



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

**Taxonomía, ecología y caracterización molecular de una población
de *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) de la laguna La Mancha,**

Veracruz

TESIS

Que para obtener el título de:

Biólogo

Presenta:

Luis Guillermo Constante Pérez

Director de Tesis:

Dr. Manuel A. Castillo Rivera



México D.F. Junio, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La presente tesis se desarrolló en el Laboratorio de Peces del Departamento de Biología y en el Laboratorio Divisional de Biología Molecular, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, dentro del Proyecto de Investigación “Ecología de poblaciones y comunidades de peces”.

Agradecimientos y Dedicatoria

A ti mamá, que me has enseñado a hacer bien todo aquello que me proponga, a ser responsable y alentarme a terminar mi carrera. Haz hecho mucho por mí y te lo agradezco. TE AMO

A ti papá, ha sido mi inspiración desde pequeño realizar lo mismo que tú: un examen profesional para obtener mi propio título. Tú eres mi inspiración y no te defraudaré. TE AMO

A mi abuelo, he recibido mucho de ti y te lo agradeceré siempre. TE QUIERO MUCHO

A mi director de tesis, gracias por la oportunidad que me dio para trabajar con usted, por ayuda, correcciones y regaños. Ha quedado lista mi investigación.

A los profesores: Ernesto Mendoza, Isaías Salgado, Selene Ortiz y Lourdes Mora; por el tiempo y atención que brindaron a mi trabajo. Ante ustedes he de demostrar el valor del mismo.

A las profesoras Alejandra Serrato y Rocío Zárate, que también dedicaron gran parte de su tiempo para guiarme en la realización de este proyecto. Gracias por su gran apoyo.

A ti Ana Laura, pequeña, que me apoyaste desde el inicio (inclusive desde que me acerqué a trabajar a mi servicio) y me has acompañado hasta este punto. TE QUIERO MUCHO

A toda mi familia, mis tíos: Roque, Cheli, Cristi, Pati, Ascensión, Blanca, Aurora, Paty, Silvia, Gerardo, Alicia.

Mis primos Mario, José, Irving, Ricardo, Dani, Génesis, Jesui, Paco, Aurorita, Ale, Gema, Ruth.

Mis padrinos, sobrinos, tíos abuelos y todos aquellos que me falta por mencionar que alguna vez me preguntaron cómo iba y me animaron a seguir adelante.

A mi mejor amigo en la facultad: Ángel, has sido mi mejor confidente y consejero. Y mi mejor amiga: Viri, además de confidente y consejera, una maravillosa persona.

A mis hermanitos: Charly, Ada, Liz y Dalia. A ustedes les tengo un cariño muy especial.

A mis amigos: Lisandro, Dafne, Paquito, César, Erick, Abel, Paola, Enrique, Sandra, Kapox, Gorros, Isma, Gabi, Ángel, Aline, David; y todos quienes me faltan, por su amistad, compañía, apoyo y complicidad. Gracias.

Y a ti Luis Guillermo, recuerda que ésta solamente será una etapa concluida. Aún queda camino por delante...

Índice	
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	7
Hipótesis	9
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
Material y métodos	9
Área de estudio.....	10
Recolecta de material biológico y datos ambientales.....	11
Análisis estadístico.....	15
Análisis genético.....	15
Extracción de ADN.....	16
Amplificación por PCR de regiones COI y región control mitocondriales...	17
Secuenciación de fragmentos de ADN.....	19
Resultados	20
Taxonomía	20
Caracterización molecular	24
Región control.....	26

Blast identidad.....	26
Región COI.....	30
Blast identidad.....	30
Análisis ecológico.....	34
Parámetros ambientales.....	34
Análisis estacional de la abundancia.....	36
Influencia estacional de los parámetros ambientales sobre la abundancia y la biomasa.....	38
Análisis nictímero de la abundancia.....	45
Influencia nictímera de los parámetros ambientales sobre la abundancia y la biomasa	46
Discusión.....	53
Conclusiones.....	59
Bibliografía.....	60

Resumen

Uno de los grandes problemas en la identificación taxonómica de especies es la diferencia en las estructuras morfológicas, que pueden llegar a variar (en mayor o menor grado) entre poblaciones, de una misma especie y en diferentes zonas geográficas.

La familia de peces Lutjanidae es una de las más importantes para las redes tróficas, ya que sus especies juegan un papel muy importante como depredadoras nocturnas. Además, para la economía representan uno de los principales recursos pesqueros.

En el presente trabajo se realizó la identificación taxonómica de una especie perteneciente a esta familia, que habita en la laguna La Mancha en Veracruz. Dicha especie, *Lutjanus griseus*, es de las más abundantes en esta región. Se consideró que las variaciones morfológicas, en esta especie, podrían responder a variaciones a nivel molecular en los organismos. Para el fin de su identificación se utilizaron claves taxonómicas y diferentes métodos de caracterización molecular para corroborar su identidad (como Análisis de distancias genéticas y BLAST identidad). Tales métodos demostraron que esta población pertenece a una sola especie y que no hay razón que valide la idea que existan potenciales subespecies.

Además, se analizaron las influencias que tuvieron la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto del agua de la laguna, sobre la distribución y la abundancia (en número y peso) de esta especie; tanto a nivel estacional como nictímero.

A nivel estacional, se determinó que la temperatura es el factor que más influye en la distribución y abundancia de *L. griseus*; mientras que a nivel nictímero, el ciclo de luz/oscuridad es el factor que más se relaciona con la distribución y abundancia de esta especie.

Introducción

Los peces de la familia Lutjanidae 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). Comúnmente conocidos como *pargos*, 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).

Los pargos son típicamente habitantes de fondos rocosos y coralinos de la plataforma continental, en áreas de manglar y algunas veces en cauces bajos de ríos (especialmente los juveniles) (Allen, 1985; Anderson, 2002), hallándose desde la zona litoral hasta más allá de los 200m de profundidad, aunque varias especies pueden colonizar otros ambientes como manglares, estuarios y praderas de pastos marinos o presentarse sobre los fondos blandos. Su actividad es principalmente nocturna pero en ocasiones buscan alimento tanto en el día como en la noche (Acero & Garzón, 1985).

Los lutjánidos se distribuyen 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). Están estrechamente ligados a los fondos de la plataforma continental, donde pueden esconderse y obtener su alimento. Generalmente estos fondos suelen tener cierto relieve

(arrecifes, estructuras rocosas, etc.) o vegetación litoral adyacente (Acero & Garzón, 1985).

El Golfo de México constituye uno de los 64 grandes ecosistemas marinos (GEM) mundiales (SEMARNAT, 2011). Estos GEM corresponden a áreas que son propensas a sufrir tensiones crecientes debido al incremento de la explotación de los recursos naturales renovables, a los daños ocasionados a las zonas costeras, a la pérdida de hábitat y a la contaminación (Sherman, 1994). El Golfo de México se caracteriza por su amplia plataforma continental que se extiende hasta alcanzar 220km de ancho frente a la costa de Louisiana y 290km frente a las costas del suroeste de Florida y al norte de la Península de Yucatán (Rabalais *et al.*, 1999). Estas grandes extensiones de plataforma continental representan las principales zonas de explotación comercial de pargos (Stevenson, 1981).

La familia Lutjanidae incluye: 4 subfamilias (Lutjaninae, Paradicichthynae, Etelinae y Apsilinae), 17 géneros y cerca de 105 especies marinas, con algunas especies que habitan en ambientes estuarinos; 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); específicamente Anderson (2002) reconoce 6 géneros con un total de 18 especies de esta misma familia para el Atlántico Oeste Central.

El género *Lutjanus* es el más diverso de esta familia y el más importante desde el punto de vista económico, sus numerosas especies se distribuyen por los mares de todo el mundo;

la mayoría de estas alcanzan tamaños comerciales y son muy apreciadas por la calidad de su carne.

De todas las especies del género *Lutjanus* registradas en el Atlántico Oeste (Allen, 1985; Anderson 2002) el pargo *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) ha sido caracterizado como una especie transitoria estuarina (Ley *et al.*, 1999) y se sabe que migra y se alimenta en agua de salinidades diferentes durante toda su vida (Chester & Thayler, 1990; Serafy *et al.*, 2003).

Son importantes para la pesca comercial, se venden frescos y congelados (Allen, 1985; Anderson, 2002). Además *L. griseus* es una especie que ha sido criada en cautiverio (Allen, 1985).

Al pargo *L. griseus*, también llamado pargo mulato, pargo prieto o manglero, es posible encontrarlo en aguas marinas, dulces y salobres; también está asociado a arrecifes. Se le puede hallar desde los 5 hasta los 180m de profundidad (usualmente a 50m); es de ambientes subtropicales y se distribuye principalmente entre las coordenadas geográficas Lat: 41°N a 6°S y Long: 100°O a 36°O (Allen, 1985).

Su distribución geográfica se ha reportado en el Atlántico Occidental desde Massachusetts, EE. UU. y el sur de Bermuda hasta Río de Janeiro, Brasil; incluyendo el sureste de Florida, las Indias Occidentales, el Golfo de México y el mar Caribe (Allen, 1985). La mayoría de los registros del norte se deben, en particular, a juveniles que ocasionalmente son arrastrados más allá de su patrón normal de distribución (Anderson, 2002).

Se les encuentra también en aguas dulces en Florida. A menudo los adultos forman grandes cardúmenes y se alimentan, principalmente por las noches, de pequeños peces, camarones, cangrejos, gasterópodos, cefalópodos y algunos elementos planctónicos (Allen, 1985; Anderson, 2002). Por otro lado, los juveniles se desarrollan en aguas someras, comúnmente en fondos de pastos marinos y entre raíces de manglar; se alimentan durante el día, principalmente de pequeños crustáceos (Acero & Garzón, 1985).

La mayoría de los estudios realizados acerca de la familia Lutjanidae se han basado principalmente en su descripción taxonómica y morfológica. A partir de ello que se han generado diversas claves taxonómicas, como la de Allen (1985) y la de Anderson (2002); así como bases de datos con información de la biología, ecología, aprovechamiento económico, etc. de estos organismos. Algunas de las bases más conocidas son: *Catalogue of Life*, *GenBank*, *FishBoL* (Barcode of Life), *Encyclopedia of Life*, *FishBase*, entre otras.

Acero y Garzón (1985) han observado que la coloración de este pargo es muy variable, pero normalmente es gris oscuro a verdoso con tintes rojizos, con el vientre más pálido y teñido de rojo. Los ejemplares juveniles tienen una banda oscura y oblicua en la cabeza, y frecuentemente con una línea azul bajo el ojo. Por su parte, Allen (1985) describe la coloración de esta especie de forma similar que Acero y Garzón (1985) con ligeras excepciones como el color del cuerpo que puede ser gris-verdoso a olivo oscuro; mientras que Anderson (2002) reporta que el vientre suele ser grisáceo con tintes anaranjados. Estas diferencias en las descripciones morfológicas, junto con las observadas en el presente estudio, muestran la necesidad de implementar herramientas moleculares para

confirmar la identificación de ejemplares y para determinar si las diferencias morfológicas se ven reflejadas en diferencias genéticas.

Una herramienta muy útil para identificar especies son los marcadores moleculares. Entre las técnicas más utilizadas están: la amplificación por PCR y la secuenciación de fragmentos de ADN. La PCR es una técnica que 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 simple molécula de ADN, algunos reactivos, una fuente de calor y pequeñas cadenas de nucleótidos que actúan como cebadores o *primers* (Sambrook & Russell, 2001). La secuenciación es una técnica que permite conocer el orden de los nucleótidos de un fragmento de ADN. El conocimiento del orden de los nucleótidos es una herramienta con infinidad de aplicaciones, debido a que la diferencia fundamental entre todas las moléculas de ADN que forman el material genético de los seres vivos es la secuencia de sus cuatro bases nitrogenadas. A partir de esta herramienta, surge otra conocida como “DNA Barcode” (Código de barras genético) que se implementa para conocer, por medio de análisis de secuencias, la identidad de especies pertenecientes a los tres dominios (Páiz-Medina & Huete-Pérez, 2008). La identificación por secuenciación ha sido el método molecular más utilizado por su rapidez, reproducibilidad y potencial para la comparación entre especies (Bruns *et al.*, 1991). Además, estas herramientas moleculares han revolucionado las formas de medir, estudiar y comprender la diversidad y evolución de los sistemas acuáticos; ya que permiten generar grandes cantidades de información en muy poco

tiempo y, de esta manera, resolver cuestiones a un grado nunca antes imaginado (Serrato *et al.*, 2013)

Antecedentes

Anderson (2002) menciona que de las 18 especies de lutjánidos para el Atlántico Oeste Central, 11 son del género *Lutjanus*, entre las cuales figura *L. griseus*. Por otro lado, Lara-Domínguez *et al.* (2011) registraron un total de 12 especies de lutjánidos presentes en aguas del estado de Veracruz, distribuidas en los siguientes géneros: *Ocyurus*, *Prystipomoides*, *Rhomboplites* y *Lutjanus*; para este último género sólo se han reportado 2 especies en la laguna La Mancha, entre ellas *L. griseus*.

A pesar de que la laguna La Mancha se encuentra dentro del sitio Ramsar No. 1336 denominado La Mancha-El Llano (Moreno-Casasola & Salinas, 2007), pocos estudios se han realizado acerca de la ictiofauna de este cuerpo de agua.

La mayor parte de estudios realizados acerca de la especie *L. griseus* se han enfocado en su taxonomía y morfología, así como en sus preferencias en cuanto a intervalos de temperatura y salinidad del medio, dando resultados generalizados acerca de tales aspectos de esta especie. Así, Serrano *et al.* (2010) realizaron observaciones de campo (en las bahías: Viscaína y de Florida) y experimentos en laboratorio para determinar cuáles eran los intervalos de salinidad preferidos de *L. griseus*, y encontraron diferencias contrastantes entre ambas observaciones que presumiblemente son explicadas por el

hecho de que los peces aumentaron o redujeron su actividad para compensar el costo de osmoregulación.

Wuenschel *et al.* (2012) compararon los resultados de observaciones de campo y experimentos de laboratorio acerca de los intervalos de tolerancia de temperatura, entre ejemplares juveniles y adultos de *L. griseus*.

Cabe mencionar que también se han realizado estudios con carácter molecular acerca de lutjánidos, como el llevado a cabo por Rodríguez-Santiago y Aurea (2009), en el cual se utilizaron técnicas de Biología Molecular para describir la filogenia y la diversidad de especies de la población de lutjánidos pertenecientes a la Cuenca del Caribe, encontrando 15 especies en total; los ejemplares larvarios se distribuyeron en siete especies de este total.

Debido a que son pocos los estudios que se han realizado sobre la ictiofauna de la laguna La Mancha y en específico del pargo *L. griseus*, resulta de gran importancia conocer cómo influyen ciertas variables ambientales sobre la distribución y abundancia de esta especie en dicho sistema. Además, resultaría muy útil servirse de las técnicas de biología molecular para corroborar la identidad de los ejemplares analizados.

Hipótesis

Si los caracteres taxonómicamente importantes para *L. griseus*, reportados en la literatura, son los adecuados para población estudiada, entonces las técnicas de biología molecular permitirán verificar la identidad de los individuos analizados y ayudarán a determinar si las variaciones morfológicas o morfotipos encontrados corresponden a genotipos distintos.

Las variaciones estacionales en ciertas condiciones ambientales podrán influir (en mayor o menor grado) en la distribución y abundancia de *Lutjanus griseus* a lo largo del año. Asimismo, considerando que esta especie 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 taxonomía, distribución, abundancia y caracterización molecular de la población del pargo *Lutjanus griseus* de la laguna costera La Mancha, en Veracruz.

Objetivos particulares

- Analizar los caracteres morfológicos con valor taxonómico, de la población de *L. griseus* de la laguna de La Mancha, comparando diferentes claves taxonómicas y bases de datos.

- Usar técnicas de amplificación e identificación de ADN para confirmar la identidad de los ejemplares y la potencial existencia de morfotipos definidos genéticamente.
- Analizar las variaciones estacionales y nictímeras relativas a la abundancia de *L. griseus*, en la laguna La Mancha y su relación con las variables ambientales.

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 135 ha y mide aproximadamente 3 km de longitud. Tiene una barra que la separa del mar la cual permanece cerrada en época de secas (febrero a mayo) y se abre durante la época de lluvias (junio a septiembre), cuando los nortes llevan humedad al continente, ya sea por procesos naturales o inducidos (Moreno-Casasola, 2006). Durante el período de estudio, la boca permaneció abierta de septiembre a diciembre 2012, cerrada de enero a marzo 2013, abierta abril, cerrada mayo y finalmente abierta de junio a agosto 2013.

Tiene un solo aporte permanente de agua dulce; éste es el arroyo denominado Caño El Gallego, que en su desembocadura a la laguna, recibe el nombre de Caño Grande. No se tiene cuantificada la magnitud y temporalidad de este aporte (Moreno-Casasola, 2006).

En esta zona el clima es del tipo Aw acorde al sistema de clasificación climática de Köeppen, modificado por García (García, 1981). Se caracteriza por ser cálido subhúmedo,

con régimen de lluvias de verano, con la temperatura media anual del mes más frío mayor de 18°C y la del mes más caliente mayor a 22°C (Moreno-Casasola, 2006).

La zona de estudio está influenciada por varios fenómenos meteorológicos; está directamente afectada por vientos alisos que corresponden a vientos húmedos del noreste, su actividad es intensa durante el verano; estos se forman frente a las costas de África y pueden evolucionar como ondas tropicales y eventualmente convertirse en huracanes. Durante los meses de invierno ocurren invasiones de masas frías de origen polar que se desplazan al sur, atravesando el Océano Atlántico (llamadas localmente “nortes”). Se ha reportado la presencia de nortes que pueden provocar vientos de hasta 100km/h sobre la planicie costera. El desplazamiento del sistema frontal tiene velocidades aproximadas de 30 a 40km/h. En condiciones de circulación local se aprecian flujos que van de tierra a mar (brisa de tierra), con dirección sureste y suroeste. La brisa marina también se manifiesta con dirección oeste y suroeste, las variaciones de dirección o intensidad ocurren de manera compleja durante todo el año (Moreno-Casasola, 2006).

Recolecta de material biológico y datos ambientales

Durante un año, de septiembre 2012 a agosto 2013, mensualmente se realizaron ciclos de muestreos nictímeros (con su correspondiente réplica, Figura 2), tomando muestras cada dos horas (288 colectas en total) y durante el período de luna nueva, con el fin de maximizar las diferencias entre luz y oscuridad. La captura se realizó manualmente con un chinchorro playero de 37.1m de largo y 1.20m de profundidad, con luz de malla de 1cm.

Simultáneamente se midieron y registraron datos ambientales como: hora, salinidad con un refractómetro Atago S-10_E; temperatura y oxígeno disuelto con un oxímetro YSI 550A, profundidad mínima y máxima del agua con un profundímetro Speedtech. A excepción de los ejemplares seleccionados para obtener ADN, los demás ejemplares se colocaron en agua (de la laguna) con anestésico (se preparan 9 partes de aceite de clavo por una de alcohol al 94%, se toman 2ml de esta mezcla y se adicionan por cada 5l de agua).

Posteriormente estos ejemplares fueron fijados en formol al 10%, dejándose así por 3 días. 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 alcohol etílico 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 (2002). Se determinó la abundancia en número y peso y se obtuvieron las medidas de longitud patrón y total de cada ejemplar.

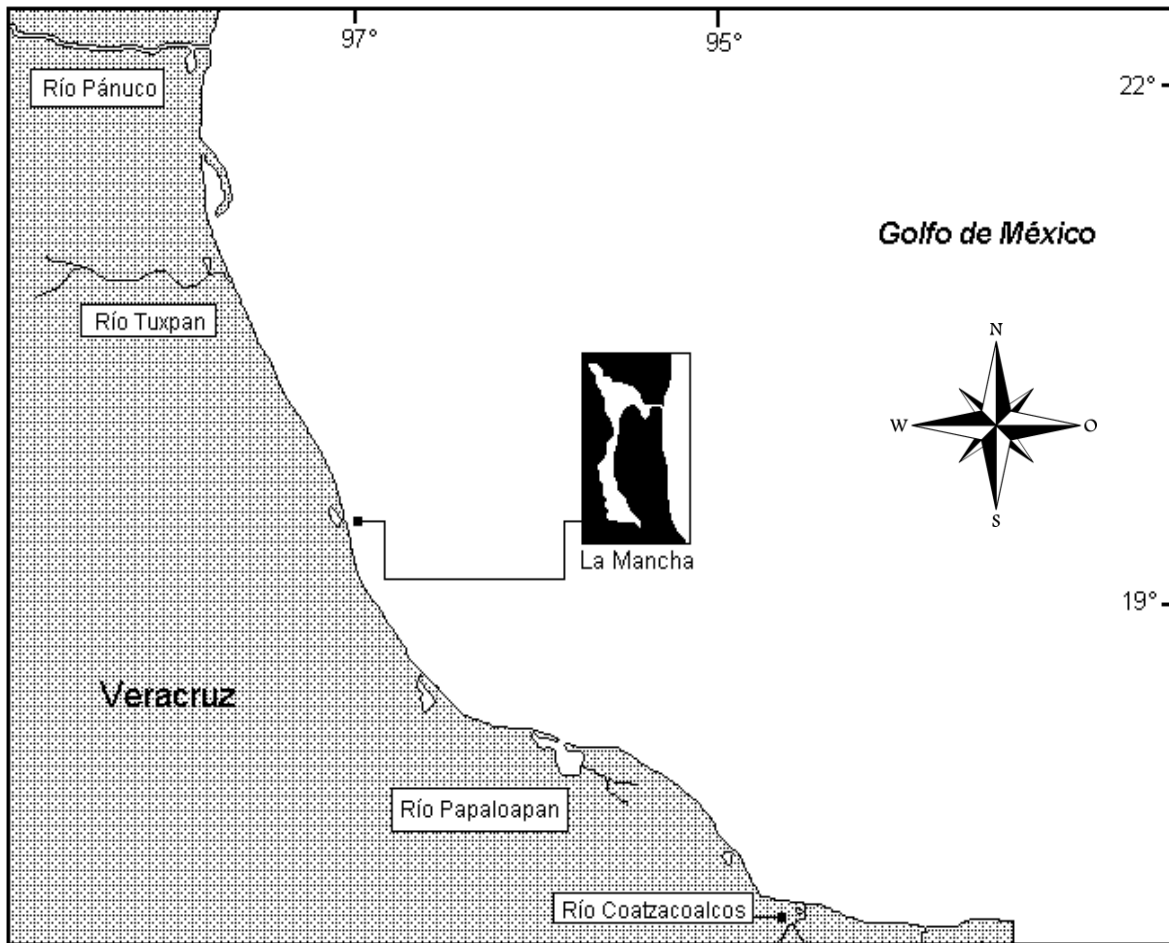


Figura 1. Toponimia del área de estudio y ubicación de la laguna La Mancha, Veracruz. [Fuente: <http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/Ver.htm> (CEDLM, 2014)]



Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en la laguna La Mancha, Veracruz. Punto de colecta con su respectiva réplica.

Fuente: Google Earth v. 7.1.2.2041

Análisis estadístico

En el análisis de la distribución y abundancia, para determinar la existencia de diferencias significativas de los promedios de cada variable biológica entre grupos (mes y hora), se evaluaron los supuestos subyacentes a los análisis paramétricos, la normalidad a través de una prueba de D'Agostino-Pearson y la homoscedasticidad a través de una prueba de Levene. Cuando se cumplió con estos supuestos se usó un Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía (F). En caso de existir diferencias significativas, seguido al ANDEVA se utilizó la prueba de comparaciones múltiples a *posteriori* de Tukey, para evaluar cuales fueron los promedios que mostraron estas diferencias. En los casos que existieron serias violaciones a los supuestos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (H), seguida cuando existieron diferencias significativas, por la prueba de comparaciones múltiples de Dunn (Zar, 2010). Para describir la posible asociación entre variables y la abundancia se utilizó correlación no paramétrica de Spearman (r_s) (Siegel & Castelan, 1988).

Análisis genético

Se seleccionó una submuestra de 20 organismos para realizar su caracterización molecular, esta selección se hizo en base a algunos patrones de coloración que exhibieron los organismos en el rostro, dado que estos se presentaron en diversos ejemplares y en claves taxonómicas sólo deberían presentarse en organismos juveniles; posteriormente se compararon otros caracteres taxonómicos de estos individuos.

A estos ejemplares 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 coloraciones.

Para obtener las muestras de ADN a los ejemplares colectados se les removió la mayor parte de aleta caudal y ésta se colocó dentro de microtubos para centrífuga, de 1.5ml de capacidad, con etanol absoluto para conservar los tejidos y se mantuvieron a -20°C.

Extracción de ADN

Para aislar el ADN genómico total de las muestras se usó un protocolo de extracción con sales (modificado de Lopera-Barrero *et al.* 2008) el cual consiste de 3 fases:

- Lisis

Se cortó un pequeño fragmento de la aleta caudal, conservada en etanol puro, y se colocó la muestra de tejido en un microtubo para centrífuga de 1.5 ml y se dejó secar; posteriormente se agregaron 410 µl de buffer de extracción [90 µl de SDS (10%) y 15 µl 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 µl de cloruro de sodio (5 M) y se mezclaron por inversión 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 µl de acetato de sodio (3 M) y 650 µl de isopropanol frío (100%) y se incubaron a -20°C por aproximadamente 24 horas.

- Lavado y resuspensión

Las muestras se centrifugaron a 14,000 rpm por 10 minutos conservando el *pellet*. Se agregaron 200 µl de etanol (80%), se mezcló manualmente y se mantuvo en refrigeración durante una hora. Se volvió a centrifugar a 14,000 rpm durante 5 minutos, se conservó el *pellet* y se dejó secar a 36°C por al menos una hora. El *pellet* se resuspendió añadiendo 50 µl de agua (grado mili Q) y se calentó (≈55°C) por 15 minutos hasta disolver el *pellet* y se mezcló para homogeneizar.

Los productos de la extracción se verificaron por medio de electroforesis en un gel de agarosa al 0.8% visualizándose en un fotodocumentador Gel Logic Imaging System (CARESTREAM), modelo GL2200PRO y se cuantificaron en un espectrofotómetro Nanodrop 2000 (Thermo Scientific).

Amplificación por PCR de regiones COI y región control mitocondriales

Para la amplificación de la región control se utilizaron los cebadores reportados por Lee *et al.* (1995). Dicha reacción de amplificación se realizó en un volumen de 25 µl, el cual estaba constituido por una mezcla de: 12.5 µl de PCR Master Mix (PROMEGA), 1.0 µl de cebador Dloop-A (TTCCACCTCTAACTCCCAAAGCTAG) (10nM), 1.0µl de cebador Dloop-G

(CGTCGGATCCCATCTTCAGTGTTATGCTT) (10 nM), 9.5 μ l de ddH₂O y 1 μ l de ADN (50 ng/ml). Esta técnica se realizó en un termociclador Corbett Research, modelo CG1-96, con una desnaturalización inicial por 5 minutos a 94°C, seguida por 35 ciclos de 45 segundos a 94°C, 90 segundos a 55°C y 60 segundos a 72°C y una elongación final de 10 minutos a 72°C.

Para la amplificación de la región COI (Citocromo Oxidasa I) cada reacción se realizó en un volumen de 25 μ l el cual estaba constituido por una mezcla de: 12.5 μ l de PCR Master Mix (PROMEGA), 0.3 μ l de MgCl₂, 1.0 μ l de cebador COI F1 (TGTA AACGACGGAAGACATTGGCAC) (10nM), 1.0 μ l de cebador COI R1 (CAGGAAACAGCTACGAAGAATCAGAA) (10 nM), 9.5 ml de ddH₂O y 1 μ l de ADN (50 ng/ml). Esta técnica se realizó en un termociclador Corbett Research, modelo CG1-96, con una desnaturalización inicial por 5 minutos a 94°C, seguida por 40 ciclos de 45 segundos a 94°C, 90 segundos a 55°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, de ambas regiones, se verificaron por medio de electroforesis en un gel de agarosa al 0.8%.

Los amplicones se purificaron siguiendo el protocolo del *Kit* de purificación de ADN UltraClean™, (MOBIO).

Secuenciación de fragmentos de ADN

Los amplicones purificados de las regiones COI y región control fueron secuenciados en ambos sentidos por medio de la técnica de Sanger con BDT en un equipo ABI Prism 3130 XL.

Se obtuvieron las secuencias consenso de cada uno de los individuos. A cada una de las secuencias consenso se les realizó un BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) (Altschul *et al.*, 1990) en la base de datos del Centro Nacional de Información sobre Biotecnología (NCBI, por sus siglas en inglés) con la finalidad de corroborar la identidad de la muestra.

Las secuencias consenso se alinearon por medio del algoritmo CLUSTAL en el editor de secuencias BIOEDIT (v. 7.2.5), y con la matriz resultante se estimaron los modelos evolutivos y se realizaron análisis de distancias genéticas y árboles de el vecino más cercano ("*neighbor joining*") con el programa Mega (v. 6.06).

Resultados

Taxonomía

Del total de especímenes capturados, se observaron diferentes características morfológicas y de coloración, pero en todos los casos determinándose como la especie de estudio. La clasificación taxonómica de *L. griseus* se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie de acuerdo con el sistema de Nelson (2006).

Phyllum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Lutjanidae
Sufamilia	Lutjaninae
Género	<i>Lutjanus</i>
Especie	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)

Con base en las claves taxonómicas de Allen (1985) y Anderson (2002) se seleccionó un total de 13 caracteres para la identificación, a nivel de especie, de los organismos capturados. Los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Descripción de los caracteres taxonómicos seleccionados para la identificación, a nivel de especie de *L. griseus*, de acuerdo con las dicotomías de Allen (1985) y Anderson (2002)

Caracter	Allen, 1985	Anderson, 2002
Espinas dorsales	10	10
Radios dorsales	14, rara vez 13	14
Punto oscuro en base de aleta pectoral	Ausente	Ausente
Aleta anal	Redondeada	Redondeada posteriormente
Longitud de radios medios anales	Considerablemente de menor tamaño que la mitad de la longitud de la cabeza	De menor tamaño que la mitad de la longitud de la cabeza
Punto oscuro bajo la dorsal	Ausente	Ausente
Dientes vomerinos	En forma de "V" o semilunar con extensión media posterior	En forma de ancla con extensión media posterior
Caninos superiores	Mucho más grandes que los inferiores	Distintamente más grandes que los inferiores
Filas de escamas del preopérculo	Usualmente 7 u 8, en ocasiones 5 a 9	Usualmente 7 u 8, en ocasiones 6 a 9
Profundidad del cuerpo	2.6 a 3.2 veces en longitud patrón/estándar	---
Branquiespinas en arco inferior	11 a 17 (incluyendo rudimentos)	---
Longitud aleta pectoral	Cercana a la distancia del hocico al margen del preopérculo	Cercana a la distancia del hocico al margen del preopérculo
Aleta pectoral	3.7 a 4.2 veces en longitud patrón/estándar	3.7 a 4.2 veces en longitud patrón/estándar

De estos caracteres, solamente cuatro no concordaron plenamente con lo establecido en las claves, en algunos individuos de la población de *L. griseus* encontrada en la laguna La Mancha, los cuales fueron: Forma de la aleta anal, Longitud de los radios medios anales respecto a la mitad de la cabeza, Número de filas de escamas en el preopérculo y Longitud de la aleta pectoral respecto a la distancia del hocico al margen posterior del preopérculo.

La forma típica (reportada en la literatura) de la aleta anal es **redondeada** o **redondeada posteriormente** (Figuras a y b, ver Anexo). En la población estudiada, la forma más típica de esta aleta fue **angular**, la cual se caracteriza por tener una prominencia triangular en la parte centro-distal (Figuras c y d, ver Anexo). La forma redondeada, descrita en las claves taxonómicas, fue la segunda más típica (Tabla 3).

Tabla 3. Número y proporción de individuos analizados con respecto al carácter: Forma de la aleta anal.

Descripción del carácter	No. Organismos	%
Redondeada	36	38.30
Angular	56	59.57
Sin forma	2	2.13

Hubo dos casos excepcionales en los que no fue posible categorizar la forma de esta aleta, debido a que estaba deformada o mutilada, producto de algún depredador o de daño por el arrastre durante el muestreo.

La longitud típica de los radios medios anales es **menor en comparación con la longitud de la mitad de la cabeza** (Figura e, ver Anexo). En la población estudiada esta misma longitud se observó en la mayoría de los organismos (76.60%; Tabla 4). El 18.09% de los

organismos evidenció radios medios anales de **mayor longitud que la mitad de la cabeza** (Figura f, ver Anexo) y tan solo el 5.32% tuvo **longitudes iguales** entre dichas estructuras (Figura g, ver Anexo).

Tabla 4. Número y proporción de individuos analizados con respecto al carácter: Longitud de los radios medios anales respecto a la mitad de la cabeza.

Descripción del caracter	No. Organismos	%
Menores	72	76.60
Mayores	17	18.09
Iguales	5	5.32

La cantidad de filas de escamas en el preopérculo oscila en un intervalo típico de **6 a 9**, en ocasiones **5**. La cantidad de filas de escamas del preopérculo de la población de estudio, en su mayoría (94.68%) estuvo **dentro del intervalo típico** reportado (Figura h, ver Anexo), con tan solo el 5.32% de los casos que estuvieron **fuera del intervalo** (Figura i, ver Anexo) (Tabla 5).

Tabla 5. Número y proporción de individuos analizados con respecto al carácter: Número de filas de escamas en el preopérculo.

Descripción del carácter	No. Organismos	%
Dentro del intervalo	89	94.68
Fuera del intervalo	5	5.32

En relación con la longitud típica de la aleta pectoral es **menor o casi igual** que la distancia que hay de la punta del hocico al margen posterior del preopérculo, el 72.34% de los organismos del estudio mostró la misma longitud típica reportada en las claves taxonómicas (Figura j, ver Anexo), el 22.34% mostró longitudes **iguales** entre los caracteres (Figura k, ver Anexo), el 4.25% mostró **mayor diferencia** en el tamaño de estas estructuras (Figura l, ver Anexo). De un solo ejemplar no fue posible tomarle medidas ya que las aletas pectorales estaban mutiladas, probablemente debido a algún depredador o por el arrastre en el muestro (Tabla 6).

Tabla 6. Número y proporción de individuos analizados con respecto al carácter: Longitud de la aleta pectoral respecto a la distancia del hocico al margen posterior del preopérculo.

Descripción del carácter	No. Organismos	%
Casi igual	68	72.34
Igual	21	22.34
Mayor diferencia	4	4.25
Sin datos	1	1.06

Caracterización molecular

La selección de los organismos para realizar la caracterización molecular, se hizo en base a 4 patrones de coloración, diferentes, en el rostro debido a su incongruencia con las claves taxonómicas. Estos patrones (morfotipos) se denominaron y describieron de la siguiente forma:

- Antifaz completo: la parte superior del rostro, desde la punta del hocico (pasando por el borde inferior del ojo) hasta el margen superior del opérculo, posee una coloración más oscura que el resto del rostro (Figura m, ver Anexo).
- Antifaz incompleto: similar al anterior, pero la coloración se trunca antes de llegar al margen superior del opérculo (Figura n, ver Anexo).
- Antifaz simple: una banda oscura que inicia posterior a la punta del hocico, pasa a través del ojo y termina pasando, o sobre, el margen superior del opérculo, en dirección a parte anterior de los radios dorsales (Figura ñ, ver Anexo).
- Antifaz deforme: la parte superior del rostro posee una serie de manchas oscuras (Figura o, ver Anexo).

Las siguientes tablas muestran a los 20 organismos seleccionados para realizar la caracterización molecular, indicando su clave asignada y el tipo de antifaz que presentaron:

Tabla 7. Lista de 10 organismos con antifaz completo, con sus respectivas claves utilizadas para el análisis molecular

Clave	Antifaz
6A2-001	completo
6A2-003	completo
6A2-006	completo
6A3-010	completo
6A3-011	completo
6A5-014	completo
6A7-020	completo
6A8-022	completo

6A8-023	completo
7A4-021	completo

Tabla 8. Lista de 10 organismos con antifaz simple, incompleto y deforme; con sus respectivas claves utilizadas para el análisis molecular

Clave	Antifaz
4A12-012	simple
5A5-006	deforme
5B12-008	incompleto
6B2-008	deforme
6B2-009	incompleto
6A7-019	incompleto
7B8-037	deforme
7A11-042	simple
8B4-006	simple
8A11-020	incompleto

Región control

Se obtuvo un fragmento de ADN de 604 pares de bases de la región control mitocondrial.

Blast identidad

Las distancias quedaron tal como se muestra en la tabla 9. Esta tabla mostró una distancia muy baja entre cada uno de los organismos analizados, lo cual indica que estos organismos no son significativamente distintos entre sí.

Asimismo se obtuvo el siguiente árbol de acuerdo con la técnica del vecino más cercano:

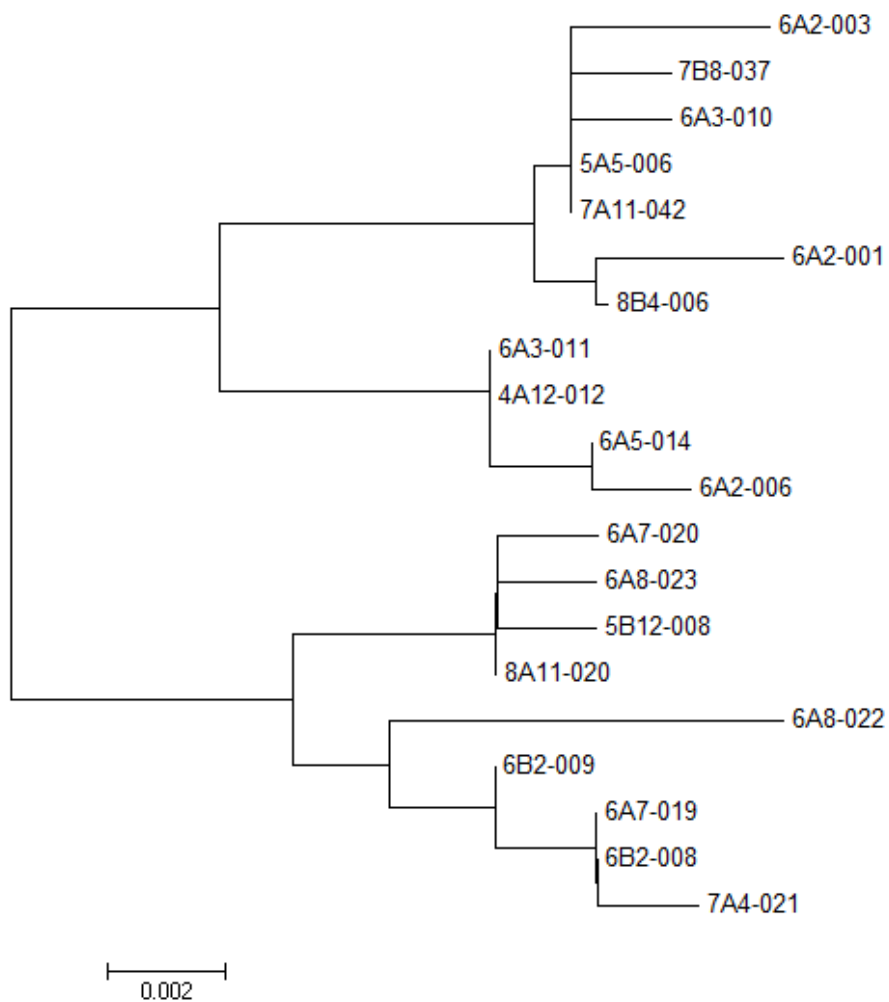


Figura 3. Árbol de vecino más cercano (“*Neighbor joining*”) correspondiente a la región control.

Tabla 9. Matriz de distancias genéticas en la población de *L. griseus* de acuerdo a la región control

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5A5-006																				
5B12-008	0.020																			
6A2-003	0.003	0.024																		
6A3-010	0.002	0.022	0.005																	
6A3-011	0.010	0.017	0.013	0.012																
6A5-014	0.012	0.019	0.015	0.013	0.002															
6A7-019	0.019	0.012	0.022	0.020	0.019	0.020														
6A7-020	0.020	0.003	0.024	0.022	0.017	0.019	0.012													
7B8-037	0.002	0.022	0.005	0.003	0.012	0.013	0.020	0.022												
4A12-012	0.010	0.017	0.013	0.012	0.000	0.002	0.019	0.017	0.012											
6A2-006	0.013	0.020	0.017	0.015	0.003	0.002	0.022	0.020	0.015	0.003										
6B2-008	0.019	0.012	0.022	0.020	0.019	0.020	0.000	0.012	0.020	0.019	0.022									
8A11-020	0.019	0.002	0.022	0.020	0.015	0.017	0.010	0.002	0.020	0.015	0.019	0.010								
6B2-009	0.017	0.010	0.020	0.019	0.017	0.019	0.002	0.010	0.019	0.017	0.020	0.002	0.008							
6A2-001	0.005	0.019	0.008	0.007	0.015	0.017	0.020	0.019	0.007	0.015	0.019	0.020	0.017	0.019						
6A8-022	0.022	0.012	0.026	0.024	0.022	0.024	0.010	0.012	0.024	0.022	0.026	0.010	0.010	0.008	0.024					
6A8-023	0.020	0.003	0.024	0.022	0.017	0.019	0.012	0.003	0.022	0.017	0.020	0.012	0.002	0.010	0.019	0.012				
7A11-042	0.000	0.020	0.003	0.002	0.010	0.012	0.019	0.020	0.002	0.010	0.013	0.019	0.019	0.017	0.005	0.022	0.020			
7A4-021	0.020	0.013	0.024	0.022	0.020	0.022	0.002	0.014	0.022	0.020	0.024	0.002	0.012	0.003	0.022	0.012	0.013	0.020		
8B4-006	0.002	0.022	0.005	0.003	0.012	0.013	0.020	0.022	0.003	0.012	0.015	0.002	0.020	0.019	0.003	0.024	0.022	0.002	0.022	

En primera instancia, la figura anterior no evidenció alguna relación significativa con los patrones de coloración propuestos, dado que estos se distribuyeron en todo el árbol.

Por consiguiente se comparó este mismo árbol con los caracteres taxonómicos que mostraron diferencias en *L. griseus* respecto a las claves taxonómicas. En las siguientes tablas se muestran los morfotipos propuestos en base a los caracteres observados en la población de *L. griseus* en la laguna La Mancha. Esta comparación entre caracteres tampoco mostró relación alguna.

Tabla 10. Lista de organismos seleccionados para el análisis molecular con sus respectivas claves y morfotipos propuestos: A.A. Forma de la aleta anal, R.M.A. Longitud de los radios medios anales respecto a la mitad de la cabeza, E.P. Número de filas de escamas en el preopérculo, A.P. Longitud de la aleta pectoral respecto a la distancia del hocico al margen posterior del preopérculo

Clave	A.A.	R.M.A.	E.P.	A.P.
4A12-012	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
5A5-006	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Igual
5B12-008	Redondeada	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
6A2-001	Angular	Mayores	Dentro del intervalo	Igual
6A2-003	Angular	Iguals	Fuera del intervalo	Mayor
6A2-006	Redondeada	Mayores	Dentro del intervalo	Igual
6B2-008	Redondeada	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
6B2-009	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
6A3-010	Redondeada	Iguals	Dentro del intervalo	Casi igual
6A3-011	Angular	Mayores	Dentro del intervalo	Igual
6A5-014	Angular	Mayores	Dentro del intervalo	Igual
6A7-019	Redondeada	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
6A7-020	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
6A8-022	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual

6A8-023	Redondeada	Menores	Dentro del intervalo	Igual
7A4-021	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Igual
7B8-037	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Igual
7A11-042	Redondeada	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual
8B4-006	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Igual
8A11-020	Angular	Menores	Dentro del intervalo	Casi igual

Región COI

Se analizó un fragmento de ADN de la región COI, de 559 pares de bases de tamaño, para realizar el análisis de distancias genéticas y un árbol del vecino más cercano.

BLAST Identidad

Las distancias quedaron tal como se muestra en la tabla 11, en donde se muestra una distancia muy baja entre cada uno de los organismos analizados, lo cual indica que estos organismos no son significativamente distintos entre sí, y aún menos que la región control, obteniéndose el siguiente árbol:

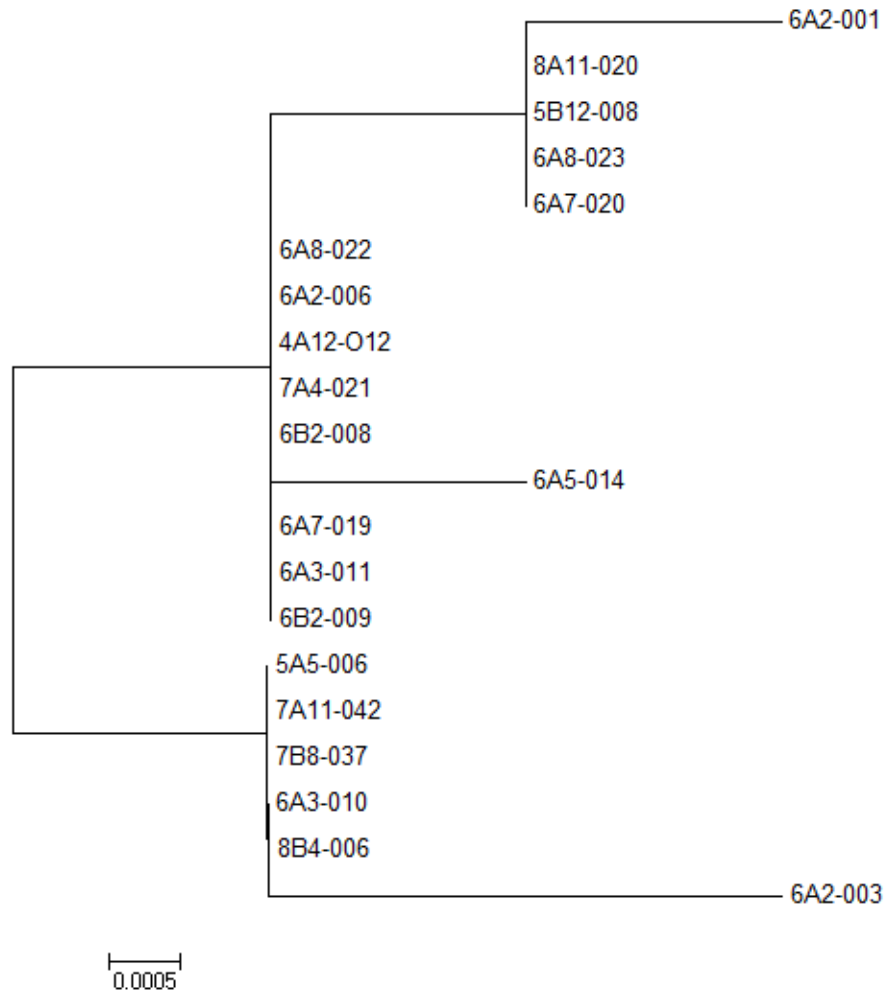


Figura 4. Árbol de vecino más cercano (“*Neighbor joining*”) correspondiente a la región COI

La figura anterior no mostró relación significativa con los patrones de coloración del rostro de *L. griseus*. También se realizó también la comparación de este árbol con los caracteres taxonómicos que mostraron diferencias respecto a las claves taxonómicas pero sin encontrarse relación alguna.

Tabla 11. Matriz de distancias genéticas en la población de *L. griseus* de acuerdo a la región COI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4A12-012																				
5A5-006	0.004																			
6A2-006	0.000	0.004																		
6A7-019	0.000	0.004	0.000																	
7A4-021	0.000	0.004	0.000	0.000																
7A11-042	0.004	0.000	0.004	0.004	0.004															
7B8-037	0.004	0.000	0.004	0.004	0.004	0.000														
6A7-020	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005													
6A8-022	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.002												
6A8-023	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.000	0.002											
5B12-008	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.000	0.002	0.000										
6A3-011	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.002	0.000	0.002	0.002									
6B2-008	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000								
6B2-009	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000							
6A3-010	0.004	0.000	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004						
6A5-014	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.004	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.005					
6A2-001	0.004	0.007	0.004	0.004	0.004	0.007	0.007	0.002	0.004	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.007	0.005				
8A11-020	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.005	0.004	0.002			
8B4-006	0.004	0.000	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.000	0.005	0.007	0.005		
6A2-003	0.007	0.004	0.007	0.007	0.007	0.004	0.004	0.009	0.007	0.009	0.009	0.007	0.007	0.007	0.004	0.009	0.011	0.009	0.004	

El código de barras de la vida obtenido a partir de la región COI fue:

```
GAGCCGGAATAGTAGGCACGGCCTTAAGCCTGCTCATTGAGCAGAACTAAGCCAACCAG
GAGCCCTTCTGGAGACGACCAGATTTATAATGTAATTGTTACAGCACATGCCTTTGTAATA
ATTTTCTTATAGTAATGCCAATCATGATTGGAGGATTTGGAACTGACTGATCCCATTAAT
GATCGGAGCCCCGACATGGCATTCCCCGAATAAATAACATGAGCTTTTGACTCCTTCCCC
CATCCTTCTACTACTACTCGCCTCTCTGGAGTAGAAGCCGGTGCCGGAACAGGATGAAC
AGTTTACCCTCCCTTAGCAGGAAATCTAGCACACGCAGGAGCATCTGTGACCTAACCATTT
TCTCCCTCCACTTAGCAGGTGTTTCTTCAATTCTAGGGGCCATCAACTTTATTACAACAATCA
TCAATATGAAACCTCCTGCCATCTCACAATATCAAACACCACTATTCGTTTGAGCCGTCCTA
ATCACTGCTGTGCTACTTCTCCTGTCCCTCCTGTACTAGCTGC-
CGGAATTACAATGCTCCTTA
```

Y se realizó su correspondiente BLAST, obteniendo un 100% de coincidencias con *L. griseus*, con la clave de acceso: JQ842206.1 del NCBI.

Ya que las coincidencias de identidad del código genético analizado en contraste con la base de datos del NCBI fueron del 100%, existe una total certeza de la identidad, a nivel de especie, de la población de estudio para la región COI.

Mientras que el código de barras de la vida obtenido de la región control fue:

```
AATATATGCTTATAATAAATAGAATGAAAACCAGACTAAAGACTTAAAAATGCTAACATCA
TAGAAGATTATTATCTCAAGTAAATAACCTATGTACATAACTTAAAAACTAACACAAAACC
CACGTCCAAAGATATACCACGGACTCAACATCCCGCCAACCTCTCACAAGTTTAAATGTAGTAA
GAACCGACCAATCTACTATTCCTTAATGCATACTTATTGAAGGTGAGGGACAAGTATCG
```


TGGGGGTCGCACCTGGTGAATTATTCCTGGCATTGGTTCCTACTTCAGGAACACTGATTG
ATATTACTCCACACACTTTCATCGACGCTTGCATAAGTTAATGGTGGTAATACATACTCCTC
ATTACCCAACATGCCGGGCGTTCACTCCAGAGGATGGCTGGTTCTCTTTTTTCGGTTTCCTT
TCACTTGGCATTTCACAGTGCACACAATGGCAGTTGAATTTAGGTTGAACAGTTTAGCCCCG
TGACTTGCAGGTAAATATGGTGTGTGGTGTAAAGATATGACTTACAAGAATTACATATCAG
GATATCAAGGACATAA-GTGCTATATTTTACTCC-TAAAATATCTAAGATA

Del BLAST correspondiente se obtuvo un 100% de coincidencias con *L. griseus*, con la clave de acceso: AY245006.1 del NCBI.

El código genético analizado tuvo un 100% de coincidencias con los registros del NCBI, lo cual demostró la identidad, a nivel de especie, de la población de estudio para la región control.

Análisis ecológico

Parámetros ambientales

En cada uno de los 288 muestreos fueron evaluados simultáneamente la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Los valores máximos y mínimos de los parámetros ambientales, así como el promedio, la desviación estándar y coeficiente de variación de los mismos, registrados a lo largo del año de estudio, en la laguna de La Mancha, se presentan en la Tabla 12. De acuerdo con estos valores, se observa la condición típicamente tropical del sistema y su condición de ambiente estuarino típico. Los valores

promedio del oxígeno disuelto, fueron relativamente altos. Asimismo, con base en los valores del coeficiente de variación, se puede observar que el parámetro ambiental que presentó mayor variación fue la salinidad y la de menor variación fue la temperatura, guardando una posición intermedia el oxígeno disuelto.

	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
Temperatura (°C)	34.7	20.9	27.32	3.12	11.42
Oxígeno disuelto (mg/lit)	8.0	2.5	5.32	1.07	20.11
Salinidad	40.0	8.0	25.12	9.09	36.19

Tabla 12. Valores máximo, mínimo, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación, de los parámetros ambientales registrados durante los 12 ciclos de muestreos nictímeros (septiembre 2012 a agosto 2013), en la laguna La Mancha, Veracruz.

Así mismo, los valores de máximo, mínimo, promedio y desviación estándar de cada uno de los parámetros ambientales a los que fue capturada la especie, se muestran en la Tabla 13.

	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
Temperatura (°C)	34.7	20.9	29.19	3.05	10.45
Oxígeno disuelto (mg/lit)	7.6	2.7	5.16	1.11	21.52
Salinidad	40.0	8.0	28.45	8.64	30.38

Tabla 13. Valores máximo, mínimo, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación, de los parámetros ambientales a los que fueron capturados los ejemplares de *L. griseus*, en la laguna La Mancha, Veracruz.

La tabla anterior en comparación con los valores mostrados en la Tabla 12 permite apreciar que el oxígeno disuelto podría actuar como un factor limitante, dado que los límites de este parámetro en cuanto a la captura de *L. griseus* no alcanzaron los valores extremos del mismo factor en relación a las condiciones generales de la laguna.

Respecto a la temperatura y la salinidad de la laguna no hubo diferencias entre los valores extremos de las condiciones generales de la laguna y los valores extremos en los que se capturó a la especie.

Análisis estacional de la abundancia

En relación con la variabilidad estacional de la abundancia (número de individuos) de *L. griseus*, se puede apreciar que los meses con mayor abundancia fueron: octubre, junio y julio; mientras que en el periodo de diciembre 2012 a marzo 2013 la abundancia se mantuvo prácticamente baja y constante (Figura 5). Por otro lado los mayores valores de la abundancia en peso (biomasa) fueron (en orden ascendente) julio, mayo y junio y los menores de noviembre a marzo (Figura 6).

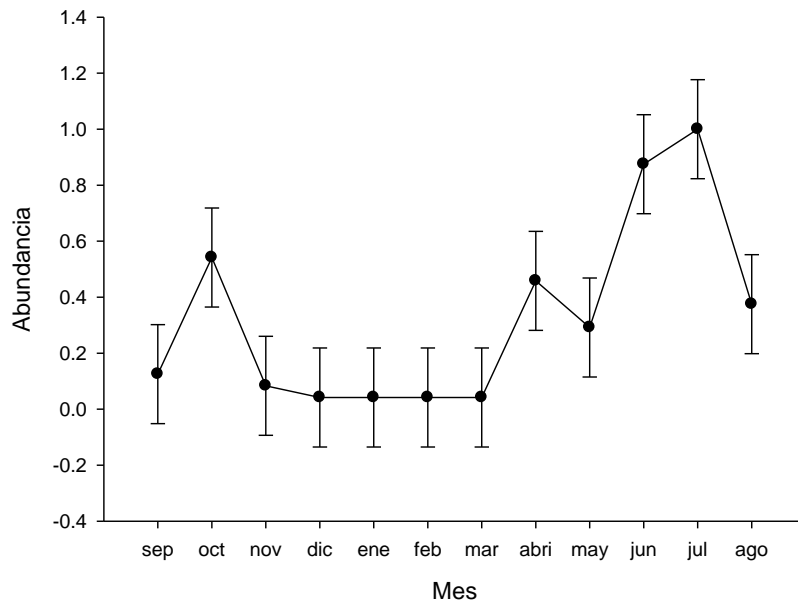


Figura 5. Valores mensuales del promedio, con su error estándar, de la abundancia en número de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

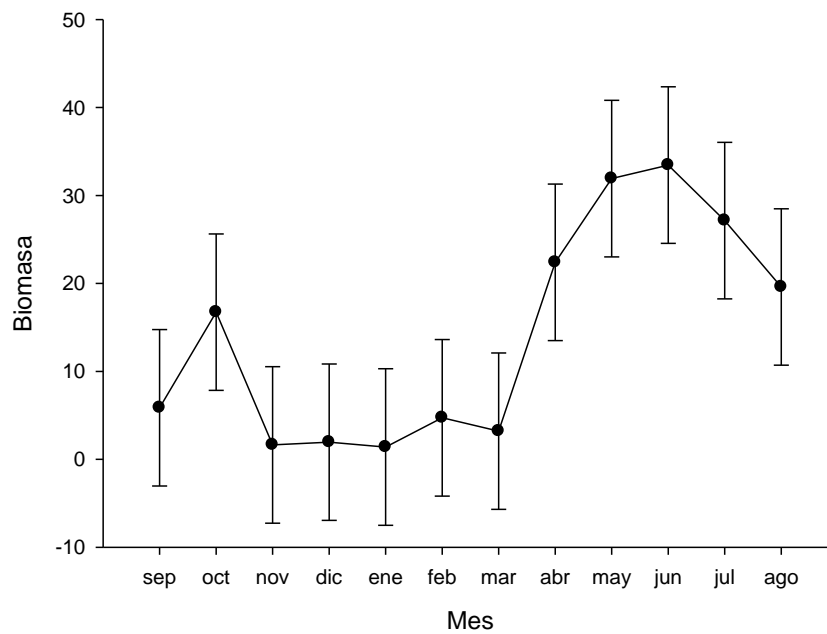


Figura 6. Valores mensuales del promedio, con su error estándar, de la abundancia en peso de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

En el caso de la abundancia mensual en número, una prueba de Kruskal-Wallis ($H = 40.707$, g.l. = 11, $p < 0.0001$) indicó que hay diferencias significativas entre los meses del estudio. Una prueba de Dunn para este caso evidenció que el mes de julio muestra diferencias significativas con el periodo de noviembre a marzo y que los demás meses no guardan diferencias significativas entre sí (Figura 5). Aunque se puede apreciar en la figura 5 que en los períodos de octubre y junio-julio pareciera haber diferencias importantes con el periodo de noviembre a marzo.

Para el caso de la abundancia en peso, una prueba de Kruskal-Wallis mostró, de igual manera, que existen diferencias significativas entre los valores mensuales ($H = 37.780$, g.l. = 11, $p < 0.0001$). De acuerdo con una prueba de Dunn, se encontró que el mes de julio posee diferencias significativas con el periodo de noviembre a marzo y que el resto de los meses no tienen diferencias significativas entre sí (Figura 6). Sin embargo, entre los periodos de mayo a julio y de noviembre a marzo parece haber diferencias importantes según lo que se observó en la figura 6.

Influencia estacional de los parámetros ambientales sobre la abundancia y la biomasa

En relación con la influencia directa de los parámetros ambientales sobre la abundancia en número de *L. griseus*, se observó que los promedios mensuales de temperatura del agua mostraron una correlación significativa ($r_s = 0.769$, $n = 12$, $p < 0.004$) con los promedios mensuales de la abundancia en número (Figura 7), siendo alto el grado de asociación.

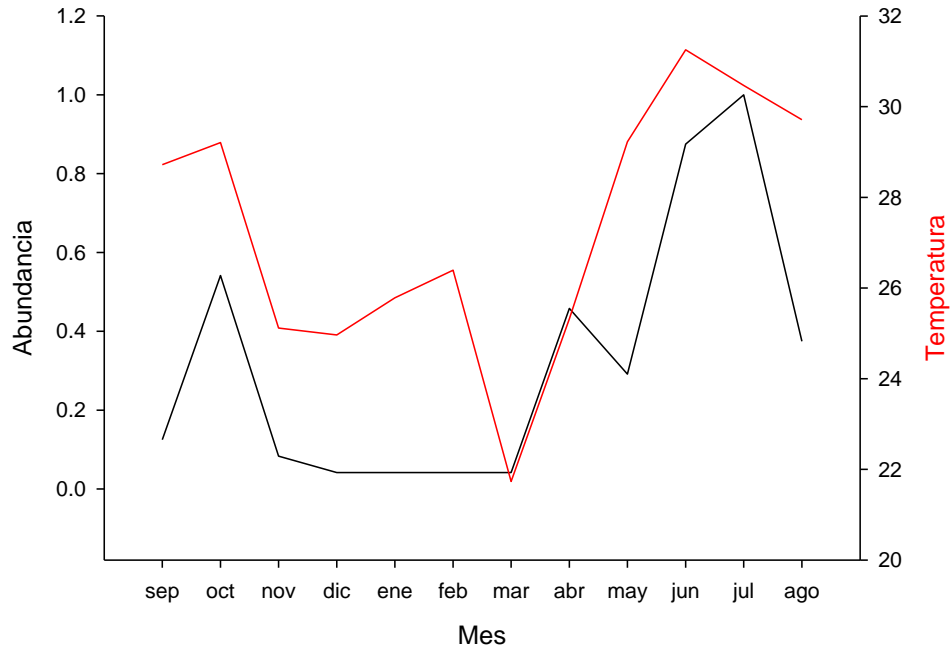


Figura 7. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

Similarmente, los promedios mensuales de la temperatura mostraron una correlación significativa con la abundancia en peso ($r_s = 0.776$, $n = 12$, $p < 0.003$) y como en el caso anterior, la asociación fue alta (Figura 8).



Figura 8. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en peso de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la temperatura.

Las dos figuras anteriores muestran que los meses con las mayores temperaturas promedio se presentan de mayo a octubre, siendo en junio cuando se presentó la máxima temperatura promedio durante el periodo de estudio, mientras que en marzo se presentó la temperatura promedio más baja.

El comportamiento de este parámetro respecto a la abundancia en número es muy similar, aunque en los meses de enero, febrero y mayo estas variables no parecen tener una asociación fuerte (Figura 7). Muy parecido es el comportamiento de la temperatura y la biomasa, aunque con una ligera variación en febrero (Figura 8).

En las figuras siguientes se puede observar el comportamiento de la salinidad de la laguna, la cual presentó sus máximos valores en los meses de noviembre, diciembre, abril y julio. Mientras que los valores mínimos correspondieron a los meses de septiembre, octubre, febrero y marzo.

Respecto a la relación entre los promedios mensuales de la abundancia en número de *L. griseus* y la salinidad de la laguna no existió correlación significativa ($r_s = 0.167$, $n = 12$, $p = 0.603$) (Figura 9). Este mismo análisis entre la biomasa y la salinidad ($r_s = 0.076$, $n = 12$, $p = 0.812$) tampoco mostró una asociación significativa (Figura 10).

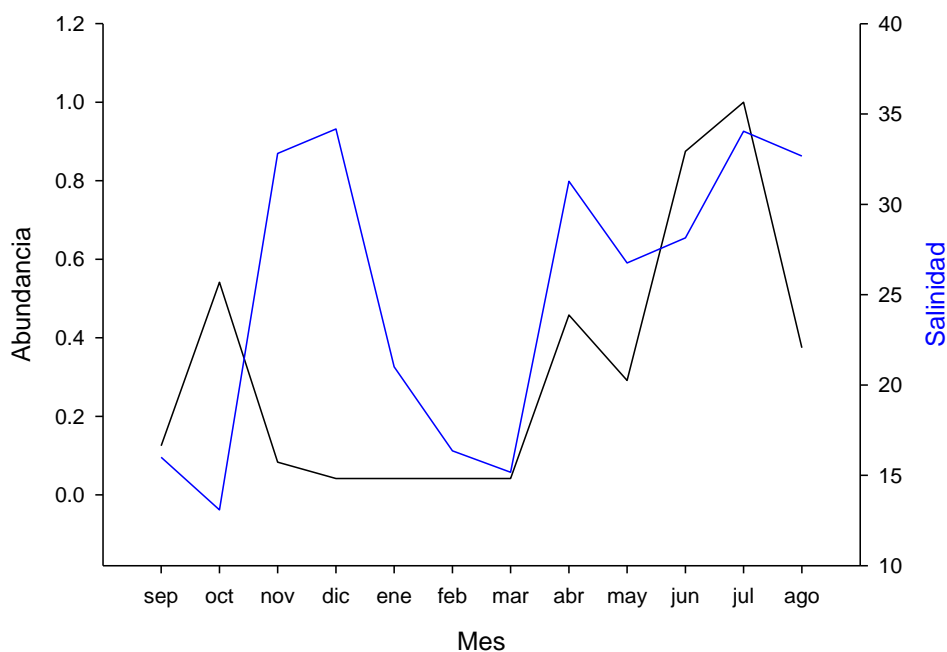


Figura 9. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

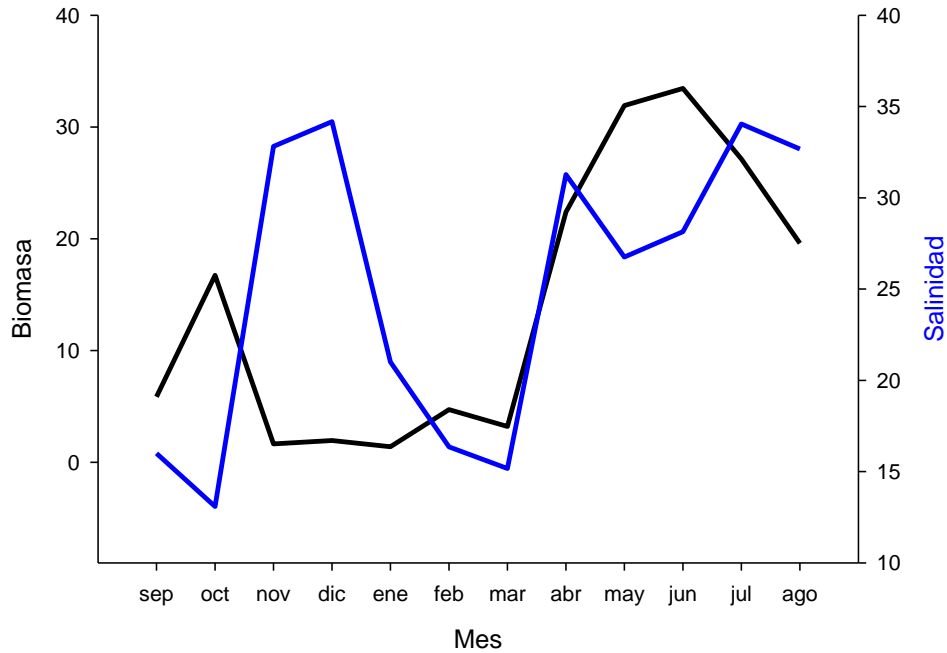


Figura 10. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en peso de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales de la salinidad.

En el periodo de septiembre a diciembre la asociación de la abundancia en número de *L. griseus* con la salinidad fue aparentemente inversa, mostrando una asociación más directa de marzo a agosto; a pesar de que, en términos generales, el análisis de correlación indicó que no hay relación entre estas variables (Figura 9). Similarmente, la biomasa de *L. griseus* parece tener una relación directa con la concentración de la salinidad en el periodo comprendido de febrero a abril y de mayo a junio. El resto de año parece que la relación entre estas variables es inversa (Figura 10).

Las figuras siguientes muestran que el comportamiento del oxígeno disuelto, el cual mostró los valores más altos al final de la época fría (enero, febrero y marzo), mientras que en septiembre se observó la más baja concentración. El resto de los meses fluctuaron alrededor de los 5mg/L.

El análisis de correlación de Spearman indicó una asociación indirecta pero no significativa entre los promedios mensuales de la abundancia en número y el oxígeno disuelto ($r_s = -0.431$, $n = 12$, $p = 0.162$) (Figura 11), y lo mismo ocurrió para la biomasa ($r_s = -0.455$, $n = 12$, $p = 0.138$) (Figura 12).

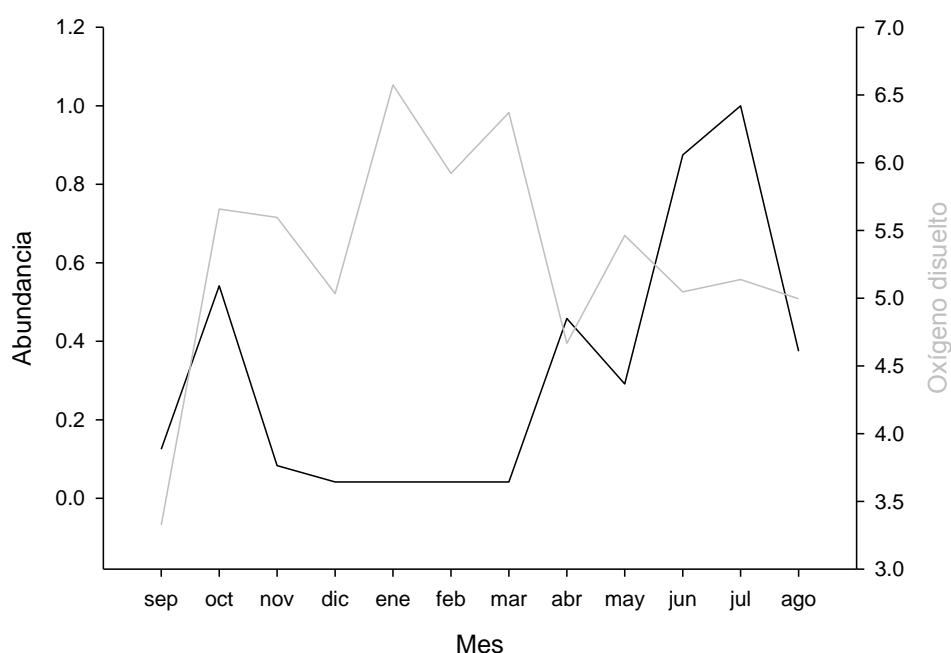


Figura 11. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales del oxígeno disuelto.

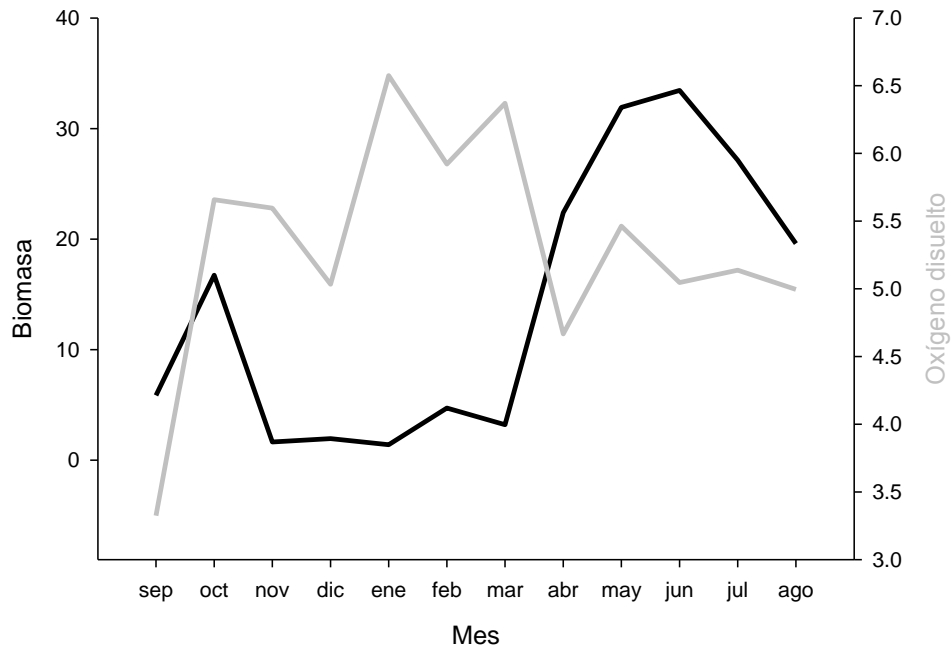


Figura 12. Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios mensuales del oxígeno disuelto.

Únicamente en los periodos de septiembre a octubre y de julio a agosto pareciera que hay una asociación directa del oxígeno disuelto con la abundancia en número de *L. griseus* mientras que el resto del año se observaron patrones inversos (Figura 11). Respecto al comportamiento de este mismo parámetro con la biomasa la posible asociación encontrada estaría de septiembre a octubre, de abril a mayo y de julio a agosto; en el resto del año se observaron patrones inversos (Figura 12).

Análisis nictímero de la abundancia

En relación con la variación nictímera de la abundancia en número, se puede observar que en el período de las 16:00 a las 20:00 horas (crepúsculo) hubo una mayor captura de organismos, mientras que de las 2:00 a las 4:00 horas (noche) y de las 10:00 a las 14:00 horas (medio día), la captura fue menor que en el resto de los muestreos (Figura 13). En cuanto a la biomasa, a las 12:00 horas se observa un bajo valor de esta variable, el cual se va incrementando hasta alcanzar un punto máximo a las 20:00 horas (Figura 14).

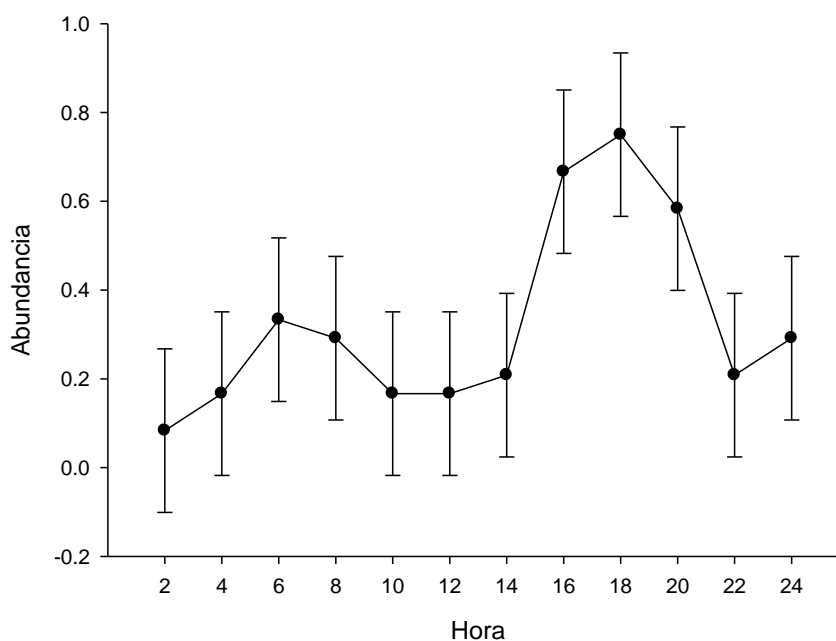


Figura 13. Valores promedio por hora, con su correspondiente error estándar, de la abundancia en número de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

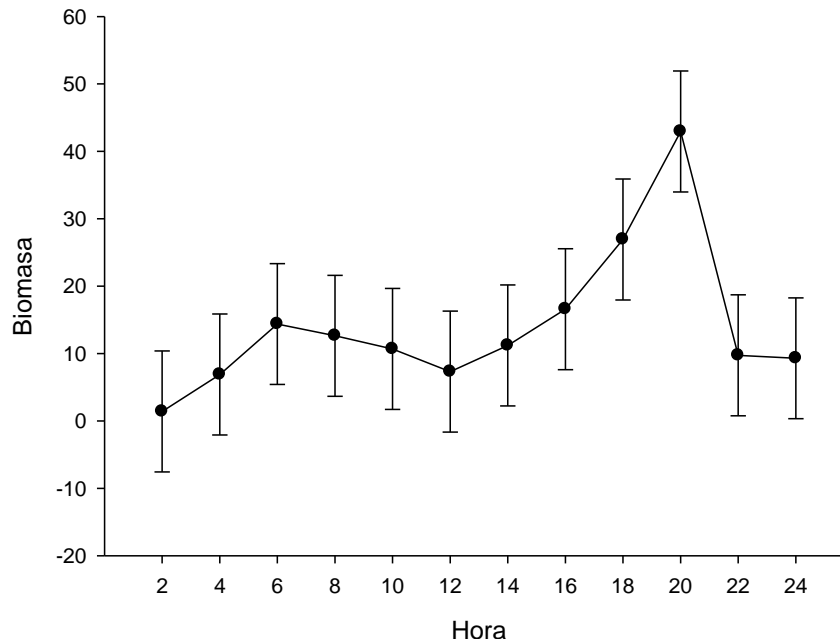


Figura 14. Valores promedio por hora, con su correspondiente error estándar, de la abundancia en peso de *L. griseus* en la laguna La Mancha.

No obstante lo anterior, el comportamiento nictímero de la abundancia en número y en peso, no mostraron diferencias significativas entre horas ($H = 11.215$, g.l. = 11 $p = 0.425$; $H = 10.644$, g.l. = 1, $p = 0.474$).

Influencia nictímera de los parámetros ambientales sobre la abundancia y la biomasa

En relación con la variación nictímera de las variables ambientales, se puede observar que existió un comportamiento congruente respecto de las temperaturas promedio por hora, estando las más altas presentes de las 12:00 a las 18:00 horas, a partir de las cuales comienza a descender la temperatura, hasta alcanzar el valor más bajo a las 6:00 horas.

Desde este punto la temperatura comienza a incrementarse nuevamente. La temperatura promedio más alta se registró a las 14:00 horas (Figura 15).

De acuerdo con la figura 15 se puede observar que de las 2:00 a las 18:00 horas la abundancia en número de *L. griseus* tiene un comportamiento inverso en relación con la temperatura y solo a partir de las 18:00 a las 24:00 horas el comportamiento tiende a ser directo. Algo muy similar se observó en la biomasa, aunque el comportamiento inverso tuvo lugar de las 2:00 a las 20:00 horas y de 20:00 a 24:00 el comportamiento entre biomasa y la temperatura fue directo (Figura 16).

Así, el análisis de correlación de Spearman indicó que la variación nictémera de los promedios de abundancia en número por hora, respecto a los promedios por hora de la temperatura registrada, no tiene correlación significativa ($r_s = 0.194$, $n = 12$, $p = 0.546$) (Figura 15). La asociación de la biomasa con la temperatura tampoco mostró correlación significativa ($r_s = 0.266$, $n = 12$, $p = 0.404$) (Figura 16).

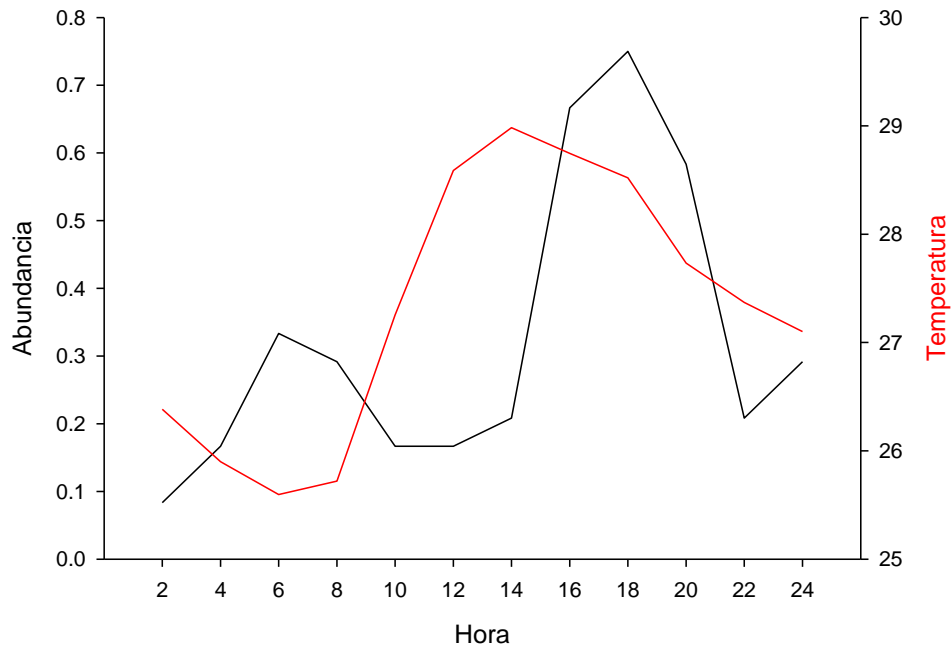


Figura 15. Comportamiento nictímero de los promedios por hora de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora de la temperatura.

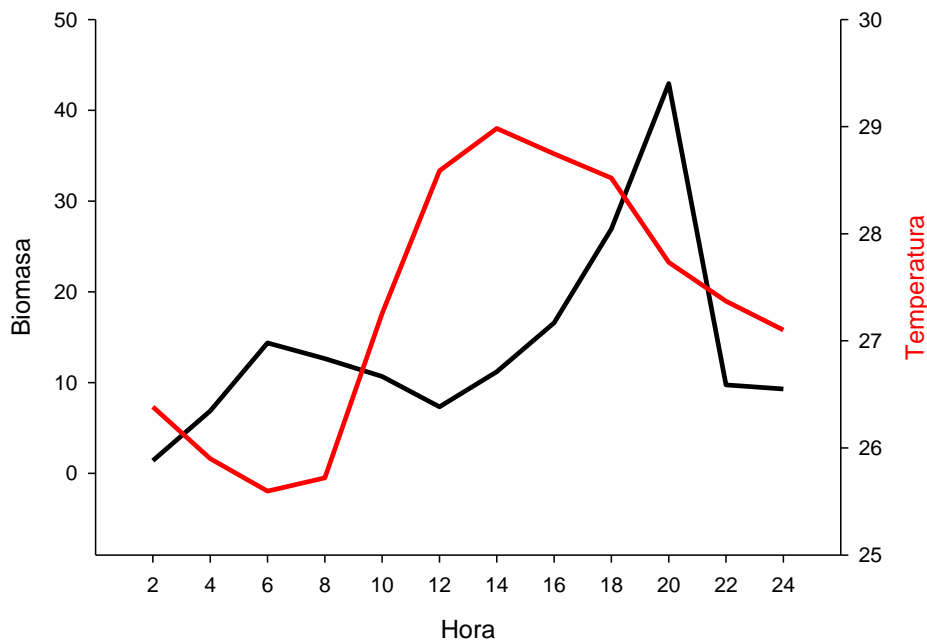


Figura 16. Comportamiento nictímero de los promedios por hora de la abundancia en peso de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora de la temperatura.

El comportamiento nictímero de los promedios por hora de la salinidad presenta algunos pulsos separados. El primero se presenta a las 2:00 horas, el siguiente a las 6:00 horas y uno más de las 14:00 y las 16:00 horas, teniendo su registro más bajo a las 10:00 horas.

En cuanto a la abundancia en número de *L. griseus* y la salinidad, en la figura 17 se pudo apreciar una asociación directa, pero poco marcada, de 4:00 a 16:00 horas y de 18:00 a 22:00 horas, mientras que los restantes intervalos de tiempo mostraron una asociación inversa. Con respecto a la biomasa y la salinidad, los intervalos de tiempo de asociación directa e inversa fueron más pronunciados.

En este sentido, la relación entre los promedios por hora de la abundancia de *L. griseus* y los promedios de la salinidad, según el análisis de correlación de Spearman no es significativa ($r_s = 0.403$, $n = 12$, $p = 0.194$) (Figura 17) Los promedios por hora de la biomasa de *L. griseus* y la salinidad de la laguna, tampoco presentaron asociación significativa ($r_s = 0.354$, $n = 12$, $p = 0.259$) (Figura 18).

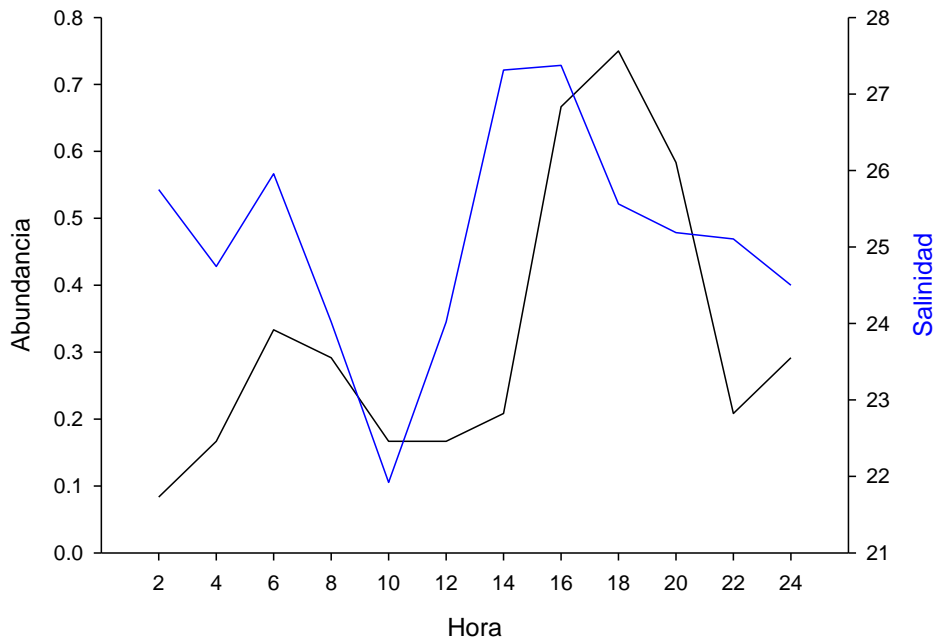


Figura 17. Comportamiento nictímico de los promedios por hora de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora de la salinidad.

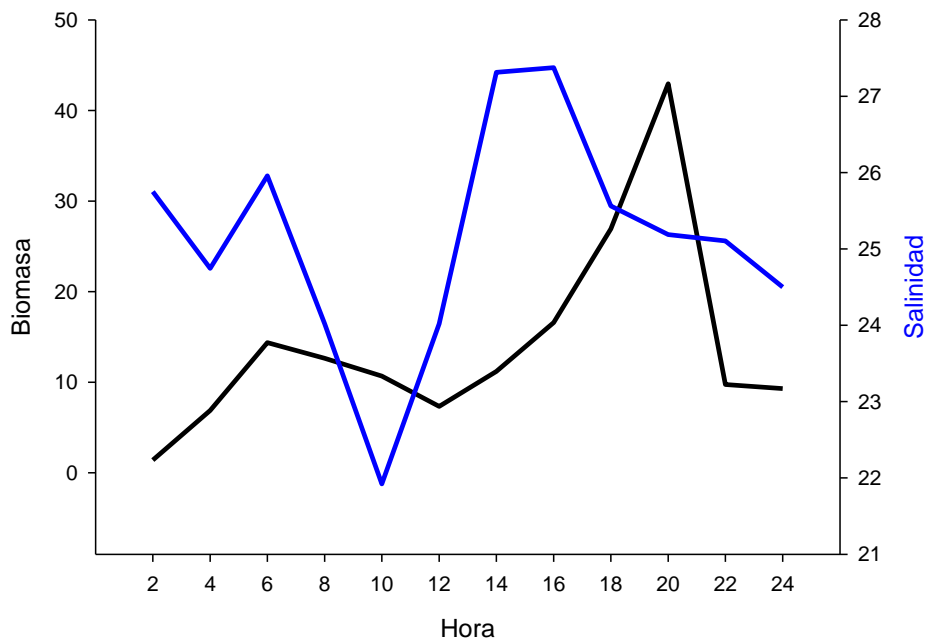


Figura 18. Comportamiento nictímico de los promedios por hora de la abundancia en peso de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora de la salinidad.

El comportamiento nictímero del oxígeno disuelto presentó sólo dos pulsos marcados, uno a las 12:00 y otro a las 18:00 horas. El valor promedio más bajo se registró a las 8:00 horas. A partir de esta hora comienza un incremento, casi continuo en la concentración del oxígeno, hasta alcanzar su máximo a las 18:00 horas y desde este punto la concentración comienza a decrecer nuevamente.

Este parámetro ambiental comparado con la abundancia en número de la especie de estudio mostró cierta asociación directa en algunos intervalos de tiempo (de 16:00 a 24:00 horas) y mostró asociación inversa en los intervalos de tiempo restantes (2:00 a 6:00 y de 10:00 a 16:00 horas) lo cual sugiere que no existe una relación significativa entre ambos parámetros (Figura 19). Por su parte, la biomasa y el oxígeno disuelto exhibieron un comportamiento muy parecido, ya que los intervalos de tiempo de asociación directa e inversa fueron casi los mismos (Figura 20).

En consecuencia de lo anterior, el análisis de Spearman evidenció que los promedios por hora del oxígeno disuelto no se asocian significativamente con los promedios por hora de la abundancia en número de *L. griseus* ($r_s = 0.250$, $n=12$; $p = 0.432$) (Figura 19), presentando la biomasa un comportamiento casi similar ($r_s = 0.343$, $n=12$, $p = 0.276$) (Figura 20).

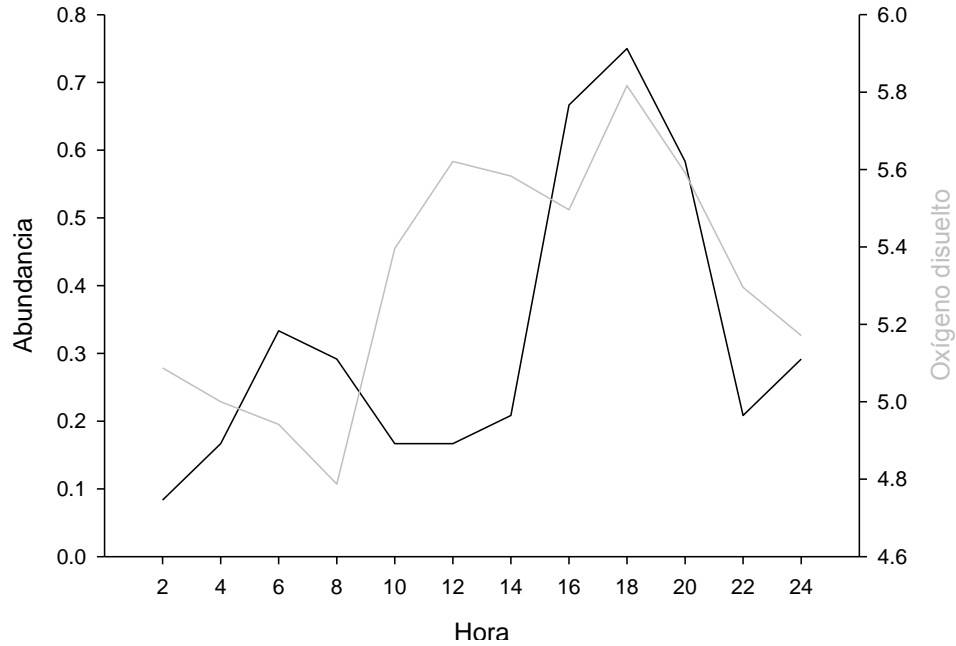


Figura 19. Comportamiento nictímero de los promedios por hora de la abundancia en número de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora del oxígeno disuelto.

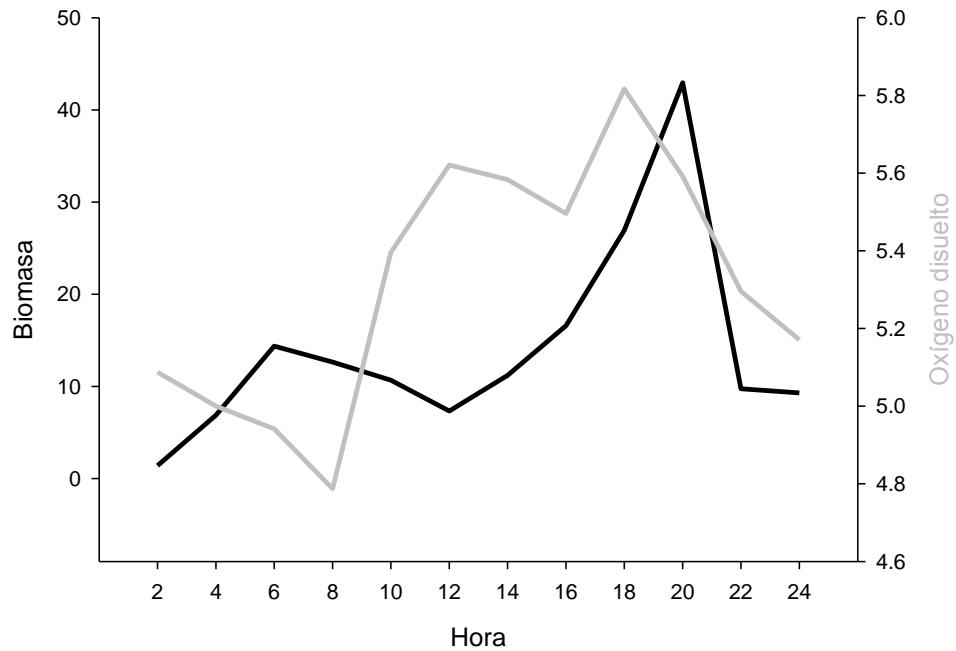


Figura 20. Comportamiento nictímero de los promedios por hora de la abundancia en peso de *L. griseus* y su relación con los promedios por hora del oxígeno disuelto.

Discusión

Aunque en algunos casos, los caracteres taxonómicos que las claves utilizadas consideran como importantes, no correspondieron plenamente con las variaciones mostradas por los individuos de la población de *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) de la laguna de la Mancha, la evaluación conjunta de todos los caracteres taxonómicos permite determinar con certeza la identidad de esta especie, lo cual fue confirmado con el análisis genético. Por lo anterior, el presente estudio permite ampliar los intervalos de variación de dichos caracteres y enriquece sus criterios de variabilidad morfológica.

Esto también confirma, la enorme variabilidad morfológica y de coloración que presentan muchas especies de la familia Lutjanidae, al menos en el Golfo de México (Allen, 1985; Anderson, 2002).

Todos los ejemplares analizados con ambos marcadores, tienen una identidad de 100% con *L. griseus* y entre ellos tienen distancias genéticas muy pequeñas; lo cual indica que todos pertenecen a una misma población a pesar de las diferentes características morfológicas que presentan. Es importante aclarar que una identidad del 100% no siempre se logra. Así, Pegg *et al.* (2006) y Hubert *et al.* (2008) realizaron estudios donde identificaron especies de peces por análisis genéticos y obtuvieron de un 95 a un 98% de coincidencias en la identificación, porcentajes que resultaron ser suficientemente significativos en tales análisis.

Las agrupaciones basadas en similitud taxonómica que arrojaron los análisis de el vecino más cercano no corresponden con ninguna de las características morfológicas que se consideraron en este estudio debido a la problemática que generan al momento de

identificar a los organismos con las claves taxonómicas de Allen (1985) y Anderson (2002), por lo que se consideran parte de la variación fenotípica que presenta esta población.

En relación con el análisis ecológico, los meses en que se presentó la mayor abundancia en número de *L. griseus* en la laguna fueron octubre junio y julio, y los de menor abundancia de noviembre a marzo (Figura 5); en cuanto a la biomasa mayo, junio y julio fueron los meses con los valores más altos de esta variable (Figura 6) y el periodo de noviembre a marzo tuvo los valores más bajos. Así, la especie es menos abundante en la época fría y más abundante en la época cálida, lo cual se relaciona con la condición tropical de la especie.

Considerando la influencia directa de las variables ambientales, sobre su distribución y abundancia relativa dentro del sistema, se observó que los valores máximo y mínimo de temperatura a los que se capturó a *L. griseus* (Tabla 13) fueron los mismos valores alcanzados por la temperatura del agua de la laguna a lo largo del estudio (Tabla 12), por lo que se deduce que este parámetro no limita de manera severa la presencia de la especie en la laguna. Sin embargo, la temperatura sí podría influir de manera directa o indirecta en la abundancia de *L. griseus*. Así, Arceo-Carranza *et al.* (2010) mencionan que la temperatura se relaciona con la biomasa íctica de algunas especies, mientras que Moyle & Cech (2000) señalan que la temperatura (entre otras variables) influye en los movimientos de los peces. En este sentido, en el presente estudio se observó que los mayores promedios mensuales de abundancia (tanto en número como en biomasa) correspondieron con las temperaturas más altas y esta misma correspondencia se observó con las menores abundancias y bajas temperaturas (Figuras 7 y 8), tal como lo confirmó la

correlación directa altamente significativa entre los promedios mensuales de estas variables.

Como en el caso de la temperatura, la concentración de salinidad mensual no parece limitar de manera importante la presencia de *L. griseus* en la laguna. A pesar de lo anterior, Arceo-Carranza *et al.* (2010) afirman que la salinidad es la variable que más influye en la abundancia y biomasa de los peces, ya que a mayores concentraciones de sal encontraron los más altos valores de abundancia. Por otra parte, Marshall y Grossell (2005) afirman que una aclimatación satisfactoria de un intervalo de salinidad a otro involucra una gran cantidad de respuestas fisiológicas y órganos osmorreguladores por lo que esta especie prefiere aguas donde prevalezcan salinidades isosmóticas. Además, algunos estudios indican que otros factores como el sexo y la madurez de los organismos podrían explicar la variación de la abundancia de los organismos (Stauffer *et al.*, 1985; Claro *et al.*, 2001 Serrano *et al.*, 2010).

La salinidad, en el presente estudio, aparentemente no tuvo una importancia relevante, dado que no tuvo asociación significativa con la abundancia (en número y peso) de *L. griseus* (Figuras 9 y 10). Por tal razón, dicha variable podría estar asociada a otros factores. Uno de estos factores podría ser el régimen de precipitación local. En este sentido, algunos estudios ha señalado que el comportamiento de la salinidad en sistemas estuarinos, está fuertemente influenciado de manera inversa por la precipitación (Castillo-Rivera, 2013).

En relación con lo anterior, en el presente estudio se observó que durante ciertos períodos, la relación entre la salinidad y la abundancia fue inversa, lo que podría implicar una relación directa con la precipitación. De hecho, los períodos de máxima abundancia de la especie (junio-julio y octubre) corresponden con el período de máximas precipitaciones dentro del sistema. En relación con las lluvias, esto se puede asociar con el aporte de nutrientes y materia orgánica alóctona hacia dentro del sistema, vía escurrimiento. El aporte de nutrientes incrementa la producción primaria, favoreciendo la ruta de pastoreo dentro del sistema. Por su parte, el aporte de materia orgánica favorece el desarrollo de la ruta detritívora, también dentro del sistema. El fortalecimiento de ambas rutas podría tener un efecto en el aumento de los recursos tróficos que consume la especie. Así, probablemente parte de los patrones estacionales de la abundancia, se relacione con las respuestas tróficas de la especie. Este fenómeno ha sido ampliamente reportado en otros estudios del Golfo de México (Castillo-Rivera & Zárate-Hernández, 2001; Castillo-Rivera *et al.*, 2010; Castillo-Rivera, 2013).

Al igual de cómo se observó con la temperatura y la salinidad, los intervalos de variación del oxígeno disuelto de cuando fue capturada la especie (Tabla 13) y los intervalos de variación de este parámetro en todo el sistema (Tabla 12) fueron prácticamente los mismos, por lo que evidentemente el oxígeno disuelto difícilmente podría actuar como un factor limitante para la presencia de esta especie dentro del sistema. No obstante lo anterior, con la información presentada en las tablas 12 y 13, se observó que los intervalos del oxígeno disuelto en el que se capturaron ejemplares de *L. griseus* estuvieron por debajo del límite máximo registrado en la laguna y por encima del límite mínimo, lo cual

sugiere que el oxígeno disuelto en este estrecho margen de valores extremos, sí podría actuar como un factor limitante. Asimismo, dado que la relación del oxígeno disuelto con la abundancia en número y la biomasa no son significativas (Figuras 11 y 12), podría considerarse que la concentración del oxígeno disuelto de la laguna, tampoco puede ser un factor que regule la distribución y abundancia de la especie.

En términos del comportamiento nictímero de la abundancia en número y peso de *L. griseus*, las mayores se presentaron entre las 16:00 y 20:00 horas que corresponden a las últimas horas de luz y al ocaso del sol; mientras que la menor abundancia se presentó de 02:00 a 04:00 horas y de 10:00 a 14:00 horas (Figuras 13 y 14). A pesar de este comportamiento consistente, los promedios por hora de las abundancias no mostraron diferencias significativas, lo cual se puede deber a dos razones fundamentales. La primera es que los cambios por hora suceden de manera gradual y en consecuencia la variabilidad a diferentes horas (medida por el error estándar de la media), se sobreponen, lo que genera que no existan diferencias significativas. Por otro lado, la falta de significancia se puede deber también a la variación estacional de la abundancia de la especie, la cual es muy baja durante la época fría, por lo que entre las 16:00 y 20:00 horas predominan los valores de "0", mientras que en la época de lluvias (junio-octubre), cuando la especie es más abundante, en el atardecer y ocaso del sol (16:00-20:00 horas), la especie registra las mayores abundancias, lo que deriva en una relación no significativa.

Lubbers *et al.* (1990) estudiaron las comunidades y estructura de peces de un estuario del Atlántico Norte y encontraron que la más alta abundancia ocurría entre el crepúsculo y la media noche (18:00 y 24:00 horas, respectivamente) y la más baja durante la madrugada

(06:00 horas); Arceo-Carranza *et al.* (2010) también registraron una mayor captura de peces en el periodo crepuscular en la laguna de Celestún, Yucatán. Un comportamiento similar se observó tanto en la abundancia en número como en la biomasa de *L. griseus* de La Mancha; aunque, la biomasa a partir de las 12:00 horas mostró un incremento gradual, el cual alcanzó su máximo valor a las 20:00 horas y después se redujo abruptamente el valor de esta variable. Todo esto indica que existe una relación entre los pulsos de actividad de los peces y las horas de luz y de penumbra, tal como lo sugieren Castillo-Rivera *et al.* (2005; 2010). Este comportamiento crepuscular-nocturno, ha sido asociado en diferentes estudios, con las respuestas tróficas de la especies. Así, se ha observado que las especies depredadoras (típicamente carnívoras), como es el caso de *L. griseus*, presentan sus mayores abundancias durante el anochecer y/o durante la noche (Castillo-Rivera *et al.*, 2010; Zárate-Hernández *et al.*, 2012).

En relación con la influencia nictímera de las variables ambientales, se observó que las mayores abundancias en número y biomasa, así como las menores, no tuvieron un asociación significativa con temperatura (Figura 15 y 16), salinidad (Figuras 17 y 18) y oxígeno disuelto (Figuras 19 y 20), por lo cual no es posible asociar la presencia y abundancia de de *L. griseus* con los valores de estos parámetros, registrados a lo largo del día.

Conclusiones

La identificación de especies por análisis genéticos resultó ser una herramienta muy útil y de gran eficiencia para la corroboración de la identificación taxonómica de esta especie. Gracias a ella, la comparación de los caracteres taxonómicos con la caracterización molecular de *Lutjanus griseus* indicó que esta población presenta una amplia diversidad fenotípica, la cual no está relacionada con su identidad genotípica. Así, caracteres de valor taxonómico como: la aleta anal, los radios medios anales, las escamas del preopérculo y la aleta pectoral (así como sus respectivas estructuras y formas comparativas) podrían requerir de estandarización, en cuanto a su descripción, para esta población de estudio.

En cuanto al análisis ecológico, a nivel estacional, la temperatura parece ser el factor ambiental abiótico más importante en la regulación de la distribución y abundancia (en peso y número) de *L. griseus* en la laguna de La Mancha; mientras que las respuestas tróficas parecen ser el factor biótico más relevante en la determinación de su abundancia dentro del sistema. A nivel nictímero, el factor ambiental abiótico más importante se relaciona con el ciclo de luz/oscuridad, mientras que las respuestas tróficas, como factor biótico, también parecen jugar un papel importante en el comportamiento de la abundancia a lo largo de un día.

A pesar de que el oxígeno disuelto en el agua de la laguna no tuvo una asociación significativa con las abundancias, en número y peso, de *L. griseus*; se sugiere (en base a las tablas comparativas 12 y 13) que la concentración de este parámetro ambiental podría actuar como un factor regulador de la distribución y abundancia de esta especie a nivel estacional.

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. Vol. 6. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fish. Synop. 6, 125:208.
- Anderson W.D. 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 No. 5. Rome, FAO. 2002. 1375-2127.
- Arceo-Carranza D., Vega-Cendejas M.E., Montero-Muñoz J.L. & Hernández M.J. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 823-837
- Bruns T.D., White T.J. & Taylor J.W. 1991. Fungal Molecular Systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 525-564.
- Castillo-Rivera M. & Zárate R. 2001. Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, 11(1):75-84.
- 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): 227-238.

- Castillo-Rivera M., Zárate-Hernández R., Ortiz-Burgos G.S. & Zavala-Hurtado J.A. 2010. Diel and seasonal variability in the fish community structure of a mud bottom estuarine habitat in the Gulf of Mexico. *Marine Ecology*, 31(4): 633–642.
- 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(3A): 311-319.
- CEDLM. 2014. Ecosistemas litorales de México [en línea]. México D.F. [fecha de consulta 24 de febrero de 2014]. Disponible en: <http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/Ver.htm>
- Chester A. & Thayer G. 1990. Distribution of spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*) and gray snapper (*Lutjanus griseus*) juveniles in seagrass habitats of western Florida Bay. *Bulletin of Marine Science* 46: 345–357.
- Claro R., Lindeman K. & Parenti L. 2001. Cuban Fisheries: historical trends and current status. In: Claro R., Lindeman K., & Parenti L. (eds). *Ecology of the Marine fishes of Cuba*, pp. 194–219. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Druzhini A.D. 1970. The range and biology of snappers (Fam. Lutjanidae). *Journal of Ichthyology*, 10: 717-736.
- España H.P. 2003. Ecological importance of snappers in the stability of modeled coastal ecosystems. *Ecol Model* 168: 13-24.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 252pp

- Hubert N., Hanner R., Holm E., Mandrak N. E., Taylor E., BurrIDGE, M., Watkinson D., Dumont P. Curry A., Bentzen P., Zhang J., April J. & Bernatchez L. 2008. Identifying Canadian freshwater fishes through DNA barcodes. *Plos One*, 3(6): 1-8.
- Lara Domínguez, A.L., J. Franco López, C. Bedia Sánchez, L.G. Abarca Arenas, S. Díaz Ruiz, A. Aguirre León, C. González Gándara, M. Castillo-Rivera 2011. Diversidad de peces en los ambientes costeros y plataforma continental Vol. II: 505-516. In: *La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. ISBN:-607-7607-51-9.
- 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.
- Ley J., McIvor C. & Montague C. 1999. Fishes in mangrove prop-root habitats of northeastern Florida Bay: distinct assemblages across an estuarine gradient. *Estuarine Coastal Shelf Science* 48, 701–723.
- Lopera-Barrero N.M., Povh J.A., Ribeiro R.P., Gomes P.C., Jacometo C.B. & Silva T. 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.
- Lubbers L., Boynton W.R. & Kemp W.M. 1990. Variations in structure of estuarine fish communities in relation to abundance of submersed vascular plants. *Marine Ecology Progress Series*, 65: 1-14.

- Marshall W. & Grosell, M. 2005. Ion transport, osmoregulation and acid-base balance. In: Evans D. & Claiborne J.B., (eds). *Physiology of Fishes*, pp. 177–230. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Moreno-Casasola P. (Ed.) 2006. *Entornos Veracruzanos: la costa de la Mancha*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México, 576pp
- 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.
- Moyle P.B. & Cech J. J. 2000. *Fishes: an Introduction to Ichthyology*. 4th Ed. Prentice-Hall. New Jersey. 612pp
- Nelson J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4° ed. John Willey and Sons Inc., New York, 366pp
- Páiz-Medina L. & Huete-Pérez A. 2008. DNA Barcode, una alternativa para identificar especies del Complejo Midas Cichlidae en Nicaragua. *Encuentro* 25(81): 99-111.
- Pegg G. G., Sinclair B., Briskey L., & Aspden W. 2006. MtDNA barcode identification of fish larvae in the southern Great Barrier Reef, Australia. *Scientia Marina*. 70S2: 7-12.
- Polovina J.J. & Ralston S. 1987. *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*. Westview Press, Boulder, 659 pp. In: Cruz E. & Molina W.F. 2008. Cytogenetic analysis in western Atlantic snappers (Perciformes, Lutjanidae). *Genetics and Molecular Biology* 31, 2:461-467.
- Rabalais N.N., Carney R.S. & Escobar-Briones E.G. 1999. Overview of continental shelf benthic communities on the Gulf of Mexico. 171-195. In: H. Kumpf, K. Steidinger and K.

- Sherman (eds.) The Gulf of Mexico large marine ecosystems: assessments, sustainability and management. Blackwell Science, Malden, Massachusetts.
- 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. Bol Téc CEPENE, v 11. In: Cruz E. & Molina W.F. 2008. Cytogenetic analysis in western Atlantic snappers (Perciformes, Lutjanidae). Genetics and Molecular Biology 31(2): 461-467.
- Rodríguez-Santiago & Aurea E. 2009. Mitochondrial DNA analyses for species identification of snappers from Caribbean waters. Dissertation Abstracts International. 69 (9), suppl. B, 81pp
- Sadovy Y., Rosario A. & Román A. 1994. Reproduction in an aggregation grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. Environmental biology of fishes 41: 269-286.
- Sambrook K.J. & Russell D.W. 2001. Molecular cloning a laboratory manual. Vol. I, II y III. 3ed. Ed. Cold spring harbor laboratory press, New York, 2400pp
- SEMARNAT. 2011. Fondo para el medio ambiente mundial. Evaluación y Manejo Integrado del Gran Ecosistema Marino del Golfo de México [en línea]. México, D.F. Septiembre 2011 [fecha de consulta 30 de noviembre de 2013]. Disponible en: <http://iwlearn.net/iw-projects/1346/reports/gom-lme-tda-spanish>
- Serafy J., Faunce C. & Lorenz J. 2003. Mangrove shoreline fishes of Biscayne Bay, Florida. Bulletin of Marine Science 72: 161–180.

- Serrano X., Grosell M. & Serafy J.E. 2010. Salinity selection and preference of the grey snapper *Lutjanus griseus*: field and laboratory observations. *Journal of Fish Biology* 76: 1592-1608.
- Serrato A., Cornejo A. & Amilpa O. 2013. La biodiversidad y evolución en ambientes acuáticos analizados con herramientas moleculares. *Hidrobiológica* 23(3): 275-286
- Sherman K. 1994. Sustainability, biomass yields, and health of coastal ecosystems: an ecology perspective. *Marine Ecology Progress Series* 112: 277-301.
- Siegel S. & Castellan N.J. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, 2° ed. McGraw Hill, New York. 399pp
- Stauffer J., Hocutt C. & Goodfellow W. 1985. Effects of sex and maturity on preferred temperatures: a proximate factor for increased survival of young *Poecilia latipinna*. *Hydrobiologia* 103, 129–132.
- Stevenson D.K. 1981. Biology of the gray snapper, *Lutjanus griseus* (Linnaeus), in the Florida Keys, 224 pp. In: W.A. Stark & R.E. Shroeder (eds.) *Investigations on the gray snapper, Lutjanus griseus*. University of Miami Press, Florida.
- Wuenschel M.J., Hare J.A., Kimbal M.E. & Able K.W. 2012. Evaluating juvenile thermal tolerance as a constraint on adult range of gray snapper (*Lutjanus griseus*): A combined laboratory, field and modeling approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 436-437: 19-27.
- Zar J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5th Ed., Prentice Hall. New Jersey.

Zárate-Hernández R., Castillo-Rivera M., Sanvicente-Añorve L. & Ortiz-Burgos S. 2012.
Spatial, diel, and seasonal changes in the fish community structure of a Mexican
tropical estuary. *Ciencias Marinas*, 38(4): 665–676.

Anexo

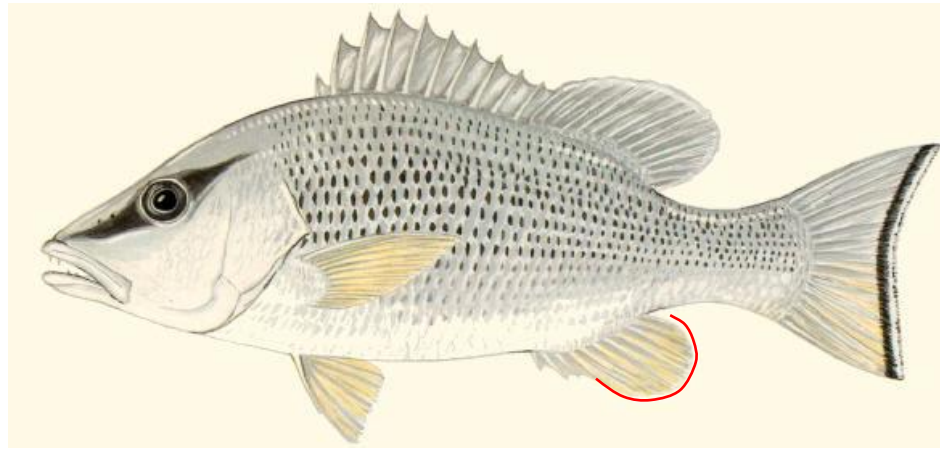


Figura a. Ilustración de *L. griseus*, en rojo se resalta la forma redondeada típica de la aleta anal de esta especie.

Fuente: Allen (1985)

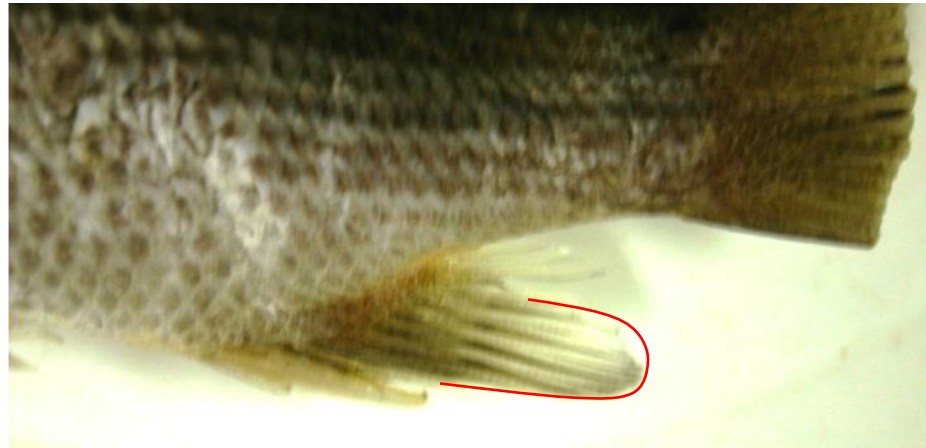


Figura b. Fotografía de la aleta anal de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), en rojo se resalta la forma redondeada típica de la aleta anal de esta especie.



Figura c. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), en rojo se resalta la forma angular que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie



Figura d. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), en rojo se resalta la forma angular que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie

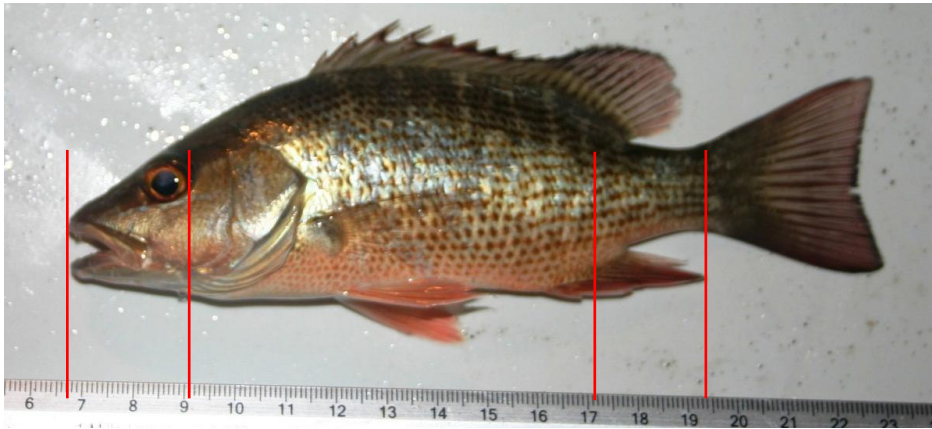


Figura e. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de los radios medios anales, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es menor (22 mm) en comparación con la longitud de la mitad de la cabeza (24 mm)

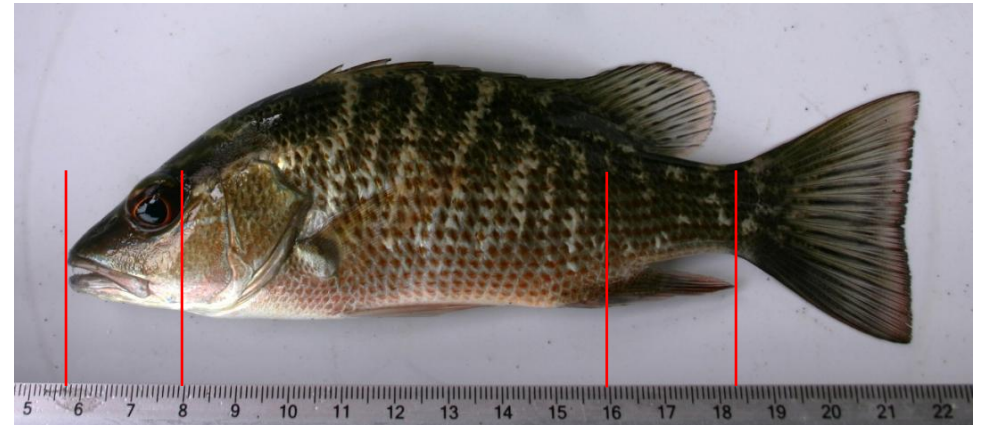


Figura f. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de los radios medios anales, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es mayor (24 mm) en comparación con la longitud de la mitad de la cabeza (23 mm)

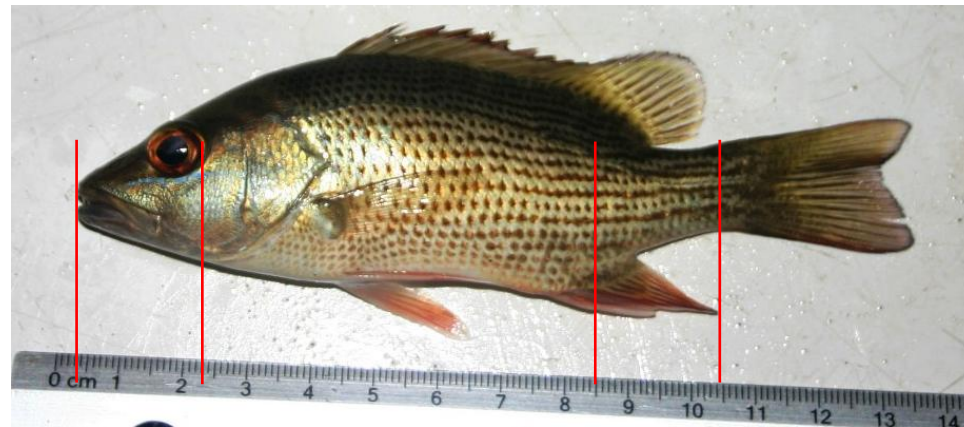


Figura g. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de los radios medios anales, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es igual en comparación con la longitud de la mitad de la cabeza (20 mm)

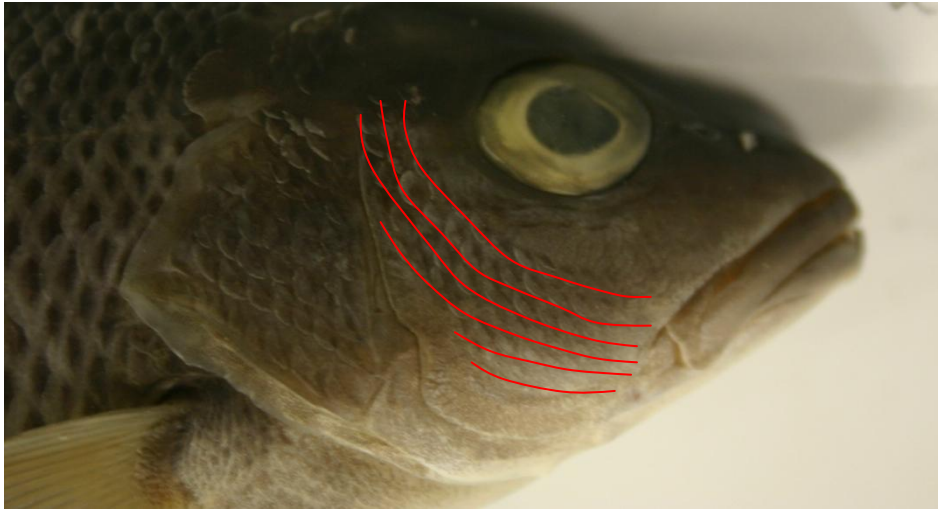


Figura h. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observan 6 filas de escamas sobre el preopérculo, lo cual indica que se encuentra dentro del intervalo reportado en las claves taxonómicas de Allen (1985) y Anderson (2002)

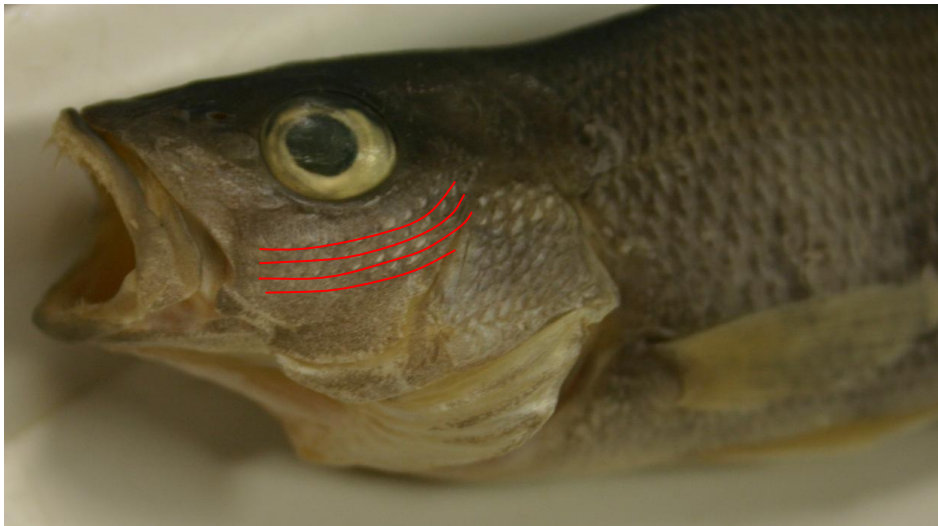


Figura i. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observan 4 filas de escamas sobre el preopérculo, lo cual indica que está fuera del intervalo reportado en las claves taxonómicas de Allen (1985) y Anderson (2002)

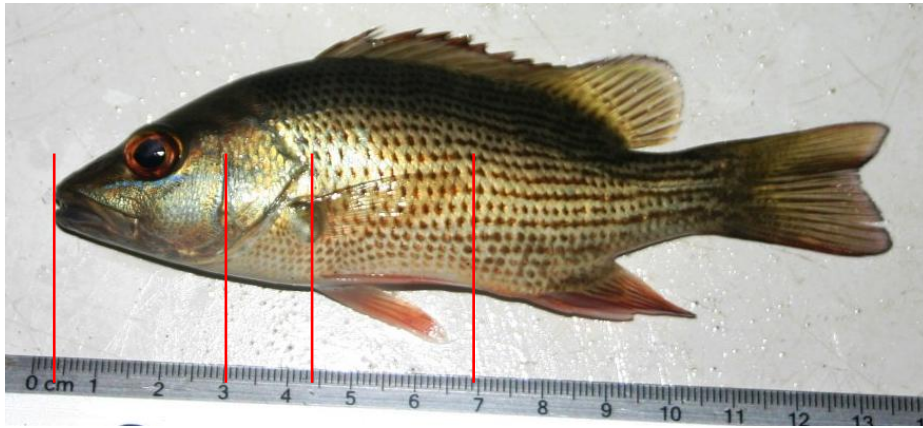


Figura j. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de la aleta pectoral, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es menor o casi igual (25 mm) a la distancia del hocico al preopérculo (27 mm)

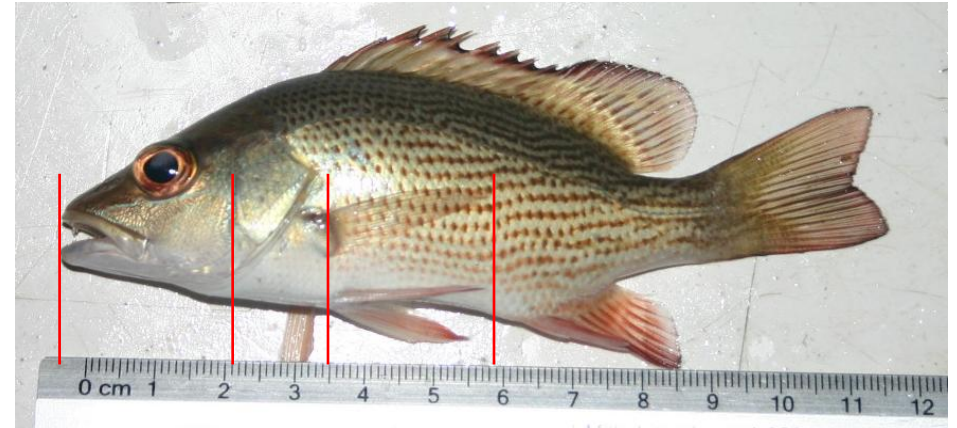


Figura k. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de la aleta pectoral, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es exactamente igual a la distancia del hocico al preopérculo (24 mm)

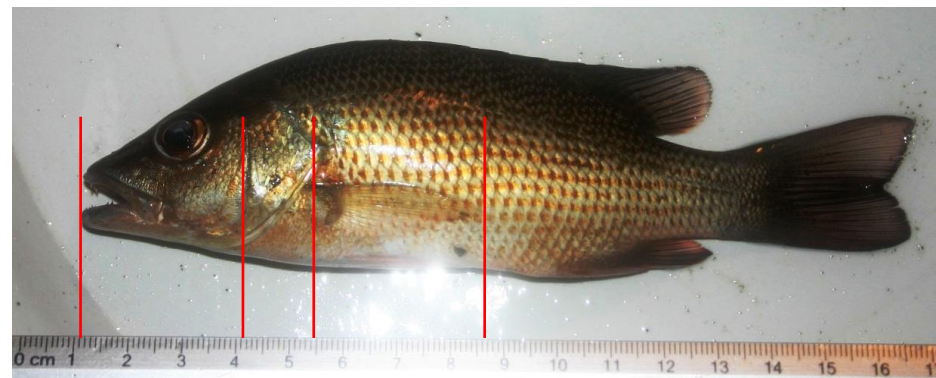


Figura l. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se indica que el tamaño de la aleta pectoral, que presentaron algunos de los ejemplares de esta especie, es mayor (32 mm) a la distancia del hocico al preopérculo (30 mm)



Figura m. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observa el "Antifaz completo"



Figura n. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observa el "Antifaz incompleto"



Figura ñ. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observa el "Antifaz simple"



Figura o. Fotografía de un ejemplar de *L. griseus* (colectado en La Mancha), donde se observa el "Antifaz deforme"