modelo *K2P* (Kimura 2-Parámetros) en el programa MEGA 6 (Kumar *et al.*, 2004).

Las secuencias obtenidas para cada especie se depositaron en el GenBank y se obtuvieron las respectivas claves de acceso.

Análisis Estadístico

En el análisis de la distribución y abundancia, para cada variable biológica se usó un Análisis de Varianza (ANDEVA) de dos vías para comparar las respuestas estacionales y nictímeras, así como la interacción entre estos dos factores. En los casos que mostraron diferencias significativas, se realizaron múltiples comparaciones con una prueba de Tukey. Para describir la posible asociación entre variables y la abundancia se utilizó la correlación de Spearman (Siegel & Castelan, 1988). Esto último se hizo con las variables registradas *in situ* de la laguna La Mancha y con dos grupos de variables ambientales de carácter histórico-regional, un grupo relacionado

con la precipitación (precipitación normal, precipitación máxima mensual, número de días con precipitación y precipitación máxima por día) y otro grupo relacionado con la temperatura (temperatura ambiental máxima normal, temperatura ambiental máxima mensual, temperatura ambiental máxima por día, temperatura ambiental promedio normal, temperatura ambiental mínima normal, temperatura ambiental mínima mensual y temperatura ambiental mínima por día).

Como herramienta auxiliar para la interpretación el análisis de correlación de Spearman se usó una interpretación modificada de Martínez-Ortega (2009).

En todas las pruebas estadísticas se consideró un $\alpha = 0.05$ y fueron realizadas en el programa estadístico SPSS ver. 17.0.

Resultados

Determinación taxonómica y Código de barras de la vida

Se obtuvo un total de 205 ejemplares colectados para el periodo de septiembre de 2012 a agosto de 2013, de los cuales 204 pertenecen al género *Lutjanus* y solamente uno pertenece al género *Ocyurus*.

Al respecto, fueron identificadas morfológicamente seis especies distribuidas en: 95 individuos de la especie *L. griseus*, 79 de *L. synagris*, 18 fueron de *L. analis*, 11 de *L. jocu*, pertenecientes a *L. cyanopterus* solamente dos individuos y uno solo de la especie *Ocyurus chrysurus*.

Durante la identificación taxonómica se encontraron caracteres morfológicos que causaron incertidumbre para alcanzar el nivel de especies de algunos ejemplares de pargos. Los caracteres que generaron mayor incertidumbre fueron: punto oscuro bajo aleta dorsal, forma de los dientes vomerinos y forma de la aleta anal.

El primero consiste en la presencia o ausencia de un punto oscuro en cada costado del organismo y que se encuentra por debajo de los radios dorsales; tal punto además debe cumplir una relación de proporción en la cual más, o menos, de un cuarto de su tamaño se extiende por debajo de la línea lateral.

El segundo se refiere a si los dientes vomerinos tienen, o no, una extensión posterior que los hace asemejarse a la forma de un ancla; aunque se confirmó la presencia de estos dientes, apreciar la forma de los mismos resultó imposible.

El tercero indica que la aleta anal debe tener forma redondeada o angular (puntiaguda), y causa conflicto debido a que es posible encontrar individuos de talla pequeña (aproximadamente 4cm en longitud patrón) con aleta redondeada, los cuales normalmente deberían tener aleta anal en forma angular.

De los 205 pargos encontrados, 13 ejemplares solamente pudieron ser identificados a nivel de género *Lutjanus*. La dificultad en la identificación de estos ejemplares radicó, principalmente, en los caracteres descritos anteriormente y al tamaño pequeño de los organismos; por tales razones fue necesaria la identificación con el Código de barras de la vida, las secuencias de ADN de estos Códigos tuvieron una longitud aproximada de 590pb. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos respecto a este análisis.

Tabla 1. Lista de organismos identificados por medio de BOLD (Especie BOLD), con sus respectivas claves utilizadas en laboratorio (Clave UAM-I), el porcentaje de identidad (% identidad), las distancias genéticas con las secuencias de BOLD (Distancia) y las secuencias de referencia utilizadas (Referencia).

Clave UAM-I	Especie BOLD	Distancia	% identidad	Referencia
6A2-005	<i>L. analis</i>	0.000	100	HQ162376.1
6A6-007(bis)	<i>L. analis</i>	0.000	99.8	HQ162376.1
6A6-017	<i>L. analis</i>	0.000	100	GU225349.1
6A6-017(bis)	<i>L. analis</i>	0.002	99.8	JQ841252.1

7A2-012	<i>L. analis</i>	0.000	100	HQ162376.1
7A2-013	<i>L.analis</i>	0.002	99.8	HQ162376.1
7A2-014	<i>L. analis</i>	0.000	100	HQ162376.1
7A2-015	<i>L. analis</i>	0.000	100	FJ998454.1
7A6-032	<i>L. synagris</i>	0.000	100	KF461199.1
7B7-033	<i>L. analis</i>	0.000	100	HQ162376.1
7B7-034	<i>L. analis</i>	0.000	100	JQ842200.1
7A10-040	<i>L. synagris</i>	0.000	100	JQ841932.1
7A10-041	<i>L. analis</i>	0.005	100	HQ162376.1

El porcentaje de identidad indica qué tan similares son los organismos a las especies con que se les identificó según la base de datos de BOLD, cuanto más se acerque el porcentaje a 100, mayor será su similitud con la especie y viceversa. Mientras que las distancias genéticas son otro indicador de similitud, en el cual los valores cercanos a cero indicarán alta similitud y cercanos a uno indicarán baja similitud.

Los números de acceso proporcionadas por GenBank de cada secuencia, por especie de pargo, se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2):

Tabla 2. Lista de las seis especies de pargo registradas en la laguna La Mancha, con sus claves asignadas en el laboratorio (Clave UAM-I) y por GenBank (Clave GenBank). Porcentajes de identidad (% identidad), distancias genéticas (Distancia) y secuencias de referencia utilizadas (Referencia).

Clave UAM-I	Clave GenBank	Especie	Distancia	% identidad	Referencia
5A2-001	KU314762	<i>L. griseus</i>	0.002	99.8	KF461196.1
6A2-005	KU314763	<i>L. analis</i>	0.000	100	HQ162376.1
6A8-025	KU314764	<i>O. chrysurus</i>	0.000	100	KF461208.1
7A6-032	KU314765	<i>L. synagris</i>	0.000	100	KF461200.1
5B12-007	KX119130	<i>L. jocu</i>	0.000	100	JQ840141.1
8A7-015	KX119131	<i>L. cyanopterus</i>	0.000	99.8	FJ998469.1

Tabla 3. Matriz de distancias genéticas de las seis especies de pargos registradas en la laguna La Mancha.

	<i>L. griseus</i>	<i>L. analis</i>	<i>O. chrysurus</i>	<i>L. synagris</i>	<i>L. jocu</i>	<i>L. cyanopterus</i>
<i>L. griseus</i>	---					
<i>L. analis</i>	0.109	---				
<i>O. chrysurus</i>	0.107	0.056	---			
<i>L. synagris</i>	0.120	0.043	0.071	---		
<i>L. jocu</i>	0.037	0.105	0.109	0.118	---	
<i>L. cyanopterus</i>	0.121	0.115	0.139	0.124	0.128	---

En la tabla 3 se muestran las distancias genéticas interespecíficas de las seis especies de pargos encontradas. Esta tabla indica que, comparativamente, *L. cyanopterus* exhibe las distancias genéticas más grandes respecto a las demás especies, mientras que *L. analis* posee las distancias genéticas menores en relación al resto de especies. Es importante resaltar el hecho de que la especie *O. chrysurus* presentó una distancia genética considerablemente pequeña con relación a *L. analis*.

Análisis Ecológico

Análisis estacional y nictímero de *Lutjanus griseus*

Las especies más abundantes se seleccionaron para realizar los análisis estadísticos, estas fueron *L. griseus* y *L. synagris*:

El Análisis de Varianza de dos vías implementado permitió evaluar la variación estacional y nictímera de la abundancia en número (expresada como la raíz cuadrada de cada especie capturada por muestreo) de *L. griseus*. En cuanto a la variación estacional se encontraron diferencias significativas entre los meses del muestreo. Respecto a la variación nictímera, ésta mostró que no existen diferencias significativas con la abundancia de la especie. Y en cuanto a la interacción de los dos factores anteriores, el Análisis de Varianza mostró que tampoco difiere significativamente con la abundancia de esta especie (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de la suma de cuadrados, grados de libertad (g.l.), suma de cuadrados medios, estadístico (F) y probabilidad (Prob.) relativos a la abundancia en número de *L. griseus*.

	Suma de cuadrados	g.l.	Suma de cuadrados medios	F	Prob.
Mes	12.20	11	1.11	5.02	< 0.001
Hora	3.62	11	0.33	1.49	0.140
Mes * hora	31.05	121	0.26	1.16	0.193
Error	31.79	144	0.22	.	

Tras aplicar una prueba Tukey se evidenció que el periodo de noviembre a marzo y el mes de septiembre difirieron significativamente con el mes de julio; además, el periodo de noviembre a marzo fue significativamente distinto a los meses de junio y julio. En las figuras 2 y 3 puede observarse el comportamiento estacional y nictímero (respectivamente) de la distribución y abundancia de *L. griseus*.

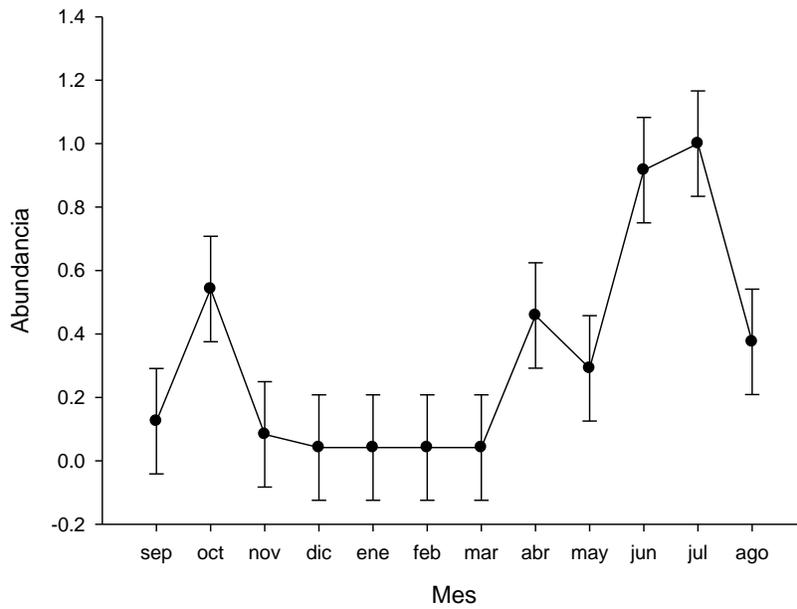


Figura 2. Valores mensuales promedio, con su error estándar, de la abundancia en número de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

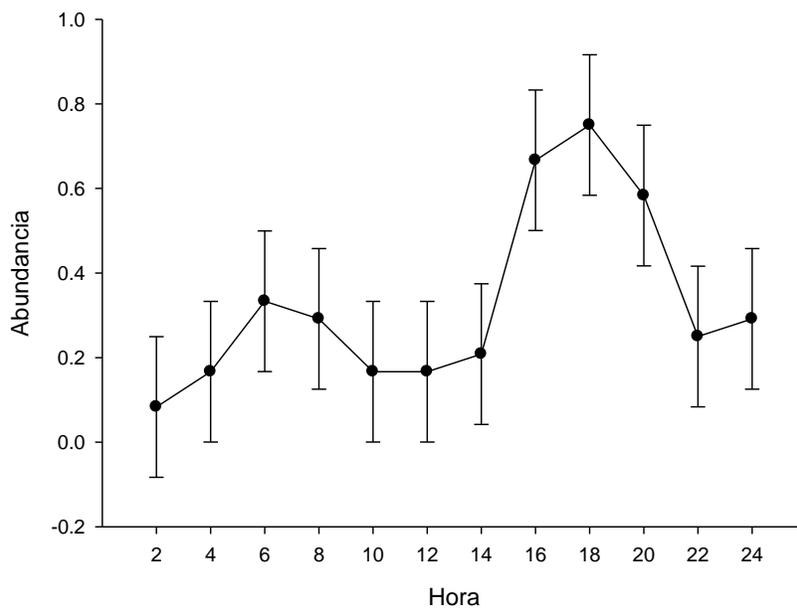


Figura 3. Valores promedio por hora, con su error estándar, de la abundancia de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

Un Análisis de Varianza de dos vías para la abundancia en peso (o biomasa, expresada como el logaritmo, base 10, de cada especie capturada por muestreo), de *L. griseus*, mostró diferencias significativas en cuanto a los meses de muestreo. Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre las horas del muestreo, ni entre la interacción de tales factores (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de la suma de cuadrados, grados de libertad (g.l.), suma de cuadrados medios, estadístico (F) y probabilidad (Prob.) relativos a la biomasa de *L. griseus*.

	suma de cuadrados	g.l.	suma de cuadrados medios	F	Prob.
Mes	16.02	11	1.46	3.42	< 0.001
Hora	5.08	11	0.46	1.09	0.378
Mes * hora	57.19	121	0.47	1.11	0.272
Error	61.26	144	0.43	.	

La prueba Tukey evidenció que la biomasa de los meses de diciembre y enero fue significativamente menor a la de julio.

En las figuras 4 y 5 puede apreciarse el comportamiento de la biomasa por mes y hora, respectivamente, de *L. griseus* a lo largo del año de estudio.

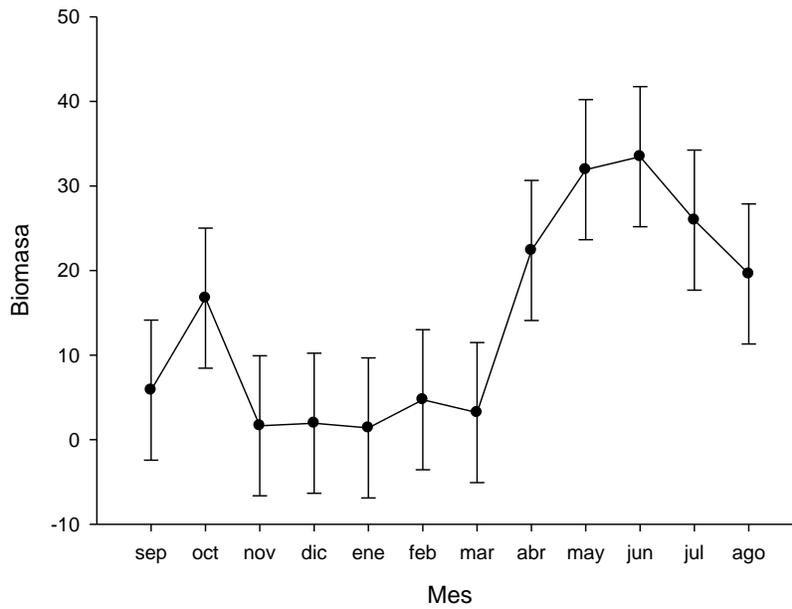


Figura 4. Valores mensuales promedio, con su error estándar, de la biomasa de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

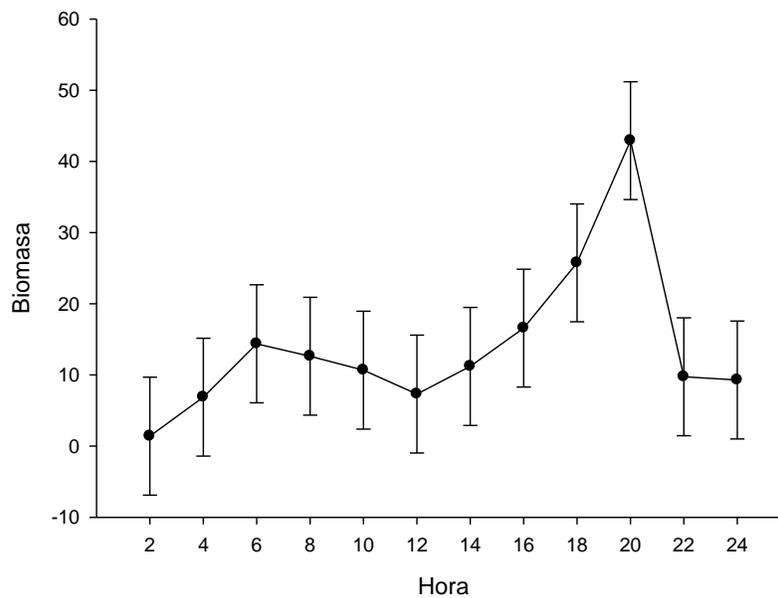


Figura 5. Valores promedio por hora, con su correspondiente error estándar, de la biomasa de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

Análisis estacional y nictímero de *Lutjanus synagris*

Un Análisis de Varianza de dos vías evaluó la abundancia, en número, de *L. synagris* por mes y hora de muestreo. Dicho análisis mostró que existen diferencias significativas entre los meses de muestreo. Respecto a la hora, no mostró diferencias significativas con la abundancia de la especie. En cuanto a la interacción de los factores anteriores, el Análisis de Varianza tampoco mostró diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de la suma de cuadrados, grados de libertad (g.l.), suma de cuadrados medios, estadístico (F) y probabilidad (Prob.) relativos a la abundancia de *L. synagris*

	suma de cuadrados	g.l.	suma de cuadrados medios	F	Prob.
Mes	12.37	11	1.13	4.42	< 0.001
Hora	1.43	11	0.13	0.51	0.894
Mes * hora	23.88	121	0.20	0.78	0.926
Error	36.67	144	0.26	.	

La respectiva prueba de Tukey demostró que la abundancia en los meses de septiembre y octubre, así como el periodo de diciembre a mayo, fue significativamente diferente a la abundancia en los meses de julio y agosto. En las figuras 6 y 7 pueden observarse el comportamiento mensual y por hora, respectivamente, de la abundancia de *L. synagris*.

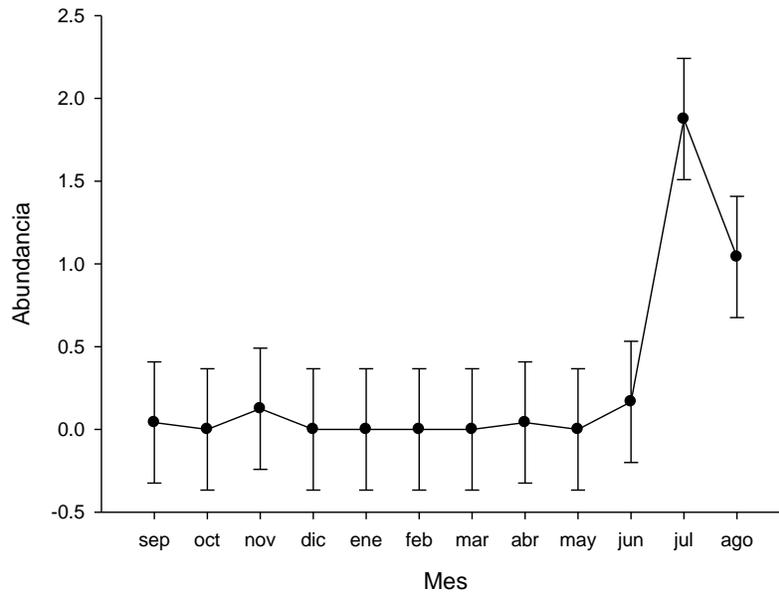


Figura 6. Valores mensuales promedio, con su error estándar, de la abundancia de *L. synagris* en la laguna La Mancha.

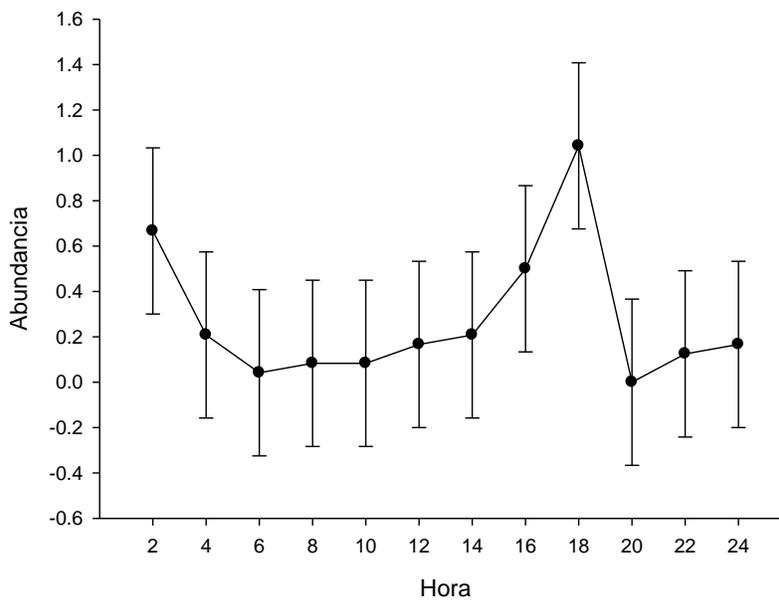


Figura 7. Valores promedio por hora, con su error estándar, de la abundancia de *L. synagris* en la laguna La Mancha.

Un análisis de Varianza de dos vías utilizado para evaluar la biomasa de *Lutjanus synagris*, en relación a los meses y horas de muestreo, también mostró diferencias significativas en relación a los meses de muestreo.

Las horas de muestreo no mostraron diferencias significativas respecto a la biomasa de la especie. Del mismo modo, no se encontraron diferencias significativas en la interacción de los meses y las horas del muestreo (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de la suma de cuadrados, grados de libertad (g.l.), suma de cuadrados medios, estadístico (F) y probabilidad (Prob.) relativos a la biomasa de *L. synagris*

	suma de cuadrados	g.l.	suma de cuadrados medios	F	Prob.
Mes	4.45	11	0.40	4.62	< 0.001
Hora	0.95	11	0.09	0.99	0.461
Mes * hora	8.45	121	0.07	0.80	0.901
Error	12.61	144	0.09		

Una prueba de Tukey demostró que la biomasa de *L. synagris* durante el mes de agosto es significativamente mayor a las biomásas registradas en los meses de septiembre a mayo. En las figuras 8 y 9 puede apreciarse el comportamiento de la biomasa mensual y por hora, respectivamente, de dicha especie.

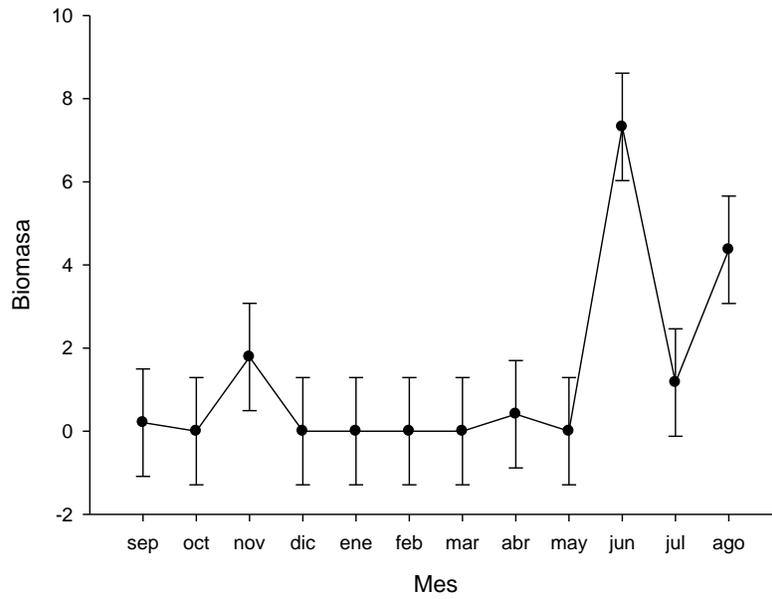


Figura 8. Valores mensuales promedio, con su error estándar, de la biomasa de *L. synagris* en la laguna La Mancha.

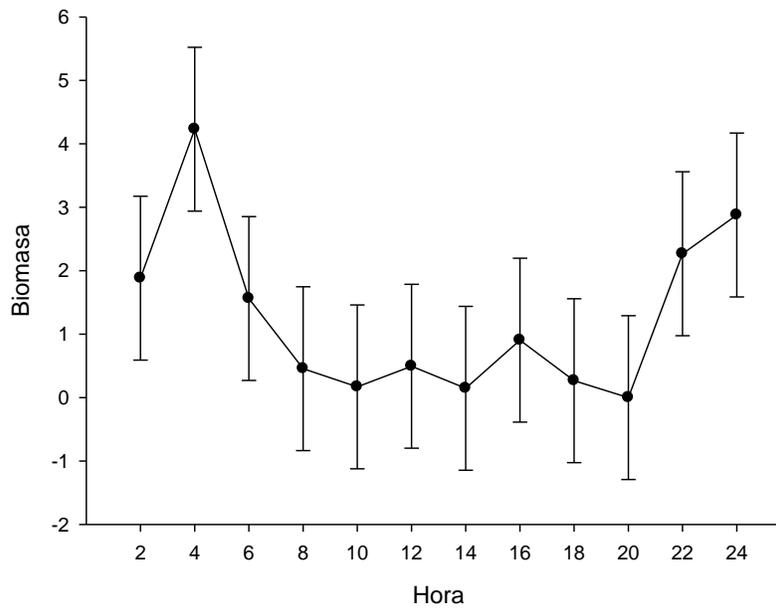


Figura 9. Valores promedio por hora, con su error estándar, de la biomasa de *L. synagris* en la laguna La Mancha.

La tabla 8 resume los resultados de significancia de cada ANOVA realizado respecto a los patrones de abundancia y biomasa de las especies de pargos analizadas.

Tabla 8. Resumen de significancia de los ANOVA acerca de la abundancia y biomasa de *L. griseus* y *L. synagris* por meses, horas e interacción.

	Mes	Hora	Interacción
<i>L. griseus</i>			
Abundancia	Significativa	No significativa	No significativa
Biomasa	Significativa	No significativa	No significativa
<i>L. synagris</i>			
Abundancia	Significativa	No significativa	No significativa
Biomasa	Significativa	No significativa	No significativa

Influencia de las variables ambientales

La interpretación utilizada para el Análisis de Correlación de Spearman se muestra en la tabla 9 y se realizó con el fin de aumentar la precisión descriptiva de los resultados.

Tabla 9. Intervalos de los coeficientes de correlación de Spearman con sus respectivas interpretaciones. Modificado de Martínez-Ortega (2009).

Intervalo	Interpretación
0 – 0.09	Asociación nula
0.10 – 0.25	Asociación escasa
0.26 – 0.50	Asociación débil
0.51 – 0.75	Asociación moderada
0.76 – 0.99	Asociación fuerte
1.00	Asociación perfecta

Influencia sobre *Lutjanus griseus*

El Análisis de Correlación de Spearman indicó asociaciones directas y significativas de la abundancia de *L. griseus* con las variables registradas *in situ*, temperatura ($r_s= 0.297$, $n= 288$, $p< 0.001$) y salinidad ($r_s= 0.191$, $n= 288$, $p= 0.001$) de la laguna. Por otro lado, el oxígeno disuelto no tuvo asociación significativa con la abundancia de esta especie ($r_s= -0.085$, $n= 288$, $p= 0.151$). Respecto a la biomasa de *L. griseus*, la correlación de Spearman mostró asociaciones directas y significativas con la temperatura ($r_s= 0.293$, $n= 288$, $p< 0.001$) y con la salinidad ($r_s= 0.179$, $n= 288$, $p= 0.002$) de la laguna. Por otro lado, el oxígeno disuelto no tuvo asociación significativa con la abundancia de esta especie ($r_s= -0.081$, $n= 288$, $p= 0.169$).

Tabla 10. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de precipitación respecto a la abundancia de *L. griseus*. Se indican: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Precipitación	r_s	n	p
normal	0.282	288	< 0.001
máxima por día	0.237	288	< 0.001
número de días con precipitación	0.223	288	< 0.001
máxima mensual	0.198	288	= 0.001

Tabla 11. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de precipitación respecto a la biomasa de *L. griseus*. Indicando: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Precipitación	r_s	n	p
normal	0.273	288	< 0.001
máxima por día	0.229	288	< 0.001
número de días con precipitación	0.215	288	< 0.001
máxima mensual	0.193	288	= 0.001

Con respecto a las variables histórico-regionales relacionadas con la precipitación, todas mostraron asociación significativa con la abundancia de *L. griseus* (Tabla 10): la precipitación normal mostró la mayor correlación y la máxima mensual la menor correlación. Y las variables que mostraron asociación significativa con la biomasa de

L. griseus fueron las mismas que en el caso anterior (Tabla 11): precipitación normal tuvo la mayor correlación y la máxima mensual la menor.

Todas las variables histórico-regionales con la de temperatura ambiental analizadas tuvieron asociación directa y significativa con la abundancia de *L. griseus* (Tabla 12). Siendo la temperatura mínima por día la de mayor correlación y la temperatura máxima mensual la de menor correlación.

Tabla 12. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de temperatura ambiental respecto a la abundancia de *L. griseus*. Se indican: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Temperatura ambiental	r_s	n	p
mínima por día	0.286	288	< 0.001
máxima por día	0.278	288	< 0.001
promedio normal	0.275	288	< 0.001
máxima normal	0.275	288	< 0.001
mínima normal	0.266	288	< 0.001
mínima mensual	0.257	288	< 0.001
máxima mensual	0.234	288	< 0.001

De igual manera, con la biomasa de *L. griseus* todas estas variables presentaron asociación directa y significativa (Tabla 13): la temperatura máxima normal fue la

variable con la mayor correlación, mientras que la variable temperatura máxima mensual tuvo la menor correlación.

Tabla 13. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de temperatura respecto a la biomasa de *L. griseus*. Se indican: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Temperatura ambiental	r_s	n	p
máxima normal	0.272	288	< 0.001
máxima por día	0.271	288	< 0.001
promedio normal	0.271	288	< 0.001
mínima por día	0.271	288	< 0.001
mínima normal	0.263	288	< 0.001
mínima mensual	0.254	288	< 0.001
máxima mensual	0.233	288	< 0.001

Influencia sobre *Lutjanus synagris*

La correlación de Spearman mostró asociaciones directas y significativas de la abundancia de *L. synagris* con la temperatura ($r_s= 0.193$, $n= 288$, $p= 0.001$) y con la salinidad ($r_s= 0.202$, $n= 288$, $p= 0.001$); con el oxígeno disuelto ($r_s= -0.140$, $n= 288$, $p= 0.017$) de la laguna la asociación fue significativa pero inversa. Respecto a la biomasa de *L. synagris*, la correlación mostró asociaciones directas y significativas con la temperatura ($r_s= 0.187$, $n= 288$, $p= 0.001$) y con la salinidad ($r_s= 0.199$, $n= 288$,

p= 0.001), con el oxígeno disuelto se encontró una asociación significativa, pero inversa, con la abundancia de la especie ($r_s = -0.143$, $n = 288$, $p = 0.015$).

Respecto a las variables histórico-regionales relacionadas con la precipitación que tuvieron asociación significativa con la abundancia de *L. synagris* (Tabla 14): las variables precipitación normal y número de días con precipitación mostraron las mayores correlaciones, mientras que la precipitación máxima mensual exhibió la menor correlación.

Tabla 14. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de precipitación respecto a la abundancia de *L. synagris*. Se indican: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Precipitación	r_s	n	p
normal	0.324	288	< 0.001
número de días con precipitación	0.324	288	< 0.001
máxima por día	0.295	288	< 0.001
máxima mensual	0.284	288	< 0.001

Y de las variables de precipitación que tuvieron asociación significativa con la biomasa de *L. synagris* (Tabla 15): precipitación normal y número de días con precipitación tuvieron la mayor asociación y precipitación máxima mensual la menor.

Tabla 15. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de precipitación respecto a la biomasa de *L. griseus*. Indicando: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Precipitación	r_s	n	p
normal	0.319	288	< 0.001
número de días con precipitación	0.319	288	< 0.001
máxima por día	0.297	288	< 0.001
máxima mensual	0.284	288	< 0.001

Entre las variables histórico-regionales relacionadas con la temperatura ambiental y con asociación significativa respecto la abundancia de *L. synagris* (Tabla 16): la temperatura mínima por día tuvo la mayor correlación, y la temperatura máxima mensual la menor correlación entre tales variables.

Tabla 16. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de temperatura respecto a la abundancia de *L. synagris*. Se indican: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Temperatura ambiental	r_s	n	p
mínima por día	0.320	288	< 0.001
mínima mensual	0.240	288	< 0.001
máxima normal	0.233	288	< 0.001
promedio normal	0.233	288	< 0.001

mínima normal	0.227	288	< 0.001
máxima mensual	0.167	288	= 0.004

Con la biomasa de *L. synagris* estas variables se correlacionaron de forma similar (Tabla 17): temperatura mínima por día fue la variable con la mayor asociación, mientras que temperatura máxima mensual tuvo la menor asociación.

Tabla 17. Resumen del Análisis de Correlación de Spearman de las variables de temperatura respecto a la biomasa de *L. synagris*. Indicando: valor del estadístico (r_s), número de datos analizados (n) y probabilidad (p).

Temperatura ambiental	r_s	n	p
mínima por día	0.321	288	< 0.001
mínima mensual	0.245	288	< 0.001
máxima normal	0.237	288	< 0.001
promedio normal	0.237	288	< 0.001
mínima normal	0.232	288	< 0.001
máxima mensual	0.171	288	= 0.004

A pesar de que para las cuatro especies restantes no fue conveniente realizar análisis estadísticos, se realizó una comparación entre los valores máximos y mínimos relativos a las variables ambientales registradas *in situ* en todo el año de estudio y de aquellos muestreos en que fueron capturados ejemplares de cada

especie (incluyendo a las dos especies más abundantes), pudiéndose observar que las diferencias más grandes están en: la salinidad a la que fue encontrada *L. analis* y la temperatura y a la que fue encontrada *L. cyanopterus*.

Tabla 18. Valores máximo, mínimo, promedio y coeficiente de variación (CV) de temperatura de la laguna y a los que fueron capturadas las seis especies de pargos.

	Laguna	<i>L. griseus</i>	<i>L. synagris</i>	<i>L. analis</i>	<i>L. jocu</i>	<i>L. cyanopterus</i>	<i>O. chrysurus</i>
Máximo	34.70	34.70	33.80	34.10	33.50	27.00	27.10
Mínimo	20.90	20.90	24.10	27.10	24.60	26.60	
Promedio	27.32	28.23	29.20	31.41	28.25	26.80	
CV	11.42	10.39	8.95	8.67	9.98	1.06	

Tabla 19. Valores máximo, mínimo, promedio y coeficiente de variación (CV) de salinidad de la laguna y a los que fueron capturadas las seis especies de pargos.

	Laguna	<i>L. griseus</i>	<i>L. synagris</i>	<i>L. analis</i>	<i>L. jocu</i>	<i>L. cyanopterus</i>	<i>O. chrysurus</i>
Máximo	40.00	40.00	39.00	39.00	37.00	34.10	40.00
Mínimo	8.00	8.00	15.00	27.00	10.00	12.00	
Promedio	25.24	28.46	31.28	33.00	28.06	23.05	
CV	36.19	30.09	15.88	10.59	31.48	67.64	

Tabla 20. Valores máximo, mínimo, promedio y coeficiente de variación (CV) del oxígeno disuelto de la laguna y a los que fueron capturadas las seis especies de pargos.

	Laguna	L. <i>griseus</i>	L. <i>synagris</i>	L. <i>analís</i>	L. <i>jocu</i>	L. <i>cyanopterus</i>	O. <i>chrysurus</i>
Máximo	8.00	7.60	7.60	7.50	7.50	5.10	4.00
Mínimo	2.50	2.70	2.60	3.80	3.80	3.50	
Promedio	5.32	5.16	4.91	5.35	5.11	4.30	
CV	20.11	21.46	18.28	23.98	21.69	26.31	

En el Anexo (ver después de las Conclusiones) se muestra una representación gráfica del comportamiento mensual de las abundancias y biomásas de las especies *L. griseus* y *L. synagris*, en comparación con el comportamiento mensual de los parámetros ambientales registrados *in situ* de la laguna La Mancha.

En las tablas 18, 19 y 20 (gráficamente representadas por las figuras 20, 21 y 22, respectivamente, ver Anexo) puede observarse cómo es que las variables ambientales registradas *in situ* en La Mancha afectarían (de forma general) la presencia de las diferentes poblaciones de pargos, los valores máximo y mínimo ayudan a reconocer, superficialmente, si la presencia de cada población está, o no, restringida por tales variables. Por otra parte, el CV es una indicador de la tolerancia de las poblaciones de pargos a las variables ambientales; así, altos valores (≥ 20.00) significarán que determinada población soporta un amplio intervalo de fluctuación en

las variables ambientales, mientras que entre más bajo sea el valor del CV (< 20.00) el margen de tolerancia será más estrecho (Estimación e interpretación, 2008).

En general, todas las especies de pargos en La Mancha presentan poca tolerancia a fluctuaciones en las variables ambientales debido a sus bajos valores de CV (< 20.00). Aún así, puede observarse que la población de *L. griseus* soporta una variación más amplia de la temperatura del agua de la laguna respecto a las demás especies; por ejemplo, la presencia de *L. analis*, *L. synagris* y *L. jocu* se ve más limitada por la temperatura. La población de *L. cyanopterus*, aparentemente sería la más restringida por la temperatura, aunque esto podría deberse a que solamente dos organismos conforman a dicha población y su CV fue muy alto (67.54); además, los valores máximo y mínimo a los que fueron capturados se alejan bastante del máximo y mínimo relativos a la laguna, por lo que no son resultados suficientemente representativos. En el caso del único registro de *O. chrysurus* no aplica intervalo alguno (Tabla 18). Lo anterior implicaría que las abundancias de las especies menos comunes también podrían estar significativamente influenciadas por la temperatura en La Mancha.

En cuanto a la salinidad, ésta parece tener una influencia más heterogénea sobre la presencia de todas las especies de pargos. *L. analis*, dado que su presencia se restringió a un intervalo salino bastante estrecho (especie con tendencia estenohalina) con relación a sus valores extremos, su CV es el más bajo y es prueba de su poca tolerancia a cambios en la salinidad del agua. De forma similar el CV de *L. synagris* la ubica como una especie con tendencia estenohalina. En contraste, las

especies *L. griseus* y *L. jocu* se presentaron en un intervalo salino similar al intervalo anual de la laguna, además su CV indica que tienen una amplia tolerancia a la variación de la salinidad. Probablemente la salinidad sí tenga influencia sobre la presencia de *O. chrysurus* ya que el único registro de esta especie coincide con el máximo valor de salinidad registrado en la laguna. Fue *L. cyanopterus* la que mostró el CV más alto de todas las poblaciones; al respecto, se argumenta que la población no está bien representada con tan solo dos ejemplares y que sus valores extremos están considerablemente alejados a los de la laguna (Tabla 19).

Las poblaciones de *L. griseus* y *L. synagris* se encontraron en un intervalo de poca variación del oxígeno disuelto, para *L. cyanopterus* esta variación fue más estrecha; sin embargo, fueron las poblaciones de *L. griseus*, *L. analis* y *L. jocu* las que sugieren tener tolerancia amplia a los cambios en el oxígeno disuelto del agua. Solamente *L. synagris* presentó poca tolerancia a esta variable, lo cual es congruente con el análisis de correlación que indicó que el oxígeno disuelto tiene una asociación significativa inversa (Tabla 20).

Mientras que *L. cyanopterus* sí mostró amplia tolerancia, los individuos de esta especie se encontraron dentro del intervalo más estrecho de valores de oxígeno disuelto, los resultados son poco fehacientes para dos organismos.

Discusión

Diversidad de pargos en la laguna La Mancha

En este estudio se reconoció la presencia de seis especies de pargos en la laguna La Mancha, 5 especies más de las que se tenían registradas con anterioridad, la cual, al encontrarse en la Zona Intertropical, es propicia para encontrar una alta diversidad íctica. Lo anterior obedece a los planteamientos de diversidad íctica de McHugh (1967) y Hedgpeth (1967), quienes demuestran que esta diversidad resulta menor en estuarios de zonas templadas y es mayor conforme los estuarios se alejan de dichas zonas. El primer autor registró 37 especies de peces en la Bahía de Chesapeake, mientras que el segundo registró 90 especies en el Golfo de México y más de 150 en el Golfo de Nicoya; las cuales se encuentran en un gradiente norte-sur, el primero se encuentra en una zona templada, el segundo se ubica muy cercano al Trópico de Cáncer y el tercero está totalmente dentro de la Zona Intertropical del planeta. Además, Travers *et al.* (2006) realizaron una serie de muestreos a lo largo de la costa noroccidental de Australia, en el cual encontraron que las especies de peces de esta línea costera presentaron marcadas variaciones en sus abundancias, predominando las especies más abundantes en los sitios de muestreo más cercanos a la Zona Intertropical, entre ellas dos especies de la familia Lutjanidae.

Así, al ubicarse La Mancha en una posición geográfica intermedia del estado de Veracruz, en los sistemas estuarinos al sur de esta laguna (más internos a la Zona Intertropical) podría encontrarse una diversidad íctica similar o inclusive mayor a la

diversidad de La Mancha si en ellos se implementara un método de muestreo más representativo de los patrones de distribución nictímera de los peces.

Pérez-Hernández & Torres-Orozco (2000) afirman que un mayor esfuerzo de captura, reflejado en el uso de distintas artes de pesca y en la ubicación de puntos de muestreo en sitios con características que generen diferentes microhábitats, aumentarían significativamente los listados ictiofaunísticos de la mayoría de los sistemas estuarino-lagunares de México; a esto podría sumarse la implementación de muestreos con carácter nictímero.

Con los resultados obtenidos La Mancha es actualmente la laguna costera con la mayor diversidad de pargos del estado de Veracruz, dado que los estudios más recientes sobre la ictiofauna de las lagunas costeras encontradas a lo largo de dicho estado han registrado cinco especies de pargos como máximo. Específicamente Lara-Domínguez *et al.* (2011) registraron cinco especies en las lagunas Tampamachoco, Laguna Grande y Alvarado; mientras que en La Mancha únicamente reportaron a dos especies. Comparativamente, en este estudio el muestreo de alta frecuencia explicaría porque en el listado proporcionado por Lara-Domínguez *et al.* (2011) no fue reportada la presencia de las cinco especies de pargos que se encontraron en La Mancha.

Determinación taxonómica y Código de barras de la vida

Es importante entender porqué se encontró una gran cantidad de casos donde los caracteres de importancia taxonómica presentaron diferencias al identificar los ejemplares capturados de cada especie de pargos. En primer lugar, los 13

organismos que presentaron mayor dificultad para ser identificados presentaron una característica común que es su talla pequeña (15 – 62 mm de longitud patrón), lo que permite deducir que las especies *L. analis* y *L. synagris*, en sus estadios más tempranos de vida, presentan rasgos morfológicos muy similares entre sí, al menos esta semejanza entre tales especies se presenta en la laguna La Mancha. La evidencia a esta idea se sustenta en los altos valores del porcentaje de identidad mostrados en la tabla 1. Al respecto, Lindeman *et al.* (2006) y Zemlak *et al.* (2009) mencionan que la identificación de pargos alrededor de sus estadios de vida más tempranos es complicada debido a la similitud merística y morfológica de algunas especies, propiciando que ciertas especies fácilmente sean confundidas entre sí. En segundo lugar, la información disponible para la identificación de pargos en sus estadios juveniles es un tanto restringida; por ejemplo, para las 11 especies del género *Lutjanus* sólo existe información publicada de siete especies (entre las que figuran *L. griseus*, *L. synagris*, *L. analis* y *O. chrysurus*). Aunque esta información puede resultar muy útil debe tenerse en cuenta que para la diagnosis de los organismos dicha literatura se basa en la combinación de caracteres como: presencia y tamaño de las espinas dorsales y pélvicas, pigmentaciones corporales y de la masa visceral; y tipo de margen de las aletas dorsales (Lindeman *et al.*, 2006). Tales caracteres, en peces juveniles y colectados con el chinchorro (arte de pesca por arrastre), resultaron difíciles de observar debido a su reducido tamaño o fueron imposibles de observar debido a que el arrastre produjo lesiones que los deformaron; esto último se observó también en adultos. Ante tal problemática se sugiere que se ensayen muestreos con diferentes artes de pesca y así elegir aquél que proporcione

un tamaño de muestra similar a la obtenida por chinchorro y que dañe lo menos posible a los organismos colectados. En cuanto a las pigmentaciones, no lograron apreciarse debido a que los procesos de fijación y preservación, con diferentes sustancias químicas, provocaron su pérdida parcial o completa. Respecto a esto último, se considera que podría ser útil realizar un registro fotográfico en campo para analizar estos caracteres posteriormente en el laboratorio.

Debido a la problemática anterior fue necesario identificar a los ejemplares conflictivos con el Código de barras de la vida, permitiendo así la identificación del total de organismos capturados durante todo el año de muestreo; esta complementariedad entre tipos de identificación, o diagnóstico de especies, permite que el trabajo del taxónomo tradicional se vea mejorado (Dayrat, 2005). Incluso, Packer *et al.* (2009) y Kneibelsberger *et al.* (2014) indican que el Código de barras provee resultados en situaciones donde la taxonomía tradicional no llega a dar resultados plenamente satisfactorios.

Cabe aclarar que la base de datos BOLD fue seleccionada para comparar los Códigos de barras de los especímenes de este estudio debido a que dicha base posee librerías de referencia establecidas, publicadas y aceptadas ampliamente (Costa *et al.*, 2012). La disponibilidad de estas secuencias comprende, al menos, un tercio de todas las especies de peces descritas. Tales secuencias tienen la aprobación del sitio web *Fish Barcode of Life*, cuya base de datos permite una verificación cruzada de la información que recibe, de tal modo que proporciona registros congruentes y no ambiguos de cada especie registrada (FISH-BOL).

Las librerías de secuencias de referencia del ADN evitan la ambigüedad morfológica encontrada desde los estados larvarios hasta peces adultos (entre otros taxones). Así, las librerías de BOLD ayudan a la identificación taxonómica de una manera rápida confiable y precisa, poniendo al alcance una herramienta de identificación de especies que no obliga al usuario a tener conocimiento profesional de taxonomía o morfología (FISH-BOL).

La certeza de los resultados de identificación en este estudio recae en la región de ADN que fue utilizada para obtener el Código de barras. Dicha región, conocida como COI, ha sido ampliamente aceptada como el código estándar para la diagnosis de especies pertenecientes al reino animal (Hebert *et al.*, 2003; Waugh, 2007). Además de que las librerías de secuencias de referencia de ADN, en el caso de animales, están basadas en secuencias de COI (Ratnasingham & Hebert, 2013). Inclusive, en diversos estudios, ha sido implementada esta región dada la confiabilidad que tiene para la identificación de especies de peces tanto de ambientes marinos como dulceacuícolas, así como en distintas regiones geográficas (Zhang & Hanner, 2012; Geiger *et al.*, 2014; Knebelsberg *et al.*, 2014); a pesar de haber sido empleada en peces habitantes de un ambiente estuarino, tales ventajas son aplicables debido a los altos porcentajes de identidad (> 99%) y a las bajas distancias genéticas (< 0.3%) encontradas. De hecho, Rock *et al.* (2008) consideran que las distancias genéticas representan una identificación confiable dado que se basan en el grado de divergencia molecular de las secuencias de ADN, el cual si es menor al 2% (ó 0.2 adimensional) indica que la divergencia es tan baja que las

secuencias pueden agruparse en una misma especie. Por lo que, tales valores, en todos los ejemplares analizados, resultaron ser muy confiables y es posible asegurar que la comunidad de peces de la familia Lutjanidae efectivamente se encuentra representada por, al menos, seis especies; esto sin importar el número de casos en los que se detectaron las incongruencias taxonómicas.

Cabe destacar que al calcular las distancias genéticas interespecíficas se obtuvo una distancia de 5.6% entre *O. chrysurus* y *L. analis*. Al respecto, era de esperarse que dicha distancia fuera mayor debido a que se trata de dos géneros distintos y a que se detectaron distancias genéticas mayores entre especies del mismo género (> 12%). Sin embargo, existen antecedentes que concuerdan con estos hallazgos, como el trabajo realizado por Veneza *et al.* (2014) quienes efectuaron una autenticación molecular de especies de pargos con los genes 5S y COI, encontrando que, específicamente, entre los géneros *Ocyurus* y *Lutjanus* se presentaron divergencias moleculares del 6.6 al 11.4%, considerando que la mayor divergencia calculada en dicho estudio fue del 12.7%. Por ello, se sugiere que a futuro se lleven a cabo estudios que ayuden a aclarar estas relaciones.

Por lo anterior, la combinación de herramientas de identificación taxonómica de especies vía caracteres morfológicos y moleculares robustece los resultados de este estudio, ya que el alto número de organismos con incongruencias taxonómicas encontradas podría ser motivo de confusión y conducir a errores de identificación. A pesar de los repetidos casos de incongruencia taxonómica la identificación taxonómica de la mayoría de ejemplares de pargos fue satisfactoria, mientras que en

otros casos fue necesaria la diagnosis molecular; posicionando al Código de barras de la vida como herramienta complementaria en la identificación de especies de pargos en La Mancha.

Análisis Ecológico e Influencia de las Variables Ambientales

De las seis especies registradas, *Lutjanus griseus* y *L. synagris* son las que predominan tanto en abundancia como en biomasa en la laguna (aunque cabe señalar que uno de los ejemplares de *L. cyanopterus* capturados tuvo la mayor biomasa que cualquier otro ejemplar de pargo), esto puede deberse a que las condiciones ambientales en las que habitan son un óptimo regulador de tales especies (Methven *et al.*, 2001; Castillo-Rivera, 2013).

Al respecto se sabe que, en general, la abundancia estacional de peces estuarinos es influenciada por la temperatura del medio (Hagan & Able, 2003; Harrison & Whitfield, 2006). Por ejemplo, Ayala-Pérez *et al.* (2012) indican que la abundancia íctica de la costa occidental de Campeche tiende a ser mayor conforme más cerca se encuentra de la costa, donde la temperatura del agua es mayor que hacia el mar abierto. También se ha demostrado, bajo condiciones de laboratorio, que el comportamiento de *L. griseus* se ve fuertemente influenciado por la temperatura (Wuenschel *et al.*, 2004); específicamente, 33°C es la temperatura máxima en la cual ha sido posible registrar actividad de tal especie (principalmente juveniles); además, a 18°C esta especie tiene un crecimiento lento, a 17°C el crecimiento puede llegar a ser negativo, mientras que a menos de 11°C la especie no puede sobrevivir (Starck & Schroeder, 1971). El gradiente térmico que se observa en La Mancha coincide con lo

antes explicado, dado que en los meses de menor temperatura registrada (noviembre a abril) se encontraron bajas abundancias de las especies *L. griseus* (20.9°C) y *L. synagris* (24.1°C), inclusive de diciembre a marzo dichas especies estuvieron prácticamente ausentes; mientras que en los meses de la mayor temperatura registrada (junio a agosto) las mismas especies tuvieron sus mayores abundancias, con temperaturas oscilando alrededor de los 34°C.

Con relación a la biomasa y la temperatura, Ayvazian *et al.* (1992) encontraron que ésta primera es mayor en los meses de verano y relativamente más baja durante el resto del año en ciertos estuarios de la costa este de los Estados Unidos, aunque en algunos otros estuarios de la misma región la mayor abundancia se puede observar a principios de primavera y durante el otoño. Para el caso de la biomasa de *L. griseus* los valores de biomasa considerablemente altos se encontraron desde mediados de primavera hasta mediados del otoño, siendo que los máximos valores se presentaron en un intervalo que va de mediados de primavera a principios del verano. En el caso de *L. synagris* los únicos valores considerados como altos se presentaron a mediados del verano, aunque comparativamente esto constituye un periodo bastante limitado, tales hallazgos, para las dos especies, son semejantes a los, ya citados, de Ayvazian *et al.* (1992).

Prosiguiendo con la variable de salinidad, Gunter (1967) y Hedgpeth (1967) sugieren que los peces se distribuyen en función de una relación con la condición óptima para su fisiología, León (1973) encontró que existe cierto gradiente el cual indica que la diversidad íctica se asocia de forma inversamente proporcional a la cercanía con

sistemas estuarinos y de forma directamente proporcional a la cercanía con el mar, tendencia que no se observa con la biomasa íctica. Además, Barletta *et al.* (2005) y Castillo-Rivera (2013) coinciden en que la salinidad es uno de los parámetros ambientales que influyen, de manera importante, a la abundancia y distribución temporal de especies de peces. Considerando lo anterior, en la laguna La Mancha se encontró que tanto la abundancia como la biomasa, mensuales, de las especies *L. griseus* y *L. synagris* presentan una asociación directa con la salinidad de la laguna; a pesar de que la biomasa sí tiene asociación directa con dichos parámetros cabe señalar que es una asociación escasa.

La relación que existe entre la biomasa íctica y la salinidad del agua ha sido poco discutida. Gunter (1961) afirma que la salinidad influye en la distribución de los peces marinos en función de su talla, de tal modo que conforme mayor sea la talla de estos organismos se moverán hacia aguas más salinas y con respecto a los peces de estuarios esta relación también se observa, pero con menor magnitud. Por su parte, Thiel *et al.* (1995) analizaron la relación entre la biomasa íctica estuarina y variables ambientales como la salinidad y el oxígeno disuelto del medio, encontrando que la primera es la que mejor explica la variación en la biomasa de los peces de forma estacional. La primera congruencia encontrada con nuestros resultados es que la salinidad está mejor asociada a la biomasa de *L. synagris* que el oxígeno disuelto, inclusive mejor que la temperatura con la cual tuvo una asociación directa. En el caso de *L. griseus* la salinidad, a pesar de explicar las variaciones estacionales en la

biomasa de esta especie, fue la variable temperatura aquella que explicó mejor tales variaciones.

Otra evidencia que ayuda a fundamentar el papel importante de la salinidad sobre la abundancia de especies es que algunos autores señalan que los ambientes hipersalinos sirven como áreas de crianza para varias especies de peces, principalmente para las marinas (Vega-Cendejas & Hernández, 2004; Peralta-Meixueiro & Vega-Cendejas, 2011); específicamente, Sales *et al.* (2016) estudiaron un estuario del noreste de Brasil en donde registraron valores de salinidad entre 30 y 50 UPS (Unidades Prácticas de Salinidad), dicho estuario se caracterizó por poseer abundancias altas de las familias Gerreidae, Lutjanidae y Tetraodontidae. A pesar de que las concentraciones de sal en La Mancha variaron de 8 a 40 UPS, las seis especies de pargos en esta laguna se encontraron también dentro del intervalo reportado por Sales y colaboradores. De hecho, un caso interesante es el de *O. chrysurus*, dicha especie es típica de arrecifes coralinos y probablemente la alta concentración de salinidad presente al momento de su captura fue decisiva para que este ejemplar entrara a la laguna; lo cual también explicaría la mayor afinidad de *L. synagris* por esta variable (Allen, 1985; FISHBASE). En resumen, la salinidad tiene una considerable influencia sobre la biomasa de algunas especies de pargos, en mayor o menor grado al compararse con otras variables ambientales.

En cuanto al oxígeno disuelto, dicho parámetro no tuvo influencia importante sobre la abundancia de las especies *L. griseus* y *L. synagris*, inclusive, las especies *L. analis*, *L. jocu*, *L. cyanopterus* y *O. chrysurus* fueron ampliamente encontradas en todo el

intervalo de oxígeno disuelto registrado de la laguna (2.5 - 8.0 mg/L). Esto indica que se trata de un parámetro ambiental que no restringe la presencia de pargos en el estuario; aunque, a concentraciones muy bajas (< 2 mg/L) podría propiciar condiciones de estrés (cambios en el comportamiento o en la composición de especies, disminución de la biomasa, entre otros) o, inclusive, mortandad de peces (Lui & Chen, 2012). Otro ejemplo digno de mención es el trabajo de Pomfret *et al.* (1991) quienes encontraron que si el oxígeno disuelto se encuentra a niveles menores a 5.0 mg/L en conjunto con temperaturas mayores a los 15°C se produce una limitación en los movimientos de los peces y por consiguiente la abundancia disminuye, lo cual sucedió en los meses de verano. Sin embargo, Thiel *et al.* (1995) demuestra que este caso no es equitativo para todas las especies de peces, ya que algunas parecen tener sus máximas abundancias, reflejadas en su biomasa, a concentraciones de oxígeno disuelto alrededor de 3.5 mg/L. En comparación con los resultados de este trabajo, los valores de oxígeno disuelto en la laguna fueron, casi siempre, iguales o mayores a los 5.0 mg/L y la temperatura más baja registrada, en todo el año, fue mayor a los 20°C, por lo que no se cumplen las condiciones que reportan Thiel y colaboradores; de hecho, tales valores coinciden con los meses correspondientes al verano (junio a septiembre), en los cuales se registraron las mayores abundancias de *L. griseus* y *L. synagris*. Lo anterior demuestra que el oxígeno disuelto puede tener una influencia muy variable sobre la abundancia de peces y es por ello que no afecta de manera importante a la abundancia de pargos en La Mancha.

Los hallazgos descritos acerca de los parámetros ambientales y su relación con la presencia de las cuatro especies menos abundantes en La Mancha podrían sugerir que *L. analis* presenta preferencias estenotermas (Tabla 18); en cuanto a preferencias por salinidad los resultados son más variables pero podría sugerirse que *L. jocu* tiene preferencias eurihalinas, mientras que *L. analis* y *O. chrysurus* parecen preferir condiciones estenohalinas con mayor tendencia a altas concentraciones de sal (Tabla 19). Al respecto, Arceo-Carranza y Vega-Cendejas (2009), Harrison y Whitfield (2006) y Castillo-Rivera (2013) coinciden en que las preferencias por la temperatura y la salinidad del ambiente son un factor de influencia sobre la distribución de peces. Como ya se mencionó, el oxígeno disuelto tiene fluctuaciones tan variables en la laguna que no se observó efecto en la laguna ni en la abundancia de las especies menos abundantes de pargos.

Los resultados de los análisis de correlación realizados indicaron que, a pesar de que dichas correlaciones son bajas, hay cierto efecto de la temperatura y la salinidad sobre la abundancia de las especies *L. griseus* y *L. synagris* a lo largo del año de estudio. Resultados similares fueron encontrados por Cruz y Averza (1979), en los que las correlaciones de los índices de diversidad, en poblaciones de peces estuarinos del Caribe Panameño, con los parámetros ambientales demostraron valores de asociación de débiles a moderados. Anteriormente ya se mencionaron los trabajos que respaldan la relación entre dichas temperaturas con la abundancia y distribución temporales de especies ícticas.

A pesar de haber incluido en los análisis de correlación a las variables histórico-regionales y de que sus coeficientes de correlación resultaran ser un poco más altos en comparación con las variables ambientales registrada *in situ*, los grados de asociación obtenidos fueron los mismos: de escasos a débiles; por lo que no constituyen una gran mejora para explicar la asociación de las variables ambientales a la abundancia de las especies de pargos. Aun así, la precipitación, al ser una variable estrechamente ligada con la salinidad y temperatura del agua de la laguna, potencialmente puede influir en la presencia de especies de peces según su afinidad fisiológica (Barletta *et al.*, 2005). Podría considerarse entonces el efecto indirecto que la precipitación tiene sobre la abundancia de peces ya que al influir directamente sobre variables como la turbidez y la productividad primaria, en época de lluvias provoca que éstas últimas aumenten generando eutrofización del medio y propiciando que las poblaciones de plancton aumenten (Castillo-Rivera, 2013); lo cual es benéfico para las poblaciones de peces ya que en los primeros estadios de vida su dentición no está bien desarrollada, por lo que en su dieta resulta muy importante la ingesta de plancton (Anderson, 2001). La temperatura histórico-regional no mostró diferencias importantes entre abundancias, aunque se pudo apreciar que las variables de precipitación tuvieron una asociación ligeramente mayor a las variables de temperatura; y tanto la precipitación como la temperatura mostraron una ligera ventaja en asociación con la abundancia y biomasa de *L. synagris*.

A nivel nictímero se encontró que no todas las especies de pargos en La Mancha están homogéneamente representadas en todo el muestreo. De hecho, especies

como *Lutjanus jocu*, *L. cyanopterus* y *O. chrysurus* presentan una distribución horaria muy restringida; la primera especie solamente fue encontrada de 06:00 a 10:00 horas y de 14:00 a 16:00 horas, la segunda de 04:00 a 06:00 horas, mientras que la última únicamente se registró a las 06:00 horas. Por su parte, *L. griseus*, *L. synagris* y *L. analis* están representadas en más de la mitad del muestreo nictímero. Estos resultados contrastan con otros estudios sobre diversidad íctica donde se realizan de dos a seis muestreos, como máximo, distribuidos a lo largo del día, los cuales no son muy representativos de su actividad y abundancia diaria.

Methven *et al.* (2001) realizaron un estudio acerca de la biodiversidad íctica a nivel nictímero, mensual y anual de un estuario de Terranova y Labrador, Canadá; su metodología nictímera se basó en realizar muestreos cada 12 a 13 horas.

Otra manera en que puede explicarse la presencia de las especies de peces con menor abundancia es la que proporcionan Mendoza *et al.* (2009), quienes señalan que el estado de la boca del estuario es de suma importancia sobre la presencia de ciertas especies de peces en las lagunas costeras, ya que al encontrarse abierta la boca del estuario, ya sea por la época de lluvias o por acción antrópica, se permite el libre tránsito de los organismos hacia dentro (y fuera) de la laguna ya sea para utilizarla como sitio de crianza o para la búsqueda de refugio o alimento.

Complementando la explicación anterior, Cervigón (1985) señala que un fuerte dinamismo diurno y estacional de las mareas en estuarios puede inferir en la presencia de especies que normalmente no se distribuyen en ciertos lugares y, por lo

tanto, modificar sus límites conocidos de distribución. Además del incremento en los listados ictiológicos debido a la continua mejora en el conocimiento de áreas.

Conservación

Por último, una temática no considerada para este trabajo (aunque estrechamente relacionada con el mismo) es la sobrepesca, dicha temática ha sido abordada ya por algunos autores, quienes enfatizan la necesidad de profundizar en la evaluación de la pesca de diferentes especies, del litoral de nuestro país, que son de importancia comercial (Villerías-Salinas *et al.*, 2012). De la misma forma, se recomienda preservar los ambientes estuarinos dada la dependencia de especies de peces juveniles hacia los éstos, los cuales proveen de recursos esenciales para su sobrevivencia y permiten el reabastecimiento de las poblaciones de peces adultos (Gillanders *et al.*, 2003; Kafayat *et al.*, 2015; Sales *et al.*, 2016). Así, integrando lo anterior con los hallazgos de este estudio, se recomienda priorizar la conservación de los ambientes estuarinos para mantener saludables las poblaciones de peces y mantener un equilibrio adecuado de éstas con la pesca comercial, artesanal y deportiva.

Conclusiones

Dentro de la laguna La Mancha, previamente a este trabajo, ya habían sido reportadas dos especies pertenecientes a la familia Lutjanidae, estas son: *Lutjanus griseus* y *L. apodus*. Mientras que en el presente estudio se registró la presencia de cinco especies más, las cuales son: *L. synagris*, *L. analis*, *L. jocu*, *L. cyanopterus* y *Ocyurus chrysurus*. Lo cual coloca, actualmente, a este estuario como el más diverso en especies de pargos en comparación con otras lagunas costeras del estado de Veracruz.

Los caracteres taxonómicamente importantes reportados en las claves taxonómicas que no concordaron plenamente con los ejemplares de pargos encontrados no fueron una gran limitante para la identificación de especies, pero sí fueron motivo de incertidumbre y dificultad para la identificación en ciertos casos.

En los ejemplares juveniles de pargos la mayor problemática para identificar especies no fue la sobreposición de caracteres taxonómicos, sino la dificultad al observar y distinguir caracteres, como la presencia o ausencia de un punto oscuro en los flancos del organismo, la existencia o no de una extensión posterior de los dientes vomerinos en el techo de la boca y la forma redondeada o angular de la aleta anal. Ante tal problemática el Código de barras de la vida auxilió de manera robusta a una adecuada y plena diagnosis, a nivel de especie, de ejemplares juveniles de la familia Lutjanidae.

Además, se sugiere que los caracteres mencionados, en futuros trabajos, sean analizados para integrar su variabilidad y así obtener claves de identificación más

adecuadas a las especies de la familia Lutjanidae que habitan en la laguna La Mancha.

Respecto al análisis de las variables ambientales y su influencia sobre los patrones de distribución y abundancia estacionales de las poblaciones de pargos, la temperatura y la salinidad demostraron influir directamente en los patrones de distribución y abundancia temporales de las especies *L. griseus* y *L. synagris*; exclusivamente en los patrones esta la última especie, el oxígeno disuelto influye de forma inversa.

Se observó también influencia directa de las variables histórico-regionales, de precipitación y temperatura, sobre los patrones de distribución y abundancia estacionales de *L. griseus* y *L. synagris*. Las demás especies registradas mostraron cierta adecuación a determinados intervalos de temperatura y salinidad de la laguna. *L. analis* y *L. jocu* y mostraron afinidad estenoterma; *L. analis* y *O. chrysurus* mostraron afinidad estenohalina; además, *L. jocu* mostró también tendencia eurihalina.

Los resultados de abundancia nictímera demostraron que hay una marcada actividad de las especies más abundantes de pargos, en esta laguna, en las horas crepusculares (06:00 y 18:00 hrs); además, de no ser por el muestreo nictímero de alta frecuencia que se utilizó, al menos, la mitad de las especies no habrían sido encontradas. A pesar de la destacada abundancia crepuscular, la mayor parte de capturas de pargos tuvo lugar durante la noche.

Anexo

Gráficos de comportamiento mensual correspondientes a *L. griseus*:

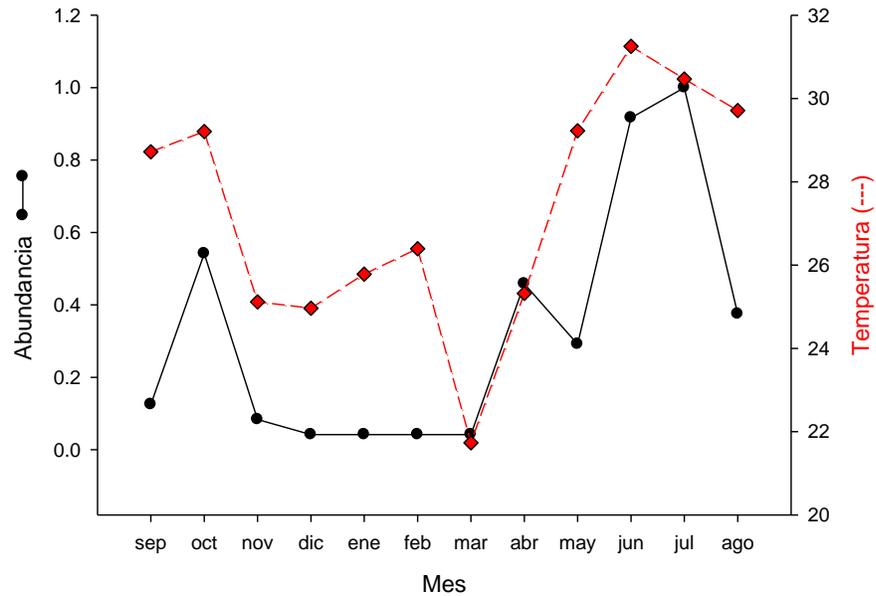


Figura 10. Comportamiento mensual de los promedios de la abundancia de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

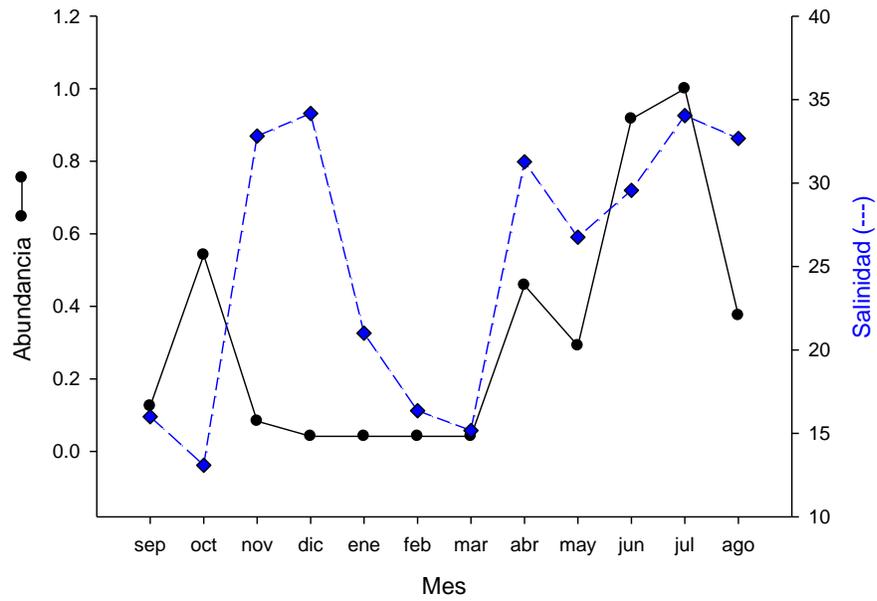


Figura 11. Comportamiento mensual de los promedios de la abundancia de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

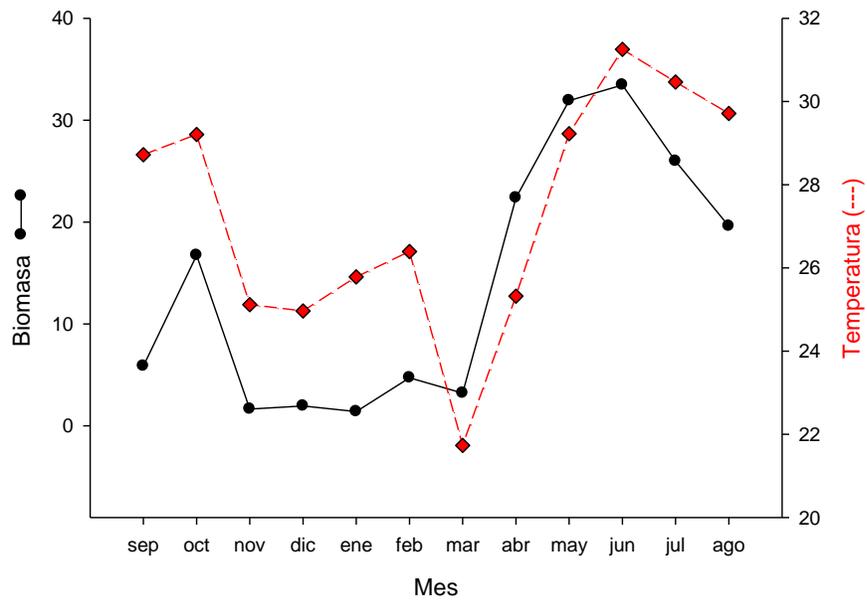


Figura 12. Comportamiento mensual de los promedios de la biomasa de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

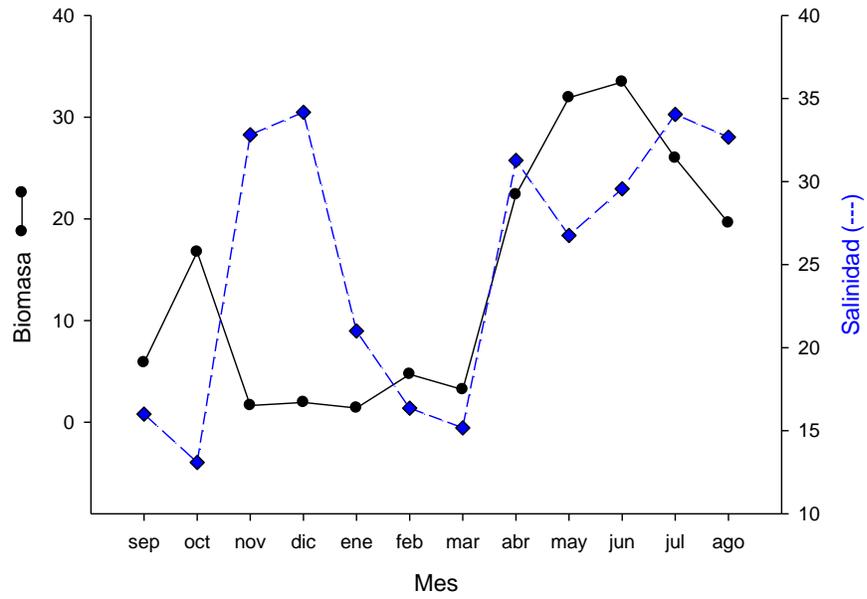


Figura 13. Comportamiento mensual de los promedios de la biomasa de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

Gráficos de comportamiento mensual correspondientes a *L. synagris*:

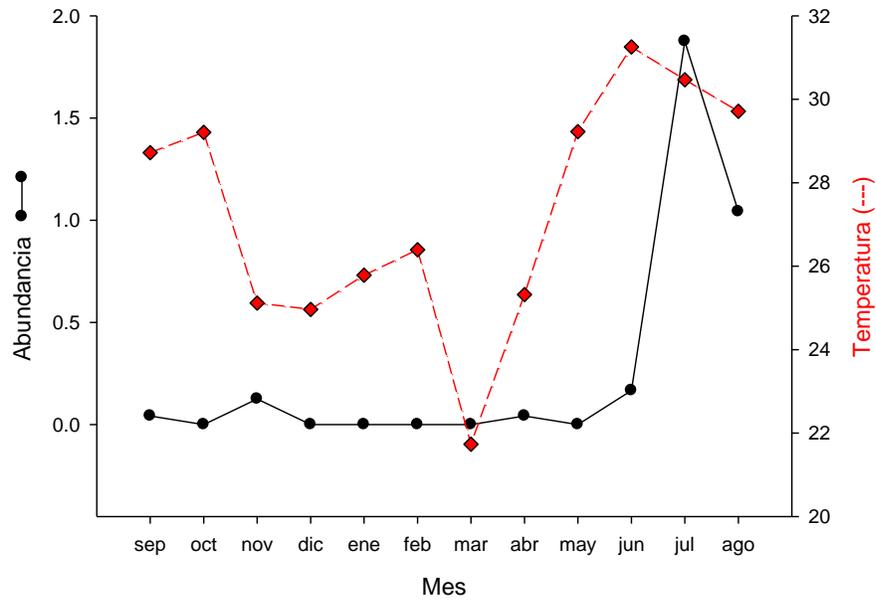


Figura 14. Comportamiento mensual de los promedios de la abundancia de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

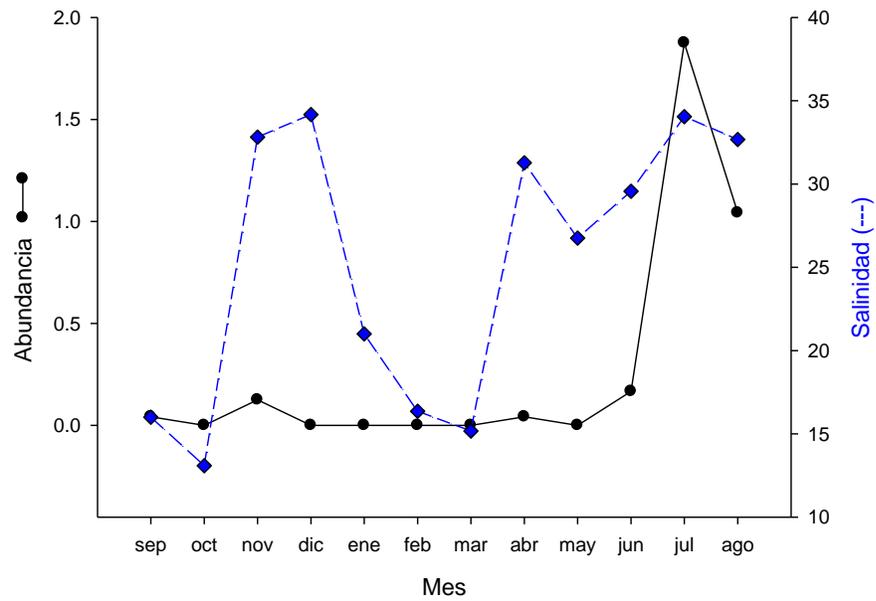


Figura 15. Comportamiento mensual de los promedios de la abundancia de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

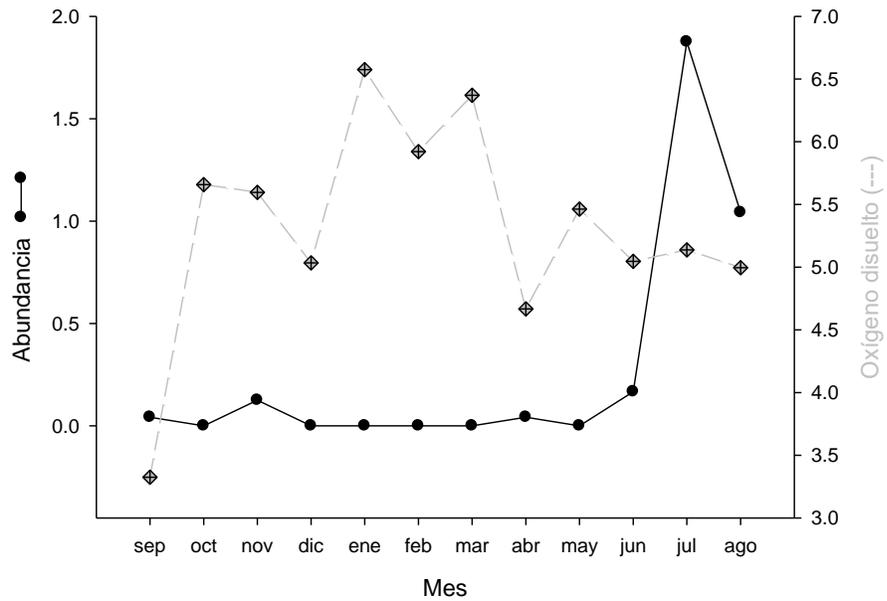


Figura 16. Comportamiento mensual de los promedios de la abundancia de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales de la oxígeno disuelto.

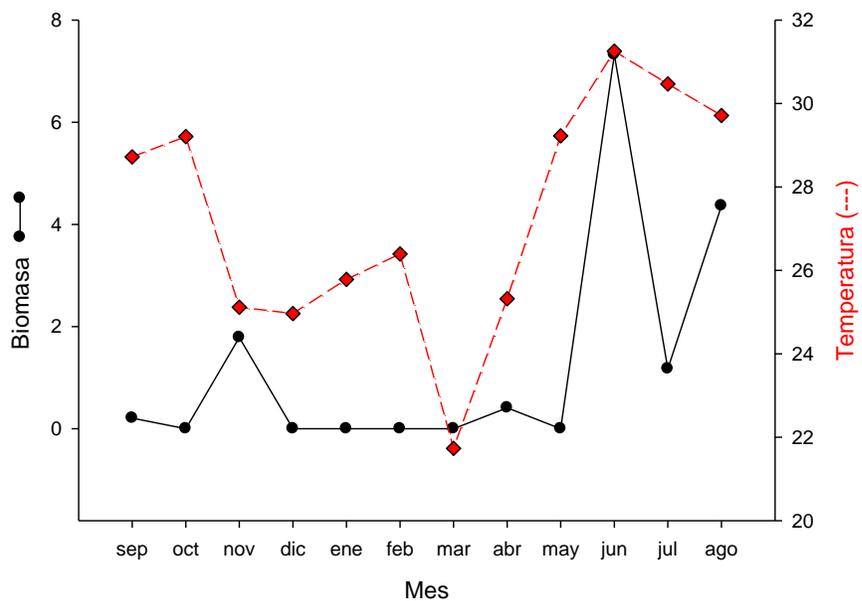


Figura 17. Comportamiento mensual de los promedios de la biomasa de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

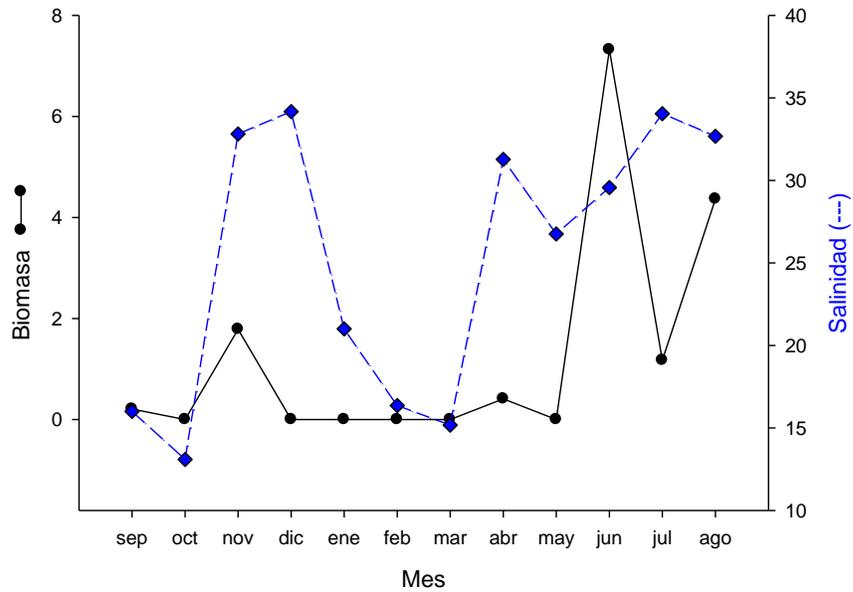


Figura 18. Comportamiento mensual de los promedios de la biomasa de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

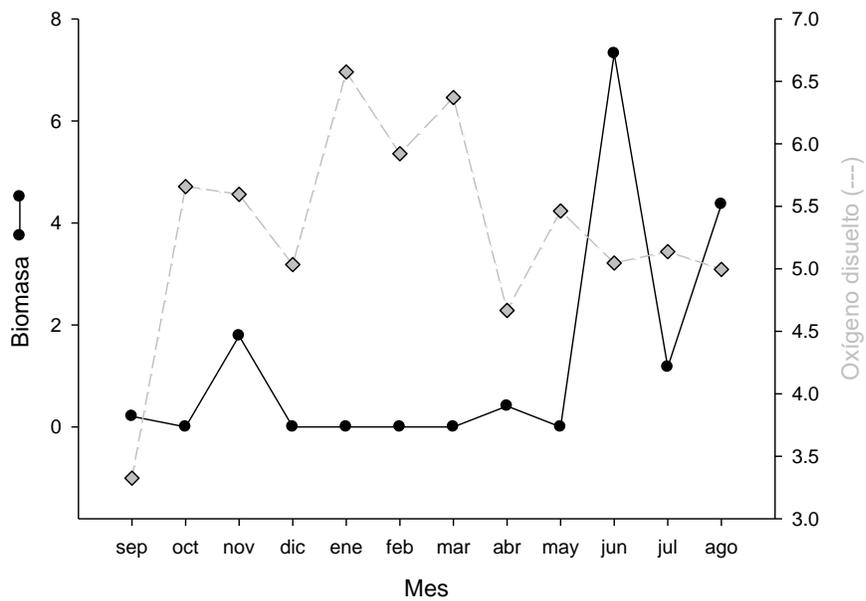


Figura 19. Comportamiento mensual de los promedios de la biomasa de *L. synagris* y su relación con los promedios mensuales del oxígeno disuelto.

Gráficos de comportamiento mensual correspondientes a las seis especies de pargos:

Figura 20. Representación gráfica de la tabla 16. Cada barra representa los intervalos de temperatura a los cuales fueron capturadas las especies, Lag: laguna, Lgr: *L. griseus*, Lsy: *L. synagris*, Lan: *L. analis*, Ljo: *L. jocu*, Lcy: *L. cyanopterus*, Ocy: *O. chrysurus*. El eje Y corresponde a una escala de grados centígrados (°C).

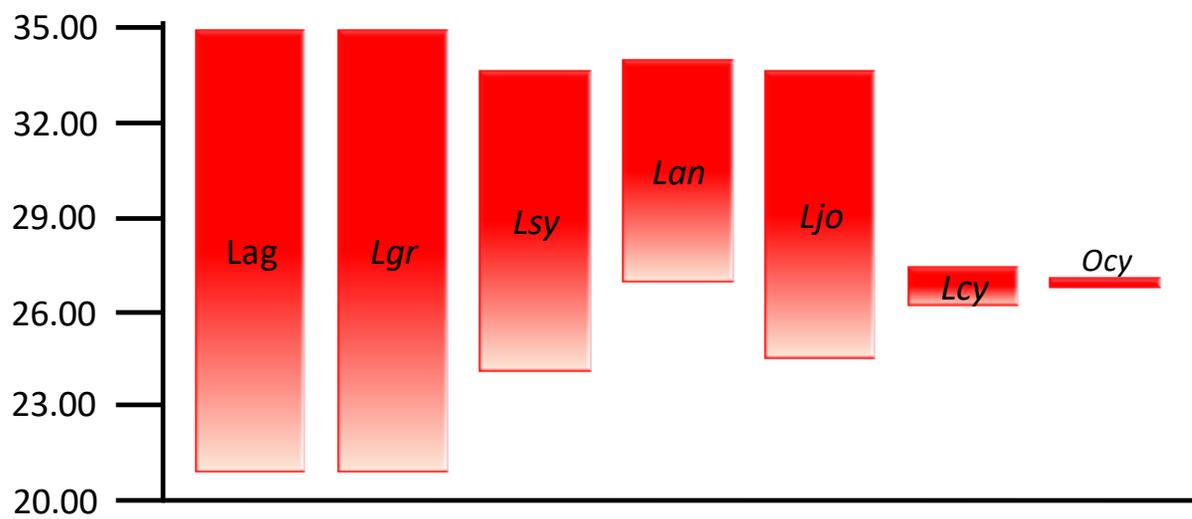


Figura 21. Representación gráfica de la tabla 17. Cada barra representa los intervalos de salinidad a los cuales fueron capturadas las especies, Lag: laguna, Lgr: *L. griseus*, Lsy: *L. synagris*, Lan: *L. analis*, Ljo: *L. jocu*, Lcy: *L. cyanopterus*, Ocy: *O. chrysurus*. El eje Y corresponde a una escala de unidades prácticas de salinidad (UPS).

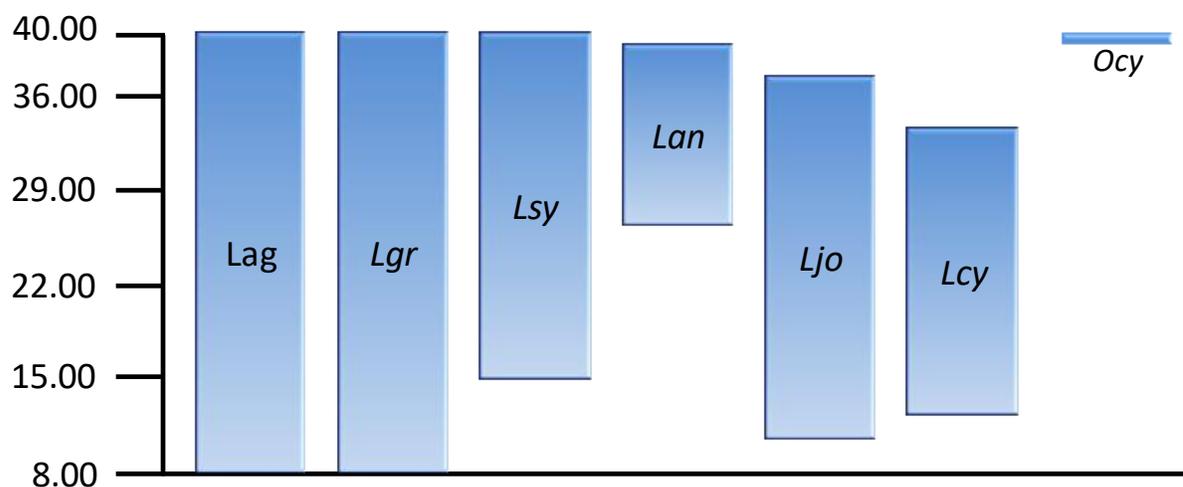
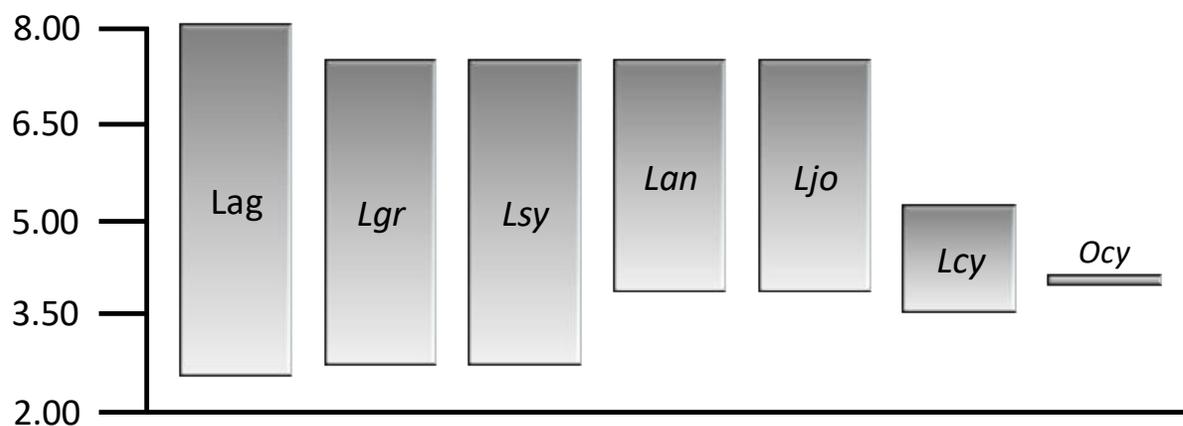


Figura 21. Representación gráfica de la tabla 18. Cada barra representa los intervalos de oxígeno disuelto a los cuales fueron capturadas las especies, Lag: laguna, Lgr: *L. griseus*, Lsy: *L. synagris*, Lan: *L. analis*, Ljo: *L. jocu*, Lcy: *L. cyanopterus*, Ocy: *O. chrysurus*. El eje Y corresponde a una escala de miligramos por litro (mg/L).



Bibliografía

- Acero A. & Garzón J. 1985. Los pargos (Pisces: Perciformes: Lutjanidae) del Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*, 14(53): 89-99.
- Allen G.R. 1985. FAO Species Catalogue. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fisheries Synopsis, Vol. 6.
- Anderson W.D. 2001. Lutjanidae. In: Carpenter K.E. (ed.) The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. 2127 pp.
- Arceo-Carranza D. & Vega-Cendejas M.E. 2009. Spatial and temporal characterization of fish assemblages in a tropical coastal system influenced by freshwater inputs: northwestern Yucatan peninsula. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2): 89-103.
- 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.
- Ayvazian S.G., Deegan L.A. & Finn J.T. 1992. Comparison of habitat use by estuarine fish assemblages in the Acadian and Virginian zoogeographic provinces. *Estuaries*, 15(3): 368-383.

- Barletta G., Barletta-Bergan A., Saint-Paul U. & Hubolds G. 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 66: 45-72.
- Bruns T.D., White T.J. y Taylor J.W. 1991. Fungal Molecular Systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22: 525-564.
- Castillo-Rivera M., Zárate R. & Ortiz S. 2005. Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica*, 15(2 especial): 227-238.
- Castillo-Rivera M. 2013. Influence of rainfall pattern in the seasonal variation of fish abundance in a tropical estuary with restricted marine communication. *Journal of Water Resource and Protection*, 5: 311-319.
- UAM-Iztapalapa. 2014 [en línea]. *Centro de Documentación "Ecosistemas Litorales Mexicanos"* [fecha de consulta: 24 de febrero de 2015]. Disponible desde: <<http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/Ver.htm>>
- Cervigón F. 1985. La ictiofauna de las aguas estuarinas del delta del Río Orinoco en la costa atlántica Occidental, Caribe. En: Yáñez-Arancibia A. (Ed.) *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*. 654 pp.
- Constante-Pérez G. 2014. Taxonomía, ecología y caracterización molecular de una población de *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) de la laguna La Mancha, Veracruz. Tesis de licenciatura inédita. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. 72 pp.

- Costa F.O., Landi M., Martins R., Costa M.H., Costa M.E., Carneiro M., Alves M.J., Steinke D. & Carvalho G.R. 2012. A ranking system for reference libraries of DNA barcodes: Application to marine fish species from Portugal. *PLoS ONE*, 7(4): e35858.
- Croz L. & Averza A. 1979. Observaciones sobre la abundancia y diversidad de las poblaciones de peces estuarinos en el Caribe de Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 27(2): 189-201.
- Cyrus D.P. & Blaber S.J.M. 1992. Turbidity and salinity in a tropical northern Australian estuary and their influence on fish distribution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35: 545-563.
- Dayrat B. 2005. Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85: 407-415.
- Druzhini A.D. 1970. The range and biology of snappers (Fam. Lutjanidae). *Journal of Ichthyology*, 10: 717-736.
- Eschmeyer W.N. & Fong J.D. 2016 [en línea]. *Species by family/subfamily in the Catalog of Fishes California* [fecha de consulta: 4 de agosto de 2016]. California Academy of Sciences. Disponible desde: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp#Lutjanidae>>
- España H.P. 2003. Ecological importance of snappers in the stability of modeled coastal ecosystems. *Ecological Modelling*, 168: 13-24.

- Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal. Censo general 2005 - CGRAL. 2008. [fecha de consulta: 1 de junio de 2016] Dirección de Censos y Demografía. Disponible desde: <http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefv_ariacion.pdf>
- FISHBASE [en línea]. *Ecology of Lutjanus synagris*, [fecha de consulta: 15 de agosto de 2016]. Disponible desde: <<http://fishbase.mnhn.fr/Ecology/FishEcologySummary.php?StockCode=195&GenusName=Lutjanus&SpeciesName=synagris>>
- FISH-BOL [en línea]. *Background*, [fecha de consulta 16 de agosto de 2016]. Disponible desde: <<http://www.fishbol.org/background.php>>
- Fraser T.H. 1997. Abundance, seasonality, community indices, trends and relationships with physicochemical factors of trawled fish in upper Charlotte Harbor, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 60: 739-763.
- Frazier S. 1999. Visión general de los sitios Ramsar. The Works, Berkshire, Reino Unido, 42 pp.
- Geiger M.F., Herder F., Monaghan M.T., Almada V., Barbieri R., Bariche M., Berrebi P., Bohlen J., Casal-Lopez M., Delmastro G.B., Denys G.P.J., Dettai A., Doadrio I., Kalogianni, E., Kärst H., Kottelat M., Kovačić M., Laporte M., Lorenzoni M., Marčić Z., Özuluğ M., Perdices A., Perea S., Persat H., Porcelotti S., Puzzi C., Robalo J., Šanda R., Schneider M., Šlechtová V., Stoumboudi M., Walter S. & Freyhof J. 2014. Spatial heterogeneity in the

mediterranean biodiversity hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. *Molecular Ecology Resources*, 14(6): 1210-1221.

- Geller J.B., Darling J.A. & Carlton J.T. 2010. Genetic perspectives on marine biological invasions. *Annual Review of Marine Science*, 2: 367-393.
- Gillanders B.M., Kenneth W.A., Brown J.A., Eggleston D.B. & Sheridan P.F. 2003. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: An important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247: 281-295.
- Gunter G. 1961. Salinity and size in marine fishes. *Copeia* 1961: 234-235.
- Gunter G. 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of the Gulf of Mexico. En: Lauff G.H. (ed.), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. 757 pp.
- Hagan S.M. & Able K.W. 2003. Seasonal changes of the pelagic fish assemblage in a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 15-29.
- Harrison T.D. & Whitfield A.K. 2006. Temperature and salinity as primary determinants influencing the biogeography of fishes in South African estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 335-345.
- Hebert P.D.N, Ratnasingham S. & DeWard J. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *The Royal Society*, 270(Supl 1): 596-599.

- Hedgpeth J.W. 1967. Ecological aspects of the Laguna Madre, a hypersaline estuary, p. 408-419. En: Lauff G.H. (ed.), Estuaries. American Association for the Advancement of Science. 757 pp.
- Janzen D.H., Hallwachs W., Blandin P., Burns J.M., Cadiou J., Chacon I., Dapkey T., Deans A.R., Epstein M.E., Espinoza B., Franclemont J.G., Haber W.A., Hajibabaei M., Hall J.P.W., Hebert P.D.N., Gauld I.D., Harvey D.J., Hausmann A., Kitching I.J., Lafontaine D., Landry J., Lemaire C., Miller J.Y., Miller J.S., Miller L., Miller S.E., Montero J., Munroe E., Green S.R., Ratnasingham S., Rawlins J.E., Robbins R.K., Rodriguez J.J., Rougerie R., Sharkey M.J., Smith M.A., Solis M.A., Sullivan J.B., Thiaucourt P., Wahl D.B., Weller S.J., Whitfield J.B., Willmott K.R., Wood D.M., Woodley N.E. & Wilson J.J. 2009. Integration of DNA barcoding into an ongoing inventory of complex tropical biodiversity. *Molecular Ecology Resources*, 9(1): 1-26.
- Kafayat A., Martins A.A., Shehu L.A., Abdulwakil O.S. & Mikhail A.A. 2015. Life-stages, exploitation status and habitat use of *Lutjanus goreensis* (Perciformes: Lutjanidae) in coastal marine environments of Lagos, SW Nigeria. *Revista de Biología, Tropical* 63: 199-212.
- Knebelsberg T., Landi M., Neumann H., Kloppmann M., Sell A.F., Campbell P.D., Laakmann S., Raupach M.J., Carvalho G.R. & Costa F.O. 2014. A reliable DNA barcode reference library for the identification of the North European shelf fish fauna. *Molecular Ecology Resources*, 14(5): 1060-1071.

- Kumar S., Tamura K. & Nei M. 2004. MEGA3: integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics*, 5(2): 150-163.
- Lara-Domínguez A.L., Franco-López J., Bedia-Sánchez C., Abarca-Arenas L.G., Díaz-Ruiz S., Aguirre-León A., González-Gándara C. & Castillo-Rivera M. 2011. Diversidad de peces en los ambientes costeros y plataforma continental. Vol. II. En: La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Lee W., Coroy J., Howell W.H. & Koocher T.D. 1995. Structure and evolution of teleost mitochondrial control regions. *Journal of Molecular Evolution*, 41: 54-66.
- León P. 1973. Ecología de la ictiofauna del Golfo de Nicoya, Costa Rica, un estuario tropical. *Revista de Biología Tropical*, 21(1): 5-30.
- Lindeman K.C., Richards W.J., Lyczkowski-Shultz J. Drass D.M., Paris C.B., Leis J.M., Lara M. & Comyns B.H. 2006. Lutjanidae: Snappers. En: Richards W.J. (Ed.). Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central North Atlantic, Volume II. CRC Marine Biology Series. 2640 pp.
- Lopera-Barrero N.M., Povh J.A., Riberiro R.P., Gomes P.C., Jacometo C.B. & Lopes T.S. 2008. Comparación de protocolos de extracción de ADN con

muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sodio. *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(1): 77-86.

- Lui H.K. & Chen C.T.A.A. 2012. The nonlinear relationship between nutrient ratios and salinity in estuarine ecosystems: implications for management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4: 227-232.
- Luo A., Zhang A., Ho S.Y.W., Xu W., Zhang Y., Shi W., Cameron S.L. & Zhu C. 2011. Potential efficacy of mitochondrial genes for animal DNA barcoding: a case study using eutherian mammals. *BMC Genomics*, 12: 1-13.
- Martínez M.L., Vázquez G., López-Portillo J., Psuty N., García-Franco J.G., Silveira T.M. & Rodríguez-Revelo N.A. 2012. Dinámica de un paisaje complejo en la costa de Veracruz. *Investigación ambiental*, 4(1): 151-160.
- Martínez-Ortega R. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman, caracterización. *Revista Habanera de Ciencia Médicas*, 7(2): 1-19.
- McGrath K. 2014 [en línea]. *Sanger sequencing: Sample preparation guide* [fecha de consulta: 14 de enero de 2015]. Disponible desde: <<http://www.agrf.org.au/docs/sanger-sequencing-sample-preparation-guide.pdf>>
- McHugh J.L. 1967. Estuarine nekton. En: Lauff G.H. (ed.), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. 757pp.
- Mendoza E., Castillo-Rivera M., Zárate-Hernández R. & Ortiz-Burgos S. 2006. Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in

an estuarine fish community in the Tropical Eastern Pacific, Mexico. *Ichthyological Research*, 56: 330-339.

- Methven D.A., Haedrich R.L. & Rose G.A. 2001. The fish assemblage of a Newfoundland estuary: Diel, monthly and annual variation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 669-687.
- Moreno-Casasola P. (Ed.) 2006. Entornos Veracruzanos: la costa de la Mancha. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México, 576 pp.
- Moreno-Casasola P. & Salinas G. 2007. Programa de desarrollo comunitario sustentable y plan de manejo para la protección y conservación del Sitio Ramsar La Mancha-El Llano. Monografías Tercer Milenio 6: 173-185
- Nelson J.S. 2006. Fishes of the World. 4° ed. John Willey and Sons Inc., New York. 366 pp.
- Packer L., Gibbs J., Sheffield C. & Hanner R. 2009. DNA barcoding and the mediocrity of morphology. *Molecular Ecology Resources*, 9(Suppl. 1): 42-50
- Pawlowski J., Audic S., Adl S., Bass D., Belbahri L., Berney C., Bowser S.S., Cepicka I., Decelle J., Dunthorn M., Fiore-Donno A.M., Gile G.H., Holzmann M., Jahn R., Jirků M., Keeling P.J., Kostka M., Kudryavtsev A., Lara E., Lukeš J., Mann D.G., Mitchell E.A.D., Nitsche F., Romeralo M., Saunders G.W., Simpson A.G.B., Smirnov A.V., Spouge J.L., Stern R.F., Stoeck T., Zimmermann J., Schindel D. & de Vargas C. 2012. CBOL protist working group: barcoding eukaryotic richness beyond the animal, plant and fungal kingdoms. *PLoS Biology*, 10(11): 1-5.

- Peralta-Meixueiro M.A. & Vega-Cendejas M.E. 2011. Spatial and temporal structure of fish assemblages in a hyperhaline coastal system: Ría Lagartos, Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 9(3): 673-682.
- Pérez-Hernández M.A. & Torres-Orozco R.E. 2000. Evaluación de la riqueza de especies de peces en las lagunas costeras mexicanas; estudio de un caso en el Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3): 425-438.
- Polovina J.J. & Ralston S (Eds.). 1987. Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management. Westview Press. 659 pp.
- Pomfret J.R., Elliott M., O'Reilly M.G. & Phillips S. 1991. Spatial and temporal patterns in the fish communities in two U.K. North Sea estuaries. En: Elliott M. & Ducrotoy J.P. (Eds.) *Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Intercomparisons*. Francia, Universidad de Caen, Olsen & Olsen. 390 pp.
- Rabalais N.N., Carney R.S. & Escobar-Briones E.G. 1999. Overview of continental shelf benthic communities on the Gulf of Mexico. En: H. Kumpf, K. Steidinger & K. Sherman (eds.) *The Gulf of Mexico large marine ecosystems: assessments, sustainability and management*. Blackwell Science.
- Ratnasingham S. & Hebert P. 2013. A DNA-Based Registry for All Animal Species: The Barcode Index Number (BIN) System. *PLoS ONE*, 8(7): e66213.
- Resende S.M., Ferreira B.P. & Thierry F. 2003. A pesca de lutjanídeos no nordeste do Brasil: Histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o manejo. En: Cruz E. & Molina W.F. *Cytogenetic analysis in*

western Atlantic snappers (Perciformes, Lutjanidae). *Genetics and Molecular Biology*, 31(2): 461-467.

- Rock J.I., Costa F., Walker D., North A., Hutchinson W. & Carvalho G. 2008. DNA barcodes of fish of the Scotia Sea, Antarctica indicate priority groups for taxonomic and systematic focus. *Antartic Science*, 20(3): 253-262.
- Rodríguez-Santiago & Aurea E. 2009. Mitochondrial DNA analyses for species identification of snappers from Caribbean waters. Dissertation Abstracts International, Universidad de Puerto Rico, Mayaguez 69 (9), suppl. B, 81 pp.
- Sadovy Y., Rosario A. & Román A. 1994. Reproduction in an aggregation grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. *Environmental Biology of Fishes*, 41: 269-286.
- Sales N.S., Dias T.L.P., Baeta A. & Pessanha A.L.M. 2016. Dependence of juvenile reef fishes on semi-arid hypersaline estuary microhabitats as nurseries. *Journal of Fish Biology*, 89: 661-679.
- Sambrook K.J. & Russell D.W. 2001. Molecular cloning a laboratory manual. 3° ed. Ed. Cold spring harbor laboratory press, New York. Vol. I, II y III.
- Siegel S. & Castellan N.J. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences, 2° ed. McGraw Hill. New York. 399 pp.
- Starck W.A. & Schroeder R.E. 1971. Investigations on the gray snapper (*Lutjanus griseus*). University of Miami Press, Coral Gables, Florida. 224 pp
- Stoeckle M.Y. & Hebert P.D.N. 2008. Barcode of life. *Scientific American*, 299: 82-88.

- Stevenson D.K. 1981. Biology of the gray snapper, *Lutjanus griseus* (Linnaeus), in the Florida Keys, 224 pp. Ed: W.A. Stark & R.E. Shroeder (eds.) Investigations on the gray snapper, *Lutjanus griseus*. University of Miami Press, Florida.
- Thiel R., Sepúlveda A., Kafemann R. & Nellen W. 1995. Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe Estuary. *Journal of Fish Biology*, 46: 47-69.
- Travers M.J., Newman S.J. & Potter I.C. 2006. Influence of latitude, water depth, day v. night and wet v. dry periods on the species composition of reef fish communities in tropical Western Australia. *Journal of Fish Biology*, 69: 987-1017.
- Tremain D.M. & Adams D.H. 1995. Seasonal variations in species diversity, abundance, and composition of fish communities in the northern Indian River Lagoon, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 57:171-192.
- Vega-Cendejas M.E. & Hernández M. 2004. Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Ría Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 285-299.
- Veneza I., Felipe B., Oliveira J., Silva R., Sampaio I., Schneider H. & Gomes G. 2014. A barcode for the authentication of the snappers (Lutjanidae) of the western Atlantic: rDNA 5S or mitochondrial COI?. *Food Control*, 38: 116-123.

- Villerías-Salinas S., Tello-Almaguer P.V., Flores-Rodríguez P. & Rojas-Herrera A.A. 2012. El contexto multiespecífico de la pesca: el caso de la “Costa Grande” de Guerrero, México. *Ciencia y Mar*, (48): 3-9.
- Waugh J. 2007. DNA barcoding in animal species: progress, potential and pitfalls. *BioEssays*, 29(2): 188-197.
- Wuenschel M.J., Jugovich A.R. & Hare J.A. 2004. Effect of temperature and salinity on the energetics of juvenile gray snapper (*Lutjanus griseus*): implications for nursery habitat value. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 312: 333-347.
- Yoccoz N.G. 2012. The future of environmental DNA in ecology. *Molecular Ecology*, 21: 2031-2038.
- Zemlak T.S., Ward R.D., Connell A.D., Holmes B.H. & Hebert P.D. 2009. DNA barcoding reveals overlooked marine fishes. *Molecular Ecology Resources*, 9(Suppl. 1): 237-242.
- Zhang J. & Hanner R. 2012. Molecular approach to the identification of fish in the South China Sea. *PLoS One*, 7(2): e30621.