



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**ECOMORFOLOGÍA DE
Anchoa mitchilli (Valenciennes, 1848)
EN DOS LAGUNAS COSTERAS DE
VERACRUZ, MÉXICO.**

**TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER TÍTULO DE
B I Ó L O G A
P R E S E N T A:
IVONNE CHAVARRIA CIRILO**

**DIRECTOR DE TESIS:
BIÓL. EDGAR PELÁEZ RODRÍGUEZ**



LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 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.



En memoria de mi bajista favorita,

Fer se que muy pronto nos volveremos a ver....

Agradecimientos

A mi Familia y Amigos:

A mis padres; papá gracias por cada uno de los consejos y regaños que me haz dado, por todo tu apoyo y cariño incondicional, pero sobre todo por ayudarme día a día a cumplir cada una de mis metas. Mamá gracias por todo tu apoyo, comprensión y cariño incondicional durante toda mi vida y por estar siempre ahí, a pesar de todo. Gracias a ustedes soy una mejor persona día a día, los amo!!!

A mis hermanos, que desde siempre han estado ahí en los mejores y peores momentos de mi vida; Mónica y Fernando gracias por todo su apoyo y cariño y Rocío gracias por todo tu apoyo, cariño y sobre todo por ser uno de mis modelos a seguir en la vida.

A Héctor, gracias por ser mi compañero, amigo, confidente, cómplice y sobre todo la persona más importante de mi vida; por apoyarme en cada una de mis locuras (incluida la realización y culminación de esta tesis), por aguantar cada uno de mis berrinches, por todas las dosis de besitos y risas diarias, por darme ánimos en los peores momentos de mi vida y en especial gracias por todo tu cariño y amor. Te amo mucho Héctor y no lo olvides SIEMPRE JUNTOS, pase lo que pase.

A mis queridas niñas, Any y Lala, gracias por ser mis mejores amigas desde el día uno de esta aventura en la universidad, por todo su cariño, amistad y apoyo, sobre todo por cada uno de los momentos buenos y malos que vivimos juntas (incluidas esas interminables pláticas) y se que aunque el tiempo pase seguiremos siendo amigas, las adoro chicas!!!

A mis queridos pelafustanes gracias por su invaluable amistad; Many gracias por tu apoyo y cada uno los momentos de risa y bullying mutuo, Ferb gracias por cada una de las pláticas profundas de amigos que hemos tenido y por tu apoyo, Esteban (hermanito de tesis) gracias por todo tu apoyo y ánimos para que llegáramos al final de este camino, por esas charlas en el laboratorio y por cada uno de los momentos tan especiales que vivimos juntos y Azul gracias por tantos momentos agradables juntos, niños los quiero mucho!!!

Agradecimientos

A mis sinodales y profesores:

A mi queridísimo tutor el biólogo Edgar, gracias profe por ayudarme a cumplir este sueño de convertirme en bióloga, por cada uno de los conocimientos que me compartió, por enamorarme de la ecología y de los peces y por motivarme a seguir aprendiendo día a día y de todas las personas. Y gracias por ser un gran amigo por darme todo su apoyo y confianza.

A la bióloga Asela, profesora gracias por enseñarme las maravillas de la ecología y del océano, por cada uno de sus comentarios y consejos que me regaló desde que la conozco y sobre todo muchas gracias por ser una de mis más grandes motivaciones para ser una de las mejores biólogas y una mejor persona.

Al profesor Adolfo, profesor muchas gracias por cada una de las correcciones y recomendaciones que me hizo para mejorar y enfocar este trabajo, gracias a estos comentarios aprendí mucho.

Al profesor Rafa, gracias profe por todo su apoyo y por cada uno de los consejos y recomendaciones que me dió para mejorar este trabajo y sobre todo gracias por ser uno de los pocos profesores que creyó en mí.

A la profesora Norma, doctora muchas gracias por todos sus consejos en pro de este trabajo, gracias por creer en mí y por enseñarme que la ecología es una de las mejores ramas de la biología.

Al biólogo Jose Luis, profe gracias por todo lo que me enseñó y por todo lo que aprendimos juntos, por todo su apoyo y tiempo para el término de esta tesis y gracias por esos momentos tan gratos que vivimos en el laboratorio, sobre todo por su amistad.

Índice de contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	5
Justificación.....	7
Hipótesis.....	7
Objetivos	8
Áreas de estudio.....	8
Sistema Lagunar Vega de Alatorre.....	8
Sistema Lagunar Mandinga.....	10
Material y Métodos.....	12
Resultados.....	15
➤Parámetros ambientales.....	15
➤Resultados morfométricos y merísticos para ambas poblaciones.....	16
➤Morfometría y estructura poblacional (clases de talla).....	20
➤Morfometría y estructura trófica	29
Análisis y discusión de resultados.....	32
-Parámetros ambientales.....	32
-Morfometría y merística para ambas poblaciones.....	35
-Morfometría y estructura poblacional (clases de talla).....	36
-Morfometría y estructura trófica.	38
Conclusiones.....	40
Literatura citada.....	42



Resumen

Anchoa mitchilli (Valenciennes, 1848) conocida como anchoa de caleta, es una especie de consumo humano, se caracteriza por tolerar cambios de salinidad y temperatura, lo cual le permite habitar diferentes ambientes. De modo que al ser una especie con una distribución amplia bajo distintas condiciones ambientales, entonces mediante un análisis de morfometría geométrica será posible identificar estructuras morfológicas con variaciones significativas, propias de cada ambiente. La ecomorfología permite entender la relación entre la morfología y la anatomía funcional, con la ecología de las especies del sistema que habiten, apoyándose del uso de los análisis de morfometría geométrica que le permiten discriminar stocks fenotípicos poblacionales. En este trabajo se analizó los componentes de la morfometría geométrica de *A. mitchilli* que aportan diferencias en su ecomorfología así como algunos parámetros de la estructura poblacional, en dos lagunas costeras: Laguna Grande y Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz. Para esto el estudio se dividió en dos etapas: trabajo en campo donde se recolectaron los peces con un chinchorro en cada laguna, registrando los parámetros ambientales pertinentes; y la de laboratorio donde se estimaron las clases de talla para cada población mediante el método de Bhattacharya y se tomaron los datos morfométricos mediante la captura de fotografías para ser procesadas con el software Tps Dig Versión 2.16 mediante la colocación de landmarks, con lo que se realizó un análisis de componentes principales (ACP), análisis discriminante múltiple (ADM) y análisis de variación canónica (AVC) para la comparación entre clases de talla por población, con el uso del software MorphoJ Versión 1.03D. El ACP reveló diferencias en la morfometría entre stocks poblacionales lo cual se corroboró con el ADM, diferencias definidas por: la posición de mandíbula inferior y superior, longitud de aleta dorsal y aleta anal, altura del pedúnculo y origen de aleta pélvica, las cuales son atribuidas a las condiciones ambientales, entre las cuales se resalta la disposición de recursos es decir tipos alimenticios propios de cada sitio. Además de encontrar mediante el AVC diferencias entre clases de talla dadas por estructuras cefálicas, lo que sugiere un crecimiento alométrico.





Introducción

Anchoa mitchilli conocida como anchoa de caleta o bocarón, es una especie de la Familia Engraulidae del Orden Clupeiformes ubicado dentro de la Clase Actinopterygii (Froese y Pauly, 2013) de gran importancia ecológica, dada por la ubicación que ocupa en la cadena trófica marina, entre el plancton y los piscívoros (consumidores secundarios); la cual permite el flujo de energía biológica de productores a consumidores superiores generando estabilidad en el ecosistema costero (Lapolla, 2001), además de que es popularmente utilizada por los pescadores como carnada para la pesca y para consumo humano como pasta de anchoas (Carpenter, 2002).

A. mitchilli posee una amplia distribución, que va desde el Atlántico Occidental Norte hasta el Golfo de México (Carpenter, 2002); estos engraulidos generalmente habitan aguas tropicales, templadas, neríticas y estuarinas, pero comúnmente se encuentran cercanos a la costa y manglares, en aguas poco profundas con fondos fangosos (Masterson, 2008) y en aguas salobres a menos de 25 m de profundidad (Carpenter, 2002), formando cardúmenes que pueden alcanzar una biomasa considerable a pesar de que los individuos que los conforman alcanzan tallas pequeñas. Se caracterizan por tolerar grandes cambios de salinidad y temperatura e incluso se ha reportado cierta tolerancia a variaciones considerables de oxígeno disuelto en el agua, es decir muestra tolerancia a áreas con stress ambiental (Robinette, 1983). Su alimentación esta basada en pequeños organismos bentónicos y planctónicos y se pueden reproducir más de una vez al año, tanto en estuarios como en alta mar sobre la plataforma continental pero con menos frecuencia (Santos *et al.*, 1998).

Esta especie con características ecológicas particulares y su amplio intervalo de distribución puede desarrollarse con gran facilidad dentro del Golfo de México, el cual posee una gran variedad de ambientes marinos-costeros adecuados (Robles, 2009), como los son las lagunas costeras; las cuales son de gran importancia ecológica por sus complejos mecanismos de producción marina litoral (Pérez, 2007) y de diversidad de nichos que constituyen localidades en las que se encuentran de modo permanente, cíclico, estacional u ocasional, sustentando poblaciones de varias especies de origen marino, dulceacuícola y vicaria (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).





Para poder observar las relaciones que hay entre la función que desempeña una especie en una comunidad con su forma del cuerpo se utiliza la ecomorfología (Motta *et al.*, 1995), la cual pretende entender como la variación morfológica existente entre individuos, poblaciones, inclusive en taxa mayores; da lugar a una variación ecológica (Bock, 1994), entendiéndose así como las funciones dependen de las formas biológicas y la interacción con los patrones de uso de los recursos presentes en el ambiente como espacio, alimentación, reproducción y crecimiento, por mencionar algunos (Koehl, 1996). La ecomorfología permite entender la relación entre la morfología y la anatomía funcional, con la ecología de las especies como lo son la competencia, la estructura de las comunidades ecológicas, comportamiento trófico, la diversidad de los taxones, etc., es decir por causas ecológicas del sistema que habiten (Bohórquez-Herrera, 2009). Sin embargo, otros autores han propuesto definiciones más precisas de la ecomorfología, por ejemplo Winkler (1988), propone que se trata de una variación conjunta entre la morfología y la ecología es decir una covariación entre variables aleatorias; esto basándose en los enfoques analíticos que utilizó en sus estudios, los cuales se trataban de técnicas de correlación utilizadas para investigar la variación observada en los organismos y en los factores ambientales. Dichos estudios se basan en:

- a) Las formulaciones de hipótesis que predicen la correlación entre un rasgo morfológico y una condición ecológica. Esto incluye observaciones sobre la relación adaptativa supuesta o demostrada y la selección apropiada de caracteres a medir.
- b) La recopilación de datos pertinentes de muchas especies y condiciones del medio ambiente, y el análisis de los datos por técnicas adecuadas de covarianza. Las medidas se toman en los individuos de una serie de especies estrechamente relacionadas por lo general, es decir, los miembros de un género o de una familia. El análisis de estos datos es por algún método de correlación estadística tales como el análisis de componentes principales.
- c) Y finalmente en la explicación ecológica de las correlaciones encontrando la confirmación de la relación predicha en el grupo de organismos (Bock, 1994).

Por las características biológicas y ecológicas de *A. mitchilli* ya mencionadas y a su





amplia distribución, se esperaría una mayor variedad de respuestas fenotípicas, y en consecuencia presentar variaciones morfológicas sobre un gradiente ambiental. Para poder comprobar este tipo de especulaciones la ecomorfología utiliza ampliamente los análisis de morfometría y merística que incluso puede darnos una determinación de procesos microevolutivos en muchas especies de valor comercial (Gacitúa *et al.*, 2008).

Este tipo de estudios analíticos se basan en la variación morfológica de las distancias medidas a partir de una “red” de marcas o puntos homólogos, y del recuento de los elementos que componen las estructuras a lo largo, o en partes específicas del cuerpo. Teóricamente esta caracterización sistemática de la geometría de la forma del pez, aumenta la posibilidad de extraer diferencias morfométricas con un significado biológico dentro y entre especies (Gacitúa *et al.*, 2008). Es decir, la morfometría es la aproximación al conocimiento de las diversas causas de la variación y transformación morfológica de los organismos (Leah *et al.*, 2004). De igual forma permite discriminar grupos de organismos con tasas similares de reproducción, crecimiento y mortalidad que habitan en un tiempo y área geográfica determinados, llamados *stocks fenotípicos poblacionales*. La utilización de los análisis clásicos de biometría, genética e historia de vida de los organismos aportan elementos para evidenciar estas diferencias (Sparre y Venema, 1995). La variabilidad en el crecimiento, desarrollo y maduración crea una variedad de formas del cuerpo de una especie, además de que las características ontogénicas son desplazadas por el desarrollo posterior, pero otras persisten como registro de la historia de vida de un individuo, sin embargo los efectos del medio ambiente, selección natural y genética causa diferencias dentro de las especies por lo que es necesario identificar los grupos intraespecíficos para modelar con precisión la dinámica ecológica de la población (Cadrin, 2000), además de que la evaluación de stocks poblacionales de peces permite definir el nivel de explotación que permita obtener, a largo plazo, el rendimiento máximo en peso de una pesquería (Sparre y Venema, 1995).

Estos métodos de morfometría geométrica, combinan la forma geométrica con la estadística multivariada que necesita estar vinculada con los análisis filogenéticos comparativos o la genética cuantitativa; proporcionándonos elementos que nos permiten analizar tanto de forma gráfica como de forma estadística las variaciones presentes entre organismos (Klingenberg y Monteiro, 2005).



Antecedentes

Los estudios ecomorfológicos han sido causa de gran interés dentro de la biología durante el último siglo y las primeras décadas de este, en especial la morfología de aves junto con el resto de la morfología de otros vertebrados (Bock, 1994), sin embargo, en la actualidad los estudios de ecomorfología en peces han aumentado considerablemente, a continuación se enlistan algunos de ellos relacionados con el tema del presente estudio:

❖ Robinette (1983), describió las características biológicas, requerimientos ambientales, taxonomía, historia de vida, papeles ecológicos e importancia económica de *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848) y *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758) en el Golfo de México.

❖ Lapolla (2001), analizó el crecimiento y mortalidad de una población de *A. mitchilli* (Valenciennes, 1848) en un estuario de la Isla Rhode en E.U.A., encontrando mediante la relación longitud-peso de los individuos que su crecimiento está directamente relacionado con la latitud en la que habita.

❖ Silva (2003), evaluó 14 muestras de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) del Atlántico Nororiental y el Mediterráneo Occidental mediante un análisis de componentes variables y análisis discriminante indicando que existen diferencias significativas entre las muestras de peces, dadas por las condiciones ambientales de cada uno de los puntos muestreados.

❖ Caneco *et al.* (2004), estudiaron la diferencias de dos poblaciones de *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), las cuales se separan en dos sitios diferentes: Golfo de Vizcaya y CIEM IXa (Bahía de Cádiz), encontrando mediante un análisis morfométrico de componentes principales una diferencia entre las muestras de la ambos sitios que es estable en el tiempo; esta variabilidad es causada por las diferencias en la forma de la región media posterior del cuerpo, las cuales son asociadas a las características ambientales de cada uno de los sitios de muestreo como lo son la circulación oceánica, flujo de agua dulce y temperatura.

❖ Barón (2006), estudió las relaciones ecomorfológicas y de dieta en siete especies de la familia Characidae considerando varios intervalos de talla, en dos afluentes de una quebrada de aguas negras en la Amazonia colombiana durante periodo de secas,





observado diferencias significativas en los órganos involucrados en la alimentación como lo son dientes, branquiespinas y ciegos pilóricos, estas asociadas al tipo alimenticio de cada especie: herbívoros, piscívoros y detritívoros.

❖ Gacitúa *et al.* (2008), analizaron la posible variedad en los caracteres morfométricos y merísticos del róbalo en el río Bío Bío y Puerto Montt en Chile, utilizando un análisis discriminante múltiple encontrando la existencia de diferencias entre los individuos provenientes de ambas localidades, estableciendo que la talla acentuaría estas diferencias.

❖ Bohórquez-Herrera (2009), analizó la ecomorfología alimentaria de siete especies de peces asociadas a los fondos blandos de la plataforma continental de Nayarit, encontrando diferencias significativas en la forma entre especies (con excepción de las familias Lutjanidae y Haemulidae), variaciones dadas por la longitud y altura del cuerpo, altura del pedúnculo caudal y punto de inserción de la aleta anal, esto asociado a la capacidad de nado para alimentarse y a la velocidad con la que las presas escapan.

❖ Díaz *et al.* (2009), evaluaron la condición nutricional de larvas de *E. anchoíta* (Hubbs y Marini, 1935) en tres áreas del mar Argentino con diferentes características hidrográficas para establecer variaciones regionales e interpoblacionales, demostrando que el uso de las variables morfométricas y el peso permiten hallar diferencias significativas en la tasa de crecimiento y la condición nutricional de las larvas recolectadas en áreas caracterizadas por escenarios oceanográficos diferentes.

❖ Erdogan *et al.* (2009), estudiaron las variaciones morfológicas y genéticas de *E. encrasicolus* (Linnaeus, 1758) de tres mares (Mármara, Negro y Egeo) basándose en un análisis morfométrico, merístico y genético, encontrando mediante un análisis de función discriminante, la existencia de cuatro grupos morfológicamente diferenciados, donde los factores ambientales de cada mar influyen de manera significativa las diferencias entre grupos, además de la disposición de alimento en cada zona.

❖ Yakubu y Okunsebor (2011), investigaron las diferencias entre dos poblaciones de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) y *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758) muy cercanas en Doma Dam, Nigeria, usando siete medidas morfométricas las cuales mediante un análisis de componentes principales y un análisis discriminante demostraron diferencias



significativas entre especies, dadas por la longitud de la aleta dorsal y caudal.

❖ Robert y Hirtle-Lewis (2012), estudiaron las diferencias entre dos especies comunes, que tienen morfología similar y que ocurrían juntas; *Bryconamericus emperador* (Eigenmann y Ogle, 1907) y *Astyanax aeneus* (Günther, 1860), provenientes de lugares diferentes de Panamá, suponiendo que las presiones ambientales de cada lugar pueden superar las barreras interspecíficas, obteniendo mediante el uso del software TPSdig que sus resultados sugerían que el medio ambiente local puede ser más importante que las barreras entre especies para determinar la morfología de individuos, lo que resulta en individuos simpátricos que tienen más similitudes entre ellos, a pesar de que no sean de la misma especie, que con conspecíficos alopátricos.

❖ Lawson *et al.* (2013), investigaron en once especies de peces las relaciones talla-peso en Ogudu Creek, Nigeria, encontrando patrones de crecimiento alométrico en ocho especies e isométricos en una sola especie, además de que encontraron variaciones morfométricas en las mediciones morfológicas de las especies.

Justificación

Los análisis de la morfometría geométrica y de la merística, como técnicas estadísticas han sido muy utilizados en la determinación de procesos microevolutivos y en la identificación de stocks poblacionales en varias especies de peces marinos y dulceacuícolas, basándose en la variación morfológica y en los elementos que componen las estructuras específicas del pez, evidenciando diferencias morfométricas con significado biológico y ecológico dentro y entre especies; por lo que se realizó un análisis de la morfometría geométrica poblacional de *Anchoa mitchilli* en dos lagunas costeras de Veracruz: Laguna Grande y Sistema Lagunar Mandinga.

Hipótesis

Si *Anchoa mitchilli* es una especie con una distribución amplia bajo distintas condiciones ambientales, entonces mediante un análisis de morfometría geométrica será posible identificar aquellas estructuras morfológicas o proporciones de las mismas que presenten variaciones significativas, propias de cada tipo ambiental.



Objetivos

***General:**

- ✓ Analizar los componentes de la morfometría geométrica de *Anchoa mitchilli* que aportan diferencias en su ecomorfología así como algunos parámetros de la estructura poblacional, en dos lagunas costeras: Laguna Grande y el Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

***Particulares:**

- ✓ Caracterizar las condiciones físicas y químicas de las dos lagunas durante el período de estudio.
- ✓ Comparar la morfometría geométrica entre dos poblaciones de *A. mitchilli* en dos lagunas costeras de Veracruz.
- ✓ Describir la estructura poblacional de *A. mitchilli* por clases de talla y comparar la morfometría geométrica entre ellas, en las dos lagunas costeras.
- ✓ Analizar la condición merística de *A. mitchilli* de ambas lagunas costeras y entre clases de talla.
- ✓ Determinar el modelo de crecimiento individual de *A. mitchilli* en ambas lagunas costeras.
- ✓ Describir los tipos alimentarios presentes en *A. mitchilli* en ambas lagunas costeras y las diferencias por clase de talla.

Áreas de estudio

Sistema Lagunar Vega de Alatorre.

Se encuentra ubicada en la parte Norte del Estado de Veracruz, entre los 20° 01' y 20° 06' de latitud Norte 96° 32' y 96° 41' longitud Oeste, quedando comprendida en la Planicie Costera del Golfo de México (Fig. 1).



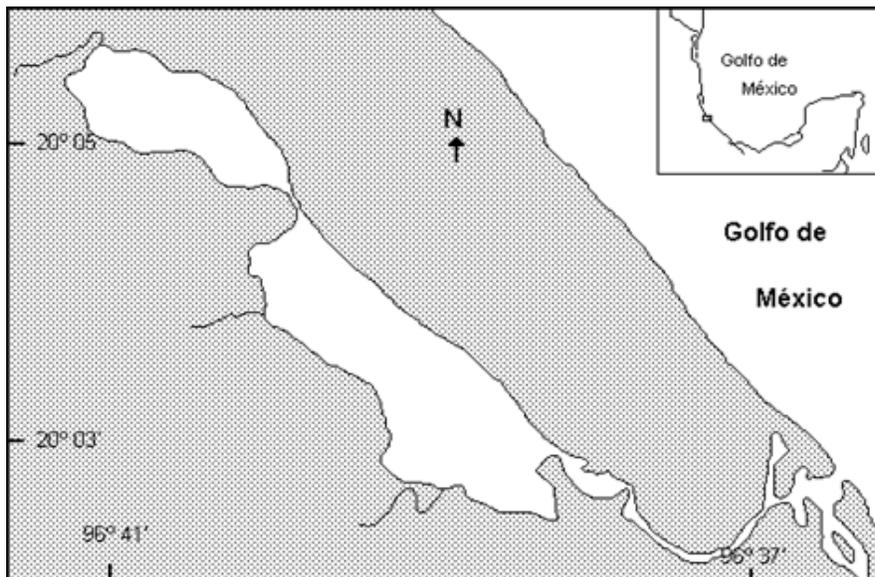


Fig. 1. Laguna Grande, Veracruz (Castañeda y Contreras, 2003).

Este sistema lagunar se encuentra ubicado dentro de la cuenca hidrológica Calipe, la cual a su vez se localiza en la región hidrológica del Río Balsas (INEGI, 2013), se caracteriza por presentar un canal estrecho que une las dos lagunas; la profundidad varía de unos cuantos centímetros, hasta tres metros o más. Este sistema tiene una comunicación temporal con el mar, quedando limitado por la formación de una barra semipermanente. Una de ellas es Laguna Grande que se localiza en los 20° 02' y 20° 06' de latitud norte y los 96° 38' y 96° 41' de longitud oeste. La conforman dos cuerpos: Laguna Chica y Laguna Grande. Se comunica al Golfo de México por medio de un canal, el cual se une con la desembocadura del río Calipe. Abarca una extensión de 2,250 Ha (Pérez, 2007).

Por otro lado cuenta con una plataforma de barrera interna con depresiones inundadas en los márgenes internos del borde continental, al que rodean superficies terrígenas en sus márgenes internos y al que protegen del mar barreras arenosas producidas por corrientes y olas. La antigüedad de la formación de la barrera data del establecimiento del nivel del agua actual, dentro de los últimos 5000 años. Los ejes de orientación paralelos a la costa, batimétricamente son típicamente muy someros, excepto en los canales erosionados, modificados principalmente por procesos litorales como actividad de huracanes o vientos; se localiza sedimentación terrígena. Laguna costera típica para muchos autores, aparece a lo largo de planicies costeras de bajo relieve con energía de intermedia a alta. Además



Ecormorfología de *Anchoa mitchilli*

de tener múltiples barreras arenosas separadas linealmente; escurrimiento ausente o estacional o local; forma y batimetría suavemente modificadas por acción mareal y procesos no marinos; salinidad altamente variable, desde levemente salobre hasta hipersalino; llega a secarse estacionalmente (Castañeda y Contreras, 2003). Cabe mencionar que durante los muestreos en este estudio la barrera arenosa de la boca de la laguna permaneció abierta de manera natural durante los meses de noviembre a diciembre del 2009 y de manera artificial por el hombre con el uso de maquinaria en los meses de marzo a abril del 2010 los demás meses estuvo cerrada.

El sustrato cercano a la barra es de tipo arenoso, en la parte media es rocoso-fangoso y en la parte Norte es fangoso. Los aportes fluviales que recibe son por medio de arroyos siendo el más importante el del Diamante. El tipo de vegetación circundante típica es la del manglar: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Hacia la zona Norte donde se encuentran los aportes de agua dulce, se presentan plantas acuáticas emergentes como: *Typha dominguensis*, *Dichronema sp.*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia sp.* En la parte media presenta vegetación sumergida estando constituida principalmente por *Ruppia marítima* (Pérez, 2007). Finalmente presenta un clima de tipo Aw1 (w) que se interpreta como clima cálido subhúmedo intermedio con lluvias en verano y muy bajo porcentaje de lluvia invernal y canícula (García, 1988).

Sistema Lagunar Mandinga

Localizada entre los paralelos 19° 00' y 19° 06' de latitud Norte y los meridianos 96° 02' y 96° 06' de longitud Oeste (Fig. 2). El sistema lagunar tiene una orientación Norte-Sur en tanto que la costa cercana adopta una dirección Noroeste-Sureste, conformando la punta de Antón Lizardo. Hacia el noroeste las lagunas se separan del mar por una barrera de médanos. El sistema está asociado al río Jamapa, es decir se encuentra ubicada dentro de la cuenca hidrológica Jamapa (INEGI, 2013), el cual nace con los deshielos del Pico de Orizaba, recorre 150 km; corre de Oeste a Este y recibe varios afluentes de los ríos Huatusco, Cotaxtla, Totolapan, desemboca en Boca del Río próximo a la Ciudad de Veracruz, hacia el Golfo de México. Cuenta con una extensión de 3,250 Ha (Castañeda y Contreras, 2003). Está constituido por tres cuerpos de agua (de norte a sur): la laguna La



Larga, la Laguna La Redonda o Mandinga Chica y La Laguna de Mandinga o la Grande (De la Cruz-Aguero, 1993).

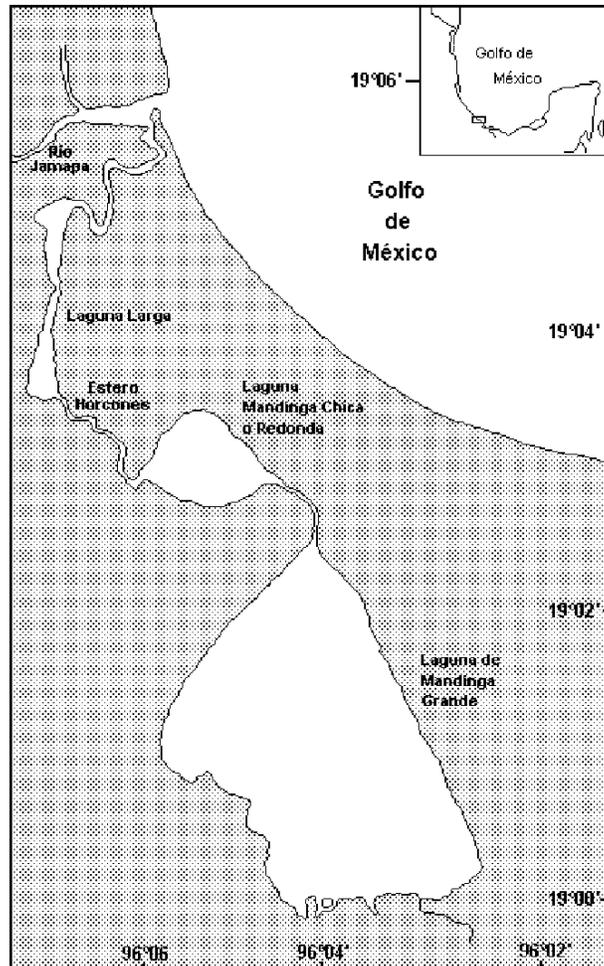


Fig. 2.- Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz (Castañeda y Contreras, 2003).

Además de contar con barreras de varios tipos; lodo, arena, manglares, etc.; escurrimientos usualmente directos a partir de ríos y tributarios; ocurren lentas modificaciones de forma y batimetría, aunque algunas llegan a ser rápidas; energía típicamente muy baja, excepto en los canales, la salinidad es muy baja, pero puede variar con la descarga de los ríos (Castañeda y Contreras, 2003).

Presenta un clima de tipo Aw2 (w), que se interpreta como cálido, con régimen de lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menos que el 5% anual; la temperatura media anual varía entre 22 y 26 ° C, la del mes más frío sobre 18°C (García, 1988).





Material y Métodos

Las actividades que se realizaron se dividieron en dos fases: trabajo en campo y trabajo de laboratorio.

1) Trabajo en campo.

La obtención del material biológico, se realizó a partir de muestreos hechos en los meses de febrero de 2010 a mayo del 2011 en Laguna Grande, Veracruz y las otras en el mes de abril a junio del 2012 en el Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz. Para esta colecta ictiológica se utilizó una red tipo chinchorro de 1.3 centímetros de apertura de malla y 25 m de longitud, con un área efectiva de arrastre de 1000 m², los peces colectados se fijaron por ahogamiento con formol al 4% y se colocaron en bolsas de plástico de polietileno con etanol al 70% para su preservación en laboratorio, etiquetadas con los datos pertinentes de la colecta, para su posterior traslado al laboratorio de Ecología en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México.

★Parámetros ambientales:

Además de que en cada estación se registró la posición geográfica (latitud y longitud en grados, minutos y segundos) con el uso de un GPS modelo RBT-1000; la temperatura (°C) con un termómetro de mercurio, el oxígeno disuelto (mg/L) y el pH con un Oakton DO 100 series, la turbidez (BTU) con Turbidímetro marca LaMotte 2020, la profundidad (m) con profundímetro ultrasónico marca Hondex Digital y la salinidad (UPS) con refractómetro marca Sper Scientific.

2) Trabajo de laboratorio.

★Determinación taxonómica:

En el laboratorio los organismos se preservaron en etanol al 70% en recipientes de plástico PET previamente etiquetados con los datos de colecta. Posteriormente se determinó taxonómicamente cada individuo a nivel de especie mediante claves de la FAO (Carpenter, 2002) y Castro-Aguirre *et al.* (1999).





★ Obtención de datos biológicos:

Cada individuo determinado taxonómicamente fue etiquetado con una enumeración continua mediante la colocación de una pequeña etiqueta sujeta en el pedúnculo caudal de cada *A. mitchilli*, para poder tener un mejor registro de datos. Después a cada uno de los individuos se le midió la longitud patrón con un vernier digital marca Truper con una precisión de 0.01 mm, además de que cada uno de los individuos fue pesado con una balanza semianalítica OHAUS con 0.01 g de precisión para la determinación de la biomasa individual (Gacitúa *et al.*, 2008).

Con base en los datos biométricos de longitud se determinó la estructura poblacional por clases de talla utilizando la longitud patrón y procesándolas con la técnica de Bhattacharya, además se estimó la longitud máxima mediante el método de Powell-Wetherall, y con lo cual finalmente se estructuró el modelo de Von Bertalanffy

$$L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (\text{Sparre y Venema, 1995}).$$

★ Análisis trófico:

Para análisis de contenido estomacal de *A. mitchilli*, se le realizó un corte en la cavidad torácica desde el ano hasta el opérculo y se extrajeron los estómagos para pesarlos, con una balanza semianalítica (marca OHAUS con 0.01g de precisión) después se abrieron y extrajo el alimento que contenía para volver a pesar los estómagos vacíos (Márquez, 2009). El material obtenido se examinó con microscopio estereoscópico y óptico con aumento de 10x y 40x para determinar el tipo de organismos contenidos en su dieta con ayuda de claves de identificación taxonómica para zooplancton marino (Campos y Suárez, 1994; Todd *et al.*, 1996; Gutiérrez *et al.*, 2008; Johnson y Allen, 2012), microalgas (Wehr y Sheath, 2003) y bivalvos (García-Cubas y Reguero, 2007 y García-Cubas *et al.*, 1992), finalmente se utilizó el Índice de Pinkas (Pinkas *et al.*, 1971) para la valoración de la importancia relativa (IIR) de los distintos tipos alimenticios de la dieta de *A. mitchilli*, mediante la fórmula matemática expresada como:

$$\text{IIR} = F / (N+W)$$



Donde:

IIR: Índice de importancia relativa que tiene cada grupo trófico en particular.

F: Porcentaje de frecuencia de aparición.

N: Porcentaje numérico individuos por tipo alimenticio.

W: Porcentaje gravimétrico por tipo alimenticio.

Con los tipos alimenticios identificados taxonómicamente, se realizó un análisis de dominancia y diversidad de especies mediante la aplicación del Índice de Pielou $J' = H' / \log(s)$ y Índice de Shannon-Weaver $H' = -\sum(P_i * \log(P_i))$ con el software Primer 6 Version 6.1.6.

★ Obtención de datos morfométricos y merísticos:

Para el análisis y la comparación de los datos morfológicos obtenidos; se capturaron fotografías digitales por cada individuo con una cámara SONY modelo NEX3; para ser procesadas con la ayuda del software Tps Dig Versión 2.16 mediante la ubicación de 16 landmarks (puntos rojos en la Fig. 3), (Rohlf, 2010), con las que se realizó el análisis estadístico posteriormente.

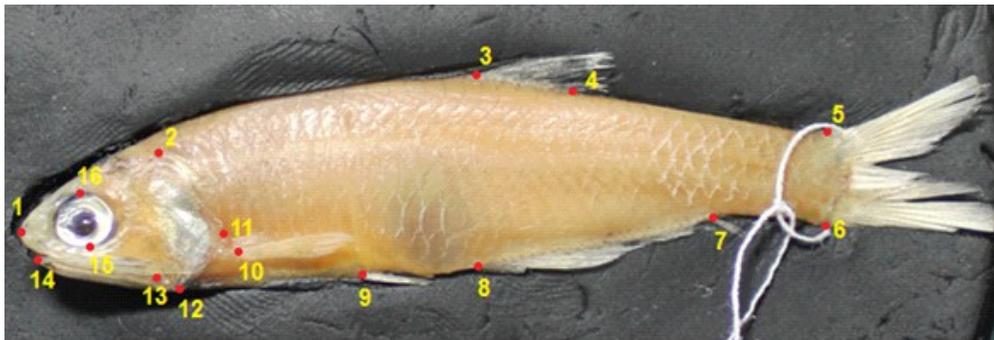


Fig. 3.- Posición de landmarks (puntos rojos) para *Anchoa mitchilli* (Caneco et al., 2004).

Para la obtención de datos merísticos, se realizó el conteo de radios totales en la aleta dorsal, caudal, anal, pélvica y pectoral, escamas totales en la línea lateral y branquiespinas totales en el arco branquial con microscopio estereoscópico con aumento de 10x y 40x, además se midió la longitud del arco inferior y superior del arco branquial en unidades de milímetros (mm), con la ayuda de un vernier digital marca Truper con una precisión de 0.01 mm (Márquez, 2009).

★ Análisis de datos:

Finalmente se realizó un análisis comparativo procrustes y de componentes principales (ACP) con el software MorphoJ Versión 1.05b, para la separación entre localidades (Gacitúa *et al.*, 2008) y se utilizó un Análisis Discriminante Múltiple (ADM) para observar la variación entre poblaciones y su nivel de significancia estadística. Además se realizaron comparaciones de la morfometría geométrica entre las clases de talla estimadas en ambas poblaciones y entre ellas mediante un Análisis de Variación Canónica (AVC) (Cadrin, 2000).

Resultados

➤ *Parámetros ambientales*

En cada una de las lagunas de estudio se registraron los parámetros ambientales correspondientes, los cuales se muestran en la Tabla 1, además de los valores promedio reportados en las diferentes temporadas climáticas; observándose diferencias marcadas entre ambas, resaltando principalmente los parámetros de profundidad (Laguna Grande 0.92 m y S.L. Mandinga 1.25 m), salinidad (Laguna Grande 15 UPS y S.L. Mandinga 24 UPS), turbidez (Laguna Grande 12 BTU y S.L. Mandinga 8.6 BTU) y temperatura (Laguna Grande 25.1°C y S.L. Mandinga 30.2°C).

Tabla 1.- Parámetros ambientales registrados para cada laguna muestreada y parámetros promedio en época de secas, nortes y lluvias (Luna *et al.*, 1982, Peláez, 2012 y Reyes, 2011).

Estación		Profundidad (m)	pH	Salinidad (UPS)	Saturación O ₂ (%)	O ₂ disuelto (mg/l)	Turbidez (BTU)	Temperatura (°C)
Laguna Grande		0.92	7	15	50.8	8.83	12	25.1
Condiciones promedio	Secas	0.66	8.01	9.57	74.82	5.44	8.35	26.23
	Nortes	0.74	7.75	10.70	65.31	6.80	16.26	22.52
	Lluvias	0.68	7.57	7.57	85.73	7.09	15.25	27.76
Sistema Lagunar Mandinga		1.25	7.9	24	42.4	7.87	8.6	30.2
Condiciones promedio	Secas	1.32	7.68	27.05	89.65	8.5		27.45
	Nortes		8.24	24.6	143.2			23.9
	Lluvias	1.33	7.77	8.05	97.05	8.2		29.9





➤ *Resultados morfométricos y merísticos para ambas poblaciones.*

Para el análisis de la morfometría geométrica de las poblaciones, se encontró por medio del ACP que estas son diferentes desde el punto de vista morfogeométrico de la especie, ya que en el diagrama obtenido (Fig. 4) en donde se comparan los landmarks de cada individuo estudiado, se observa la separación clara de dos stocks poblacionales correspondientes a las dos poblaciones de estudio (Laguna Grande y S. L. Mandinga). Estas diferencias son explicadas con los porcentajes de variación y acumulación, presentados en la Tabla. 2 para cada componente principal, tomando mayor importancia los porcentajes de los dos primeros componentes enlistados, los cuales explican un 38.494% de la varianza. Además se observan las estructuras morfológicas (landmarks) que provocan esta variación (Tabla. 2), presentando mayor importancia para el componente 1 (CP1) la punta de mandíbula superior e inferior, la parte superior e inferior de pedúnculo caudal, primer radio de la aleta dorsal y aleta anal y origen de la aleta pélvica, y para el componente 2 (CP2) el último radio de la aleta dorsal y primer y último radio de la aleta anal.

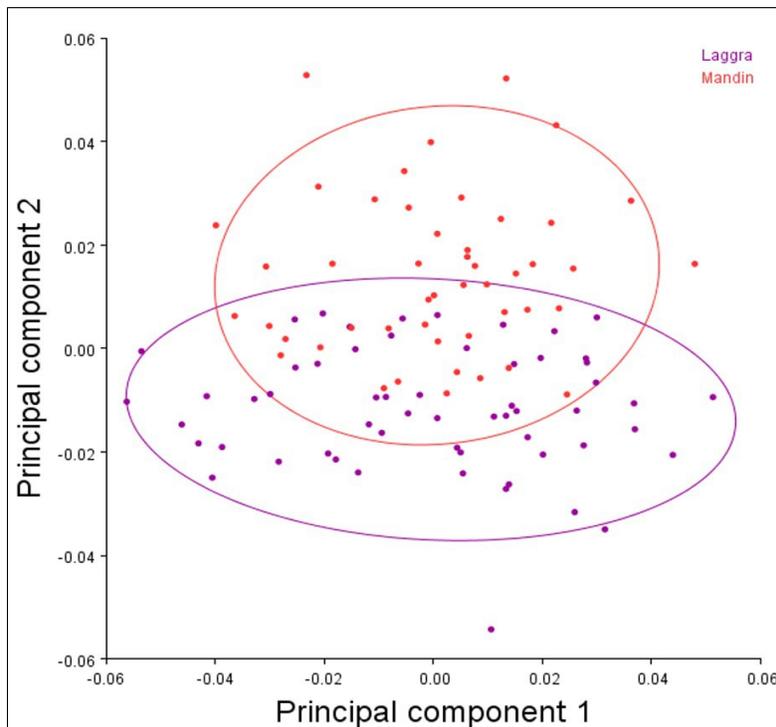


Fig. 4.- Análisis de Componentes Principales (ACP): Gráfico de comparación morfométrica entre las poblaciones de estudio.

Tabla 2.- Eigenvectores de las principales variables morfológicas para los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales con sus respectivos porcentajes de acumulación y varianza.

Posición del landmark	CP1	CP2
1) Punta de mandíbula superior.	0.2897*	0.0797
2) Parte superior del opérculo.	0.0962	0.0725
3) Primer radio de la aleta dorsal.	-0.3107*	0.1306
4) Ultimo radio de la aleta dorsal.	-0.1739	0.5989*
5) Parte superior del pedúnculo caudal.	0.3568*	0.1641
6) Parte inferior del pedúnculo caudal.	0.3275*	-0.1038
7) Ultimo radio de la aleta anal.	0.1759	-0.4193*
8) Primer radio de la aleta anal.	-0.2683*	-0.3568*
9) Origen de la aleta pélvica.	-0.3472*	0.2176
10) Origen de la aleta pectoral.	-0.1804	0.2210
11) Parte media del opérculo.	-0.1728	-0.2227
12) Parte inferior del opérculo.	-0.1720	-0.1191
13) Comisura de la mandíbula.	-0.0818	-0.0503
14) Punta de mandíbula inferior.	0.2469*	-0.1381
15) Parte inferior del ojo.	0.1307	-0.0542
16) Parte superior del ojo.	0.1106	0.0854
Valores propios.	0.0005	0.0003
% Varianza.	23.288	15.206
% Acumulación.	23.288	38.494

Estas diferencias observadas en el ACP fueron comprobadas mediante un ADM (Tabla. 3), demostrando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los landmarks de ambos stocks poblacionales, ($p = <.0001$) ya que la distancia Mahalanobis y T^2 fueron mayores a la distancia procrustes obtenidas por ADM, lo cual nos indica que las diferencias encontradas son estadísticamente diferentes. Además esto último se ve reforzado con los resultados de la tabla de clasificación como parte del ADM, que nos muestra un cálculo de probabilidades de error entre los resultados clasificados en el ADM, observando una proporción de aciertos de $95/106 = 0.89623$ (Tabla. 4), es decir un porcentaje de confianza del 90%.



Tabla 3.- Resultados de Análisis Discriminante Multivariante (ADM).

Distancia Procrustes	0.02754824
Distancia Mahalanobis	4.0995
T ²	441.3859
Valor de P	<.0001

Tabla 4.- Tabla de clasificación. Función discriminante.

P= <.0001	Laguna Grande	S. L. Mandinga
Laguna Grande	54	4
S. L. Mandinga	7	41

Además se realizó un análisis de coordenadas procrustes, el cual es representado en un gráfico lollipop (Fig. 5) que muestra la relación anisotrópica (flechas negras) entre landmarks de ambas poblaciones, lo que nos muestra diferencias significativas entre cada una de las ubicaciones de los landmarks entre stocks poblacionales, las cuales están definidas por: la longitud de la aleta dorsal, altura del pedúnculo, longitud de aleta anal, posición de la punta de la mandíbula tanto inferior como superior y posición de aleta pélvica (Fig. 5 y 6).

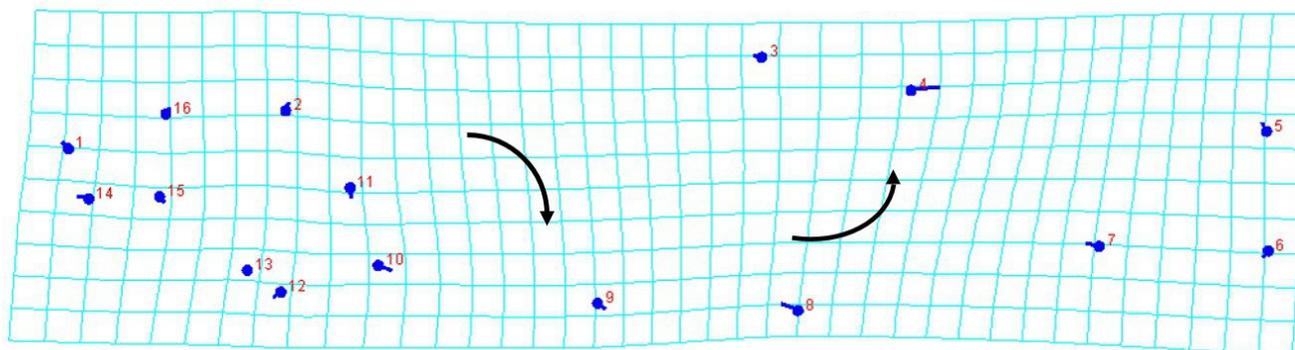


Fig. 5.- Análisis discriminante procrustes: gráfico Lollipop de variación morfológica entre ambas poblaciones.

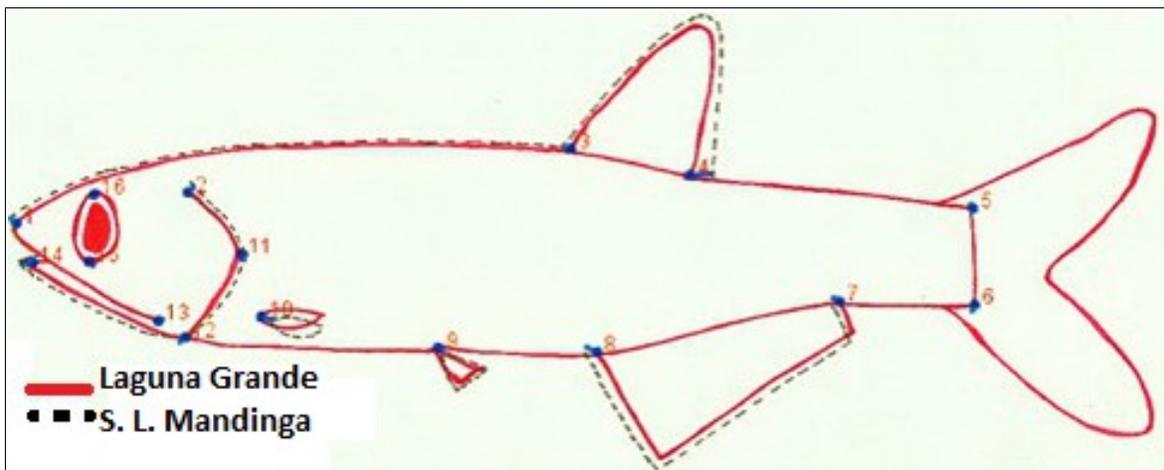


Fig. 6.- Análisis discriminante procrusters: Estructuras morfológicas donde se presentó mayor variación entre ambas poblaciones en base al gráfico Lollipop de la Fig. 5.

Finalmente para complementar la información tanto del ACP como del ADM, los cuales demostraron una diferencia morfológica significativa entre poblaciones, se realizó un análisis merístico (Tabla. 5), el cual demostró la existencia de diferencias claras en el número de radios presentes en la aleta dorsal y ligeras diferencias en la aleta anal de ambas poblaciones, las cuales se relacionan estrechamente con las encontradas en el ACP (Fig. 4) mostrado anteriormente.

Tabla 5.- Comparación de datos promedio merísticos entre las poblaciones de cada laguna y con lo reportado por Carpenter (2002) y Robinette (1983).

Área de estudio	Clase de talla (mm)	Aleta Dorsal (radios)	Aleta caudal (radios)	Aleta anal (radios)	Aleta pélvica (radios)	Aleta pectoral (radios)	Escamas línea lateral	Escamas altura	# branquiespinas inferior	# branquiespinas totales	Longitud Arco Inferior (mm)	Longitud Arco Superior (mm)
Laguna Grande	GENERAL	11-16	23-32	23-30	6-7	9-13	30-44	4-6	20-26	31-59	3.31-8.45	2.04-4.66
	0-28	11-14	25-28	29	6	11-12	30-38	4-5	20	38-46	3.49-5.04	2.15-2.89
	28.01-41	13-14	24-29	24-30	6-7	11-13	30-40	4-5	20-26	31-46	3.31-6.02	2.04-3.49
	41.01-50	11-15	25-30	25-30	6-7	10-13	36-39	4-6	23-24	42-43	6.18-6.34	3.44-3.88
	50.01-67.14	11-16	23-32	23-30	6-7	9-12	37-44	4-6	22-26	37-59	8.3-8.45	4.5-4.66
	DIAGNOSIS	13-17		23-30		10-13	38-44		20-26	más 15-20		
S. L. Mandinga	GENERAL	13-18	26-39	23-30	6-7	12-15	32-45	4-5	23-28	40-49	4.58-7.66	2.96-5.07
	0-39	13-16	26-36	23-30	6-7	12-13	32-40	4-5	24-25	40-43	5.07-5.81	2.96-3.47
	39.10-57	13-18	26-37	24-30	6-7	12-14	36-43	4-5	23-28	40-49	4.58-7.66	3.1-5.07
	57.01-58	16	38-39	27-29	7	14-15	43-45	5	26-28	40-49	6.33-6.64	2.98-4.41



➤ *Morfometría y estructura poblacional (clases de talla).*

En cuanto a la obtención de material biológico, se procesaron un total de 418 individuos de *A. mitchilli* para Laguna Grande y para el Sistema Lagunar Mandinga 341 individuos.

Se obtuvieron las clases de talla para cada población colectada, mediante el método de Bhattacharya con base en la longitud patrón de cada individuo tanto para Laguna Grande como para el Sistema Lagunar Mandinga. Encontrando que cada cohorte estadístico obtenido graficamente determinaba un intervalo correspondiente a una clase de talla en cada población; las cuales se presentan en la Tabla 6 junto con el número de individuos colectados en cada clase de talla para cada población, observando variaciones evidentes, tanto en el rango de cada intervalo como en el número de individuos por clase de talla.

Tabla 6.- Intervalos de clases de talla de *Anchoa mitchilli* con su correspondiente número de individuos por laguna de estudio.

<i>Laguna Grande</i>		<i>Sistema Lagunar Mandinga</i>	
Intervalo (mm)	# Individuos	Intervalo (mm)	# Individuos
0-28	26	0-39	42
28.01-41	137	39.01-57	297
41.01-50	138	57.01-58	2
50.01-67.14	117		
Total	418		341

En cuanto al comportamiento de la estructura poblacional de *A. mitchilli* se encontró que para Laguna Grande se presentaron cuatro clases de talla donde la clase de 0-28 mm correspondería a los individuos juveniles, de igual manera en el caso del S. L. Mandinga donde solo se determinaron tres clases de talla y la clase de los juveniles correspondería a la de 0-39 mm. Teniendo como individuos adultos al resto de las clases en ambas poblaciones (Tabla. 6). Es importante mencionar que para ambas poblaciones las clases de talla intermedias presentaron el mayor número de individuos capturados.

Con base en las clases de talla obtenidas se realizó una comparación morfométrica, primero entre el total de clases de talla entre ambas poblaciones correspondientes a siete clases de talla (Tabla. 6), encontrando que todas las clases son morfométricamente diferentes entre sí, mediante un análisis de variación canónica (AVC) (Fig. 7).



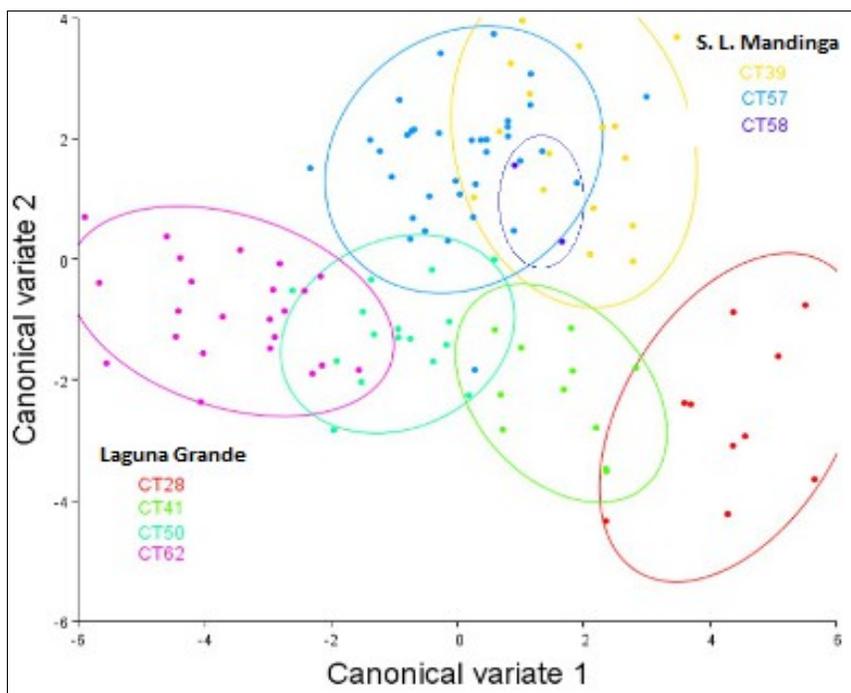


Fig. 7.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Gráfico de comparación morfológica entre las siete clases de talla para ambas poblaciones de estudio.

Tabla 7.- Eigenectores de las principales variables morfológicas para los ejes 1 y 2 del análisis de variación canónica con sus respectivos porcentajes de acumulación y varianza.

Posición del landmark	VC1	VC2
1) Punta de mandíbula superior.	114.6905*	29.7407
2) Parte superior del opérculo.	38.5989	94.9822*
3) Primer radio de la aleta dorsal.	17.5071	-30.5278
4) Ultimo radio de la aleta dorsal.	-120.7794*	36.9876
5) Parte superior del pedúnculo caudal.	60.5225	68.4348
6) Parte inferior del pedúnculo caudal.	-74.9228	-103.3003*
7) Ultimo radio de la aleta anal.	40.3148	34.9420
8) Primer radio de la aleta anal.	69.1847	80.8431*
9) Origen de la aleta pélvica.	37.6904	-84.7595*
10) Origen de la aleta pectoral.	60.4832	23.6937
11) Parte media del opérculo.	-59.9630	-28.1062
12) Parte inferior del opérculo.	49.6492	-77.0658
13) Comisura de la mandíbula.	-101.3556*	14.3240
14) Punta de mandíbula inferior.	-7.1669	-62.8372
15) Parte inferior del ojo.	135.9435*	80.3057*
16) Parte superior del ojo.	-120.7448*	-39.8177
Valores propios.	5.5260	3.0300
% Varianza.	53.414	29.288
% Acumulación.	53.414	82.702

Tabla 8.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias Mahalanobis con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla para ambas poblaciones.

Clases de talla	CT28		CT39		CT41		CT50		CT57		CT58	
	Distancia	P										
CT39	5.5302	<.0001										
CT41	4.1979	<.0001	4.9729	<.0001								
CT50	5.9562	<.0001	4.7846	<.0001	3.5375	<.0001						
CT57	6.2973	<.0001	2.9699	<.0001	4.5044	<.0001	3.4025	<.0001				
CT58	6.1027	0.0459	4.1719	0.6802	5.0413	0.0060	4.5897	0.0192	3.8144	0.3398		
CT62	8.1892	<.0001	6.2005	<.0001	5.9034	<.0001	3.3635	<.0001	4.7176	<.0001	6.3602	0.0024

Tabla 9.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias procrusters con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla para ambas poblaciones.

Clases de talla	CT28		CT39		CT41		CT50		CT57		CT58	
	Distancia	P										
CT39	0.0424	0.0007										
CT41	0.0268	0.1500	0.0362	0.0008								
CT50	0.0395	0.0005	0.0304	0.0020	0.0217	0.1156						
CT57	0.0423	<.0001	0.0136	0.5201	0.0310	<.0001	0.0228	0.0009				
CT58	0.0549	0.1580	0.0405	0.4781	0.0506	0.0757	0.0384	0.1459	0.0378	0.1534		
CT62	0.0486	<.0001	0.0348	<.0001	0.0310	0.0029	0.0199	0.0592	0.0272	<.0001	0.0491	0.0538

En la figura 7 se observa de manera grafica las diferencias morfometricas claramente marcadas entre las clases de talla, encontrando la formación de siete elipses correspondientes a las clases de talla estimadas con anterioridad para las dos poblaciones. Además se observa una separación entre estas elipses, lo que corresponde a la variabilidad morfometrica entre clases de talla, la cual según el analisis de variación

canónica es estadísticamente significativa, ya que las distancias Mahalanobis presentadas en la Tabla. 8 son mayores a las distancias procrusters (Tabla. 9) con sus respectivos valores de p, cabe resaltar que las comparaciones entre las clases más pequeñas con las grandes son las que presentan una mayor distancia, lo que corresponde a que hay mayor variabilidad en esos grupos de datos.

También se presenta en la Tabla.7, el listado de las variables canónicas que contribuyen a explicar el 82.702% de la variabilidad, explicado por la variable canónica 1 (VC1) con la posición de mandíbula superior, comisura de la mandíbula, último radio de la aleta dorsal y diámetro del ojo y por la variable canónica 2 (VC2) correspondiente a la parte superior del óperculo, origen de aleta pélvica, primer radio de aleta anal, parte inferior del pedúnculo caudal y parte inferior del ojo.

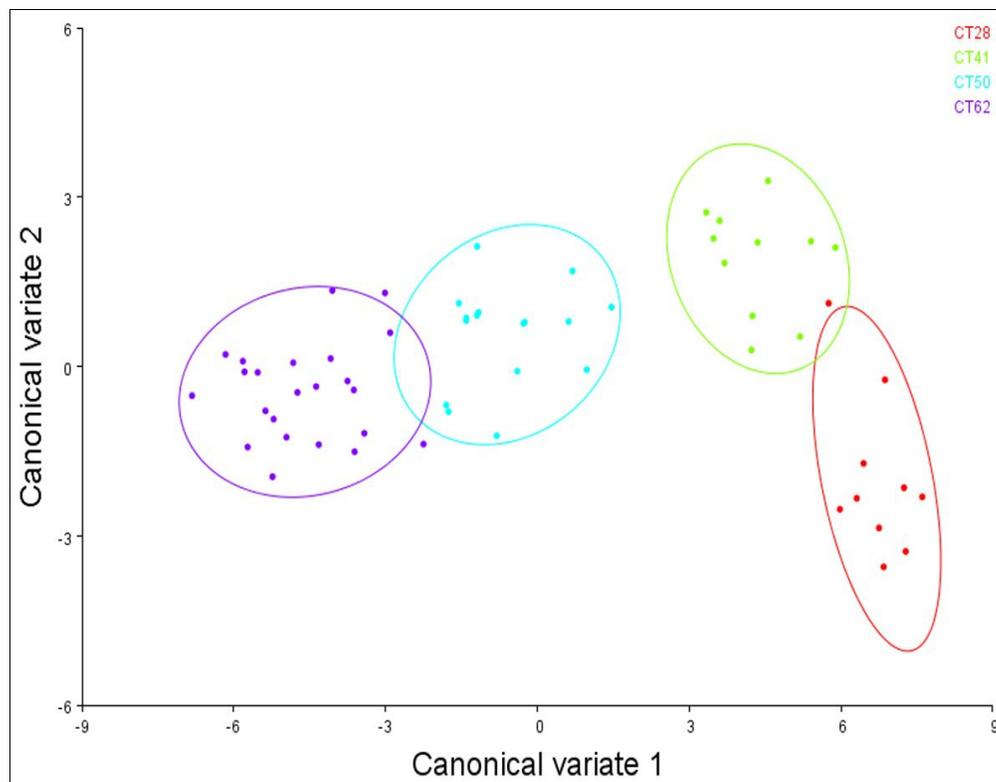


Fig. 8.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Gráfico de comparación morfológica entre las clases de talla de Laguna Grande, Veracruz.

Tabla 10.- Eigenvectores de las principales variables morfológicas para los ejes 1 y 2 del Análisis de Variación Canónica con sus respectivos porcentajes de acumulación y varianza.

Posición del landmark	VC1	VC2
1) Punta de mandíbula superior.	18.8331	92.2552
2) Parte superior del opérculo.	-173.1828*	-99.8931*
3) Primer radio de la aleta dorsal.	76.7906	9.7348
4) Ultimo radio de la aleta dorsal.	-191.6025*	-76.7548
5) Parte superior del pedúnculo caudal.	57.6550	123.9251*
6) Parte inferior del pedúnculo caudal.	54.0510	-109.8369*
7) Ultimo radio de la aleta anal.	90.7595	33.0932
8) Primer radio de la aleta anal.	64.3769	-42.5308
9) Origen de la aleta pélvica.	-63.7811	22.6905
10) Origen de la aleta pectoral.	84.7698	60.9603
11) Parte media del opérculo.	-19.5848	76.3263
12) Parte inferior del opérculo.	153.3555*	80.5419
13) Comisura de la mandíbula.	-235.4681*	-55.8496
14) Punta de mandíbula inferior.	19.0182	38.8077
15) Parte inferior del ojo.	184.4837*	-132.5424*
16) Parte superior del ojo.	-262.2313*	259.5122*
Valores propios.	20.5324	1.5866
% Varianza.	88.784	6.861
% Acumulación.	88.784	95.645

Tabla 11.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias Mahalanobis con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla de Laguna Grande, Veracruz.

Clases de talla	CT28		CT41		CT50	
	Distancia	P	Distancia	P	Distancia	P
CT41	4.6386	<.0001				
CT50	7.8858	<.0001	5.7129	<.0001		
CT62	11.4182	<.0001	9.2650	<.0001	4.6448	<.0001

Tabla 12.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias procrusters con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla para ambas poblaciones.

Clases de talla	CT28		CT41		CT50	
	Distancia	P	Distancia	P	Distancia	P
CT41	0.0268	0.1465				
CT50	0.0395	0.005	0.0217	0.1170		
CT62	0.0486	<.0001	0.0310	0.0047	0.0199	0.0590

Además de la comparación entre el total de clases de talla, se realizó una comparación entre las clases de talla de cada población, encontrando que para Laguna Grande (Fig. 8) se observan las diferencias morfométricas claramente marcadas entre las clases de talla, encontrando la formación de cuatro elipses correspondientes a las clases de talla estimadas con anterioridad. Además se observa una separación entre estas elipses, lo que corresponde a la variabilidad morfométrica entre clases de talla, la cual según el análisis de variación canónica es estadísticamente significativa, ya que las distancias Mahalanobis presentadas en la Tabla. 11 son mayores a las distancias procrusters (Tabla. 12) con sus respectivos valores de p; las comparaciones entre las clases pequeñas con las grandes son las que presentan una mayor distancia, lo que corresponde a que hay mayor variabilidad en esos grupos de datos.

También se presenta en la Tabla.10, el listado de las variables canónicas que contribuyen a explicar el 95.645% de la variabilidad, las cuales corresponden a la posición de las estructuras morfológicas (landmarks) para la variable canónica 1 (VC1) de la comisura de la mandíbula, parte superior e inferior del óperculo, último radio de la aleta dorsal y diámetro del ojo y para la variable canónica 2 (VC2) parte superior del óperculo, parte inferior y superior del pedúnculo caudal y diámetro del ojo.



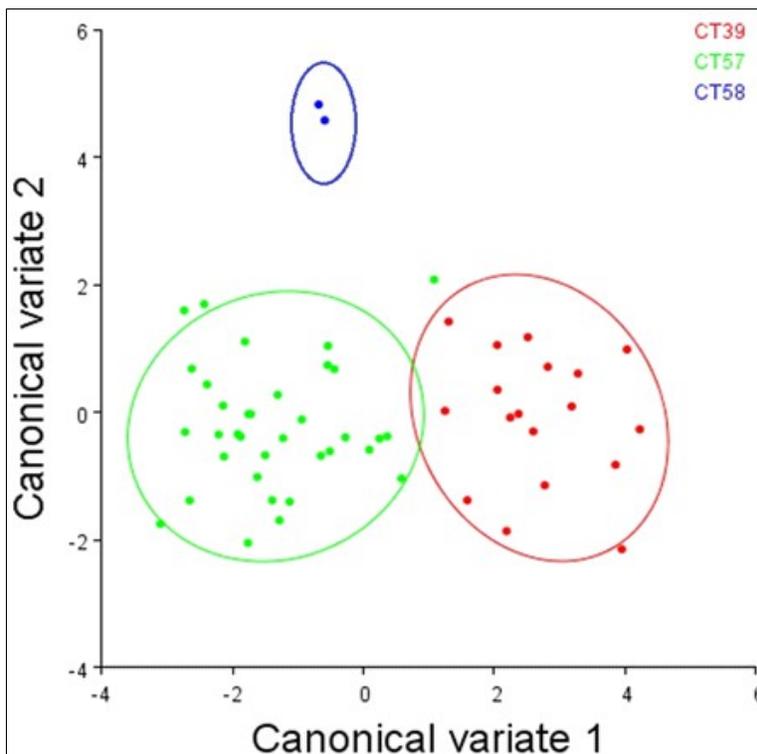


Fig. 9.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Gráfico de comparación morfológica entre las clases de talla del Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

Tabla 13.- Eigenvectors de las principales variables morfológicas para los ejes 1 y 2 del Análisis de Variación Canónica con sus respectivos porcentajes de acumulación y varianza.

Posición del landmark	VC1
1) Punta de mandíbula superior.	-119.5801
2) Parte superior del opérculo.	-95.4653
3) Primer radio de la aleta dorsal.	65.5134
4) Ultimo radio de la aleta dorsal.	-95.2443
5) Parte superior del pedúnculo caudal.	-38.3011
6) Parte inferior del pedúnculo caudal.	-47.3530
7) Ultimo radio de la aleta anal.	59.3094
8) Primer radio de la aleta anal.	198.6088*
9) Origen de la aleta pélvica.	-136.8561*
10) Origen de la aleta pectoral.	113.9262
11) Parte media del opérculo.	-121.8575*
12) Parte inferior del opérculo.	132.8907*
13) Comisura de la mandíbula.	-116.2593
14) Punta de mandíbula inferior.	-80.3948
15) Parte inferior del ojo.	122.0432*
16) Parte superior del ojo.	-124.9306*
Valores propios.	3.7119
% Varianza.	80.729
% Acumulación.	80.729

Tabla 14.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias Mahalanobis con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla del Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

Clases de talla	CT39		CT57	
	Distancia	P	Distancia	P
CT57	4.0230	<.0001		
CT58	5.8279	0.0022	4.9734	0.0028

Tabla 15.- Análisis de Variación Canónica (AVC): Distancias procrusters con sus correspondientes valores de p para cada una de las comparaciones entre clases de talla del Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

Clases de talla	CT39		CT57	
	Distancia	P	Distancia	P
CT57	0.0476	0.0431		
CT58	0.0517	0.7822	0.0364	0.2691

En el caso del Sistema Lagunar Mandinga, solo se estimaron tres clases de talla, las cuales al ser comparadas también presentan diferencias morfométricas claramente observadas en la figura 9, encontrando la formación de tres elipses correspondientes a las clases de talla. Además se observa una separación entre estas elipses, lo que corresponde a la variabilidad morfométrica entre clases de talla, la cual según el análisis de variación canónica es estadísticamente significativa, ya que las distancias Mahalanobis presentadas en la Tabla. 14 son mayores a las distancias procrusters (Tabla. 15) con sus respectivos valores de p, cabe resaltar que la comparación entre la clase más pequeña con la grande es la que presenta una mayor distancia, lo que corresponde a una mayor variación en los datos.

Se presenta en la Tabla. 13, el listado de las variables canónicas que contribuyen a explicar el 80.729% de la variabilidad, las cuales corresponden para la variable canónica 1 (VC1) a la posición de las estructuras morfológicas (landmarks) de la parte media e inferior del óperculo, origen de aleta pélvica, primer radio de aleta anal y diámetro del ojo.

Al observar diferencias en la morfometría geométrica entre las clases de talla de cada población, se infirió que estas podrían ser causadas por el tipo de crecimiento de *A. mitchilli* por lo cual se realizó la estimación de las longitudes máximas (L_{∞}) para cada una de las poblaciones de estudio (Laguna Grande y S. L. Mandinga) y así poder estructurar el modelo de Von Bertalanffy para cada población (Fig. 10 y 11).

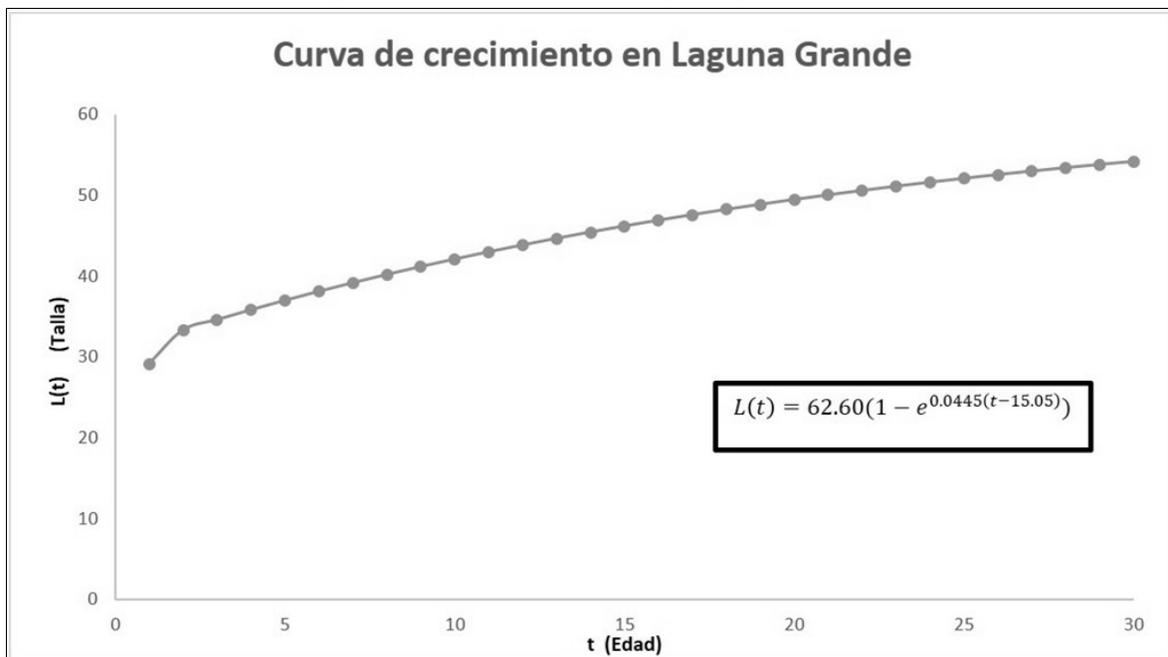


Fig. 10.- Modelo de Von Bertalanffy: Curva de crecimiento de *Anchoa mitchilli* en Laguna Grande, Veracruz.

Con lo que se pudo observar que al comparar los resultados de las estructuras de crecimiento poblacional, también existen diferencias significativas tanto en las longitudes máximas (L_{∞}), la velocidad promedio con que el pez alcanza la longitud máxima (K) como en la “talla cero” del pez (T_0).

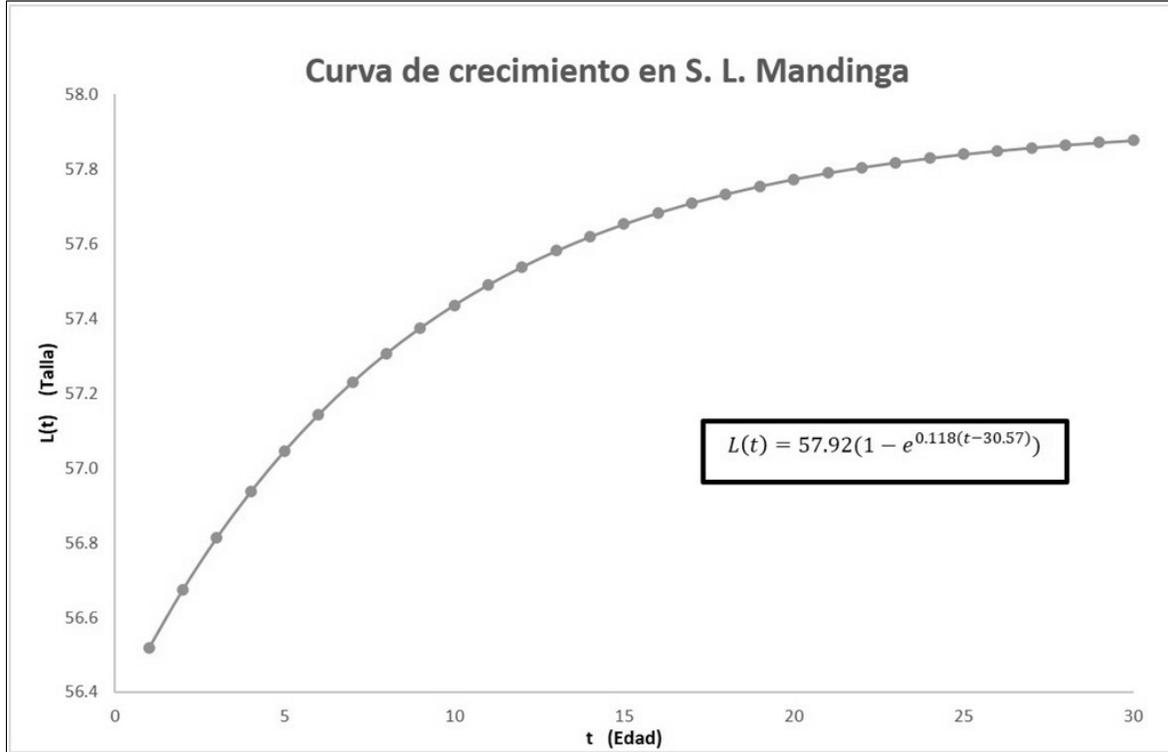


Fig. 11.- Modelo de Von Bertalanffy: Curva de crecimiento de *Anchoa mitchilli* en el Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

➤ *Morfometría y estructura trófica*

Al encontrar diferencias en la morfometría geométrica de las poblaciones y sus respectivas clases de talla, también se observaron diferencias en las curvas de crecimiento poblacional estimadas; lo cual podría ser atribuido a la disposición de recursos que existe en cada una de las lagunas de estudio para lo cual se estimó el índice de importancia relativa (IIR), encontrando ligeras diferencias en cuanto a los tipos alimenticios encontrados en cada población.

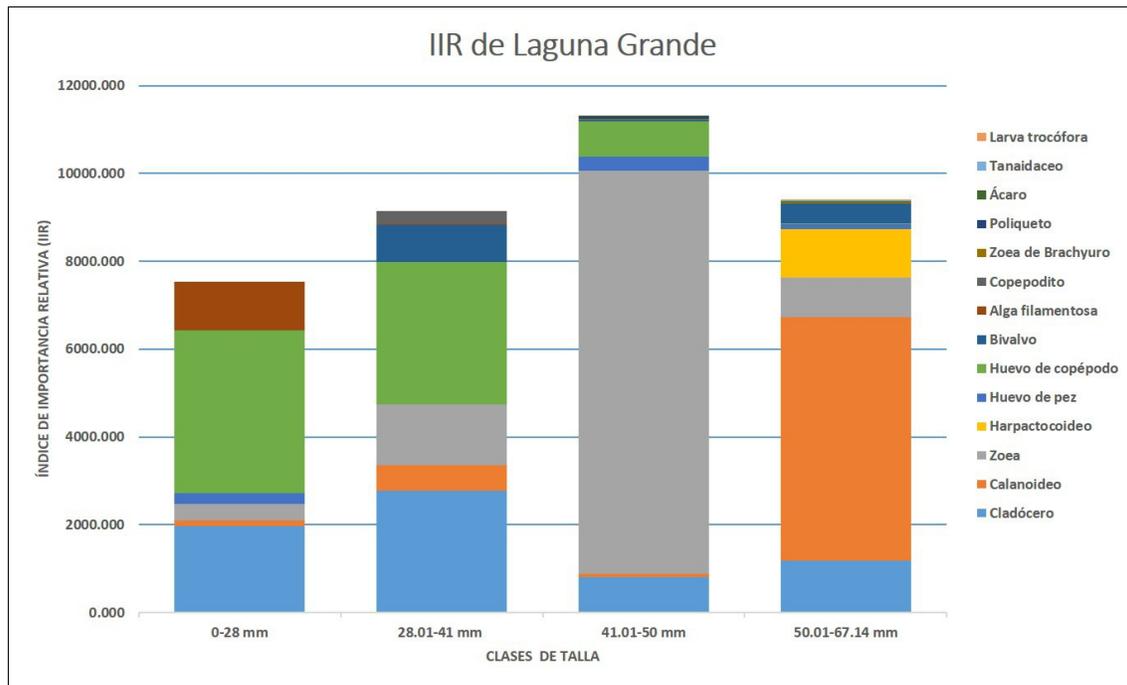


Fig. 12.- Índice de Importancia Relativa (IIR): Tipos alimenticios identificados en *Anchoa mitchilli* para Laguna Grande, Veracruz.

Para el caso de Laguna Grande se observó diferencias entre los tipos alimenticios consumidos en las diferentes clases de talla, teniendo que los ítems más importantes consumidos en común encontramos (Fig. 12) los cladóceros de los géneros *Camptocercus sp.* y *Simocephalus sp.*, los calanoideos (27.838 %) del género *Paracalanus sp.* y las zoeas.

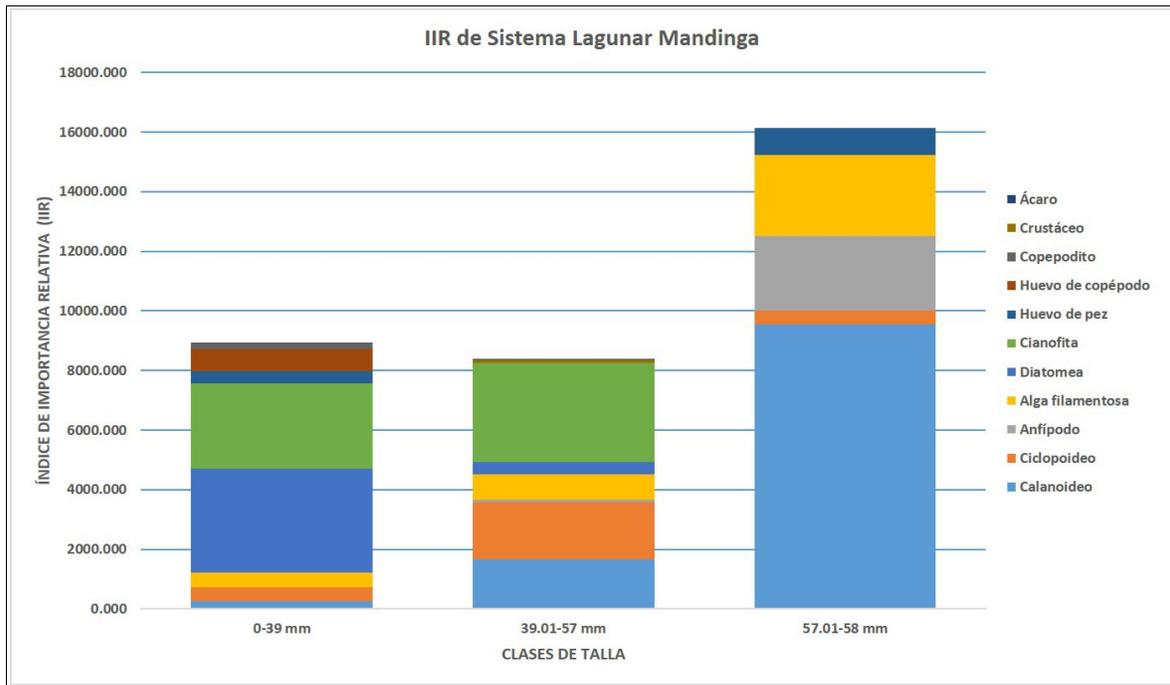


Fig. 13.- Índice de Importancia Relativa (IIR): Tipos alimenticios identificados en *Anchoa mitchilli* para el Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz.

En el Sistema Lagunar Mandinga se observaron cómo items más importantes en común a los calanoideos de las especies *Acartia lilljeborgii*, *A. tosa*, *Labidocera scotti*, *Pseudodiaptomus pelagicus* y *Temora turbinata*, al ciclopoideo de la especie *Eucylops agilis* y a diferencia de Laguna Grande se encontró una diferencia importante en los tipos alimenticios de la clase de talla pequeña en donde se determinó al grupo de las microalgas, sobresaliendo las diatomeas de los géneros *Rhizosolenia sp.*, *Lemnicola sp.*, *Thalassionema sp.*, *Coscinodiscus sp.* y a la especie *Gyrosigma parkeri* y el alga filamentosa del género *Leptolyngbya sp.*

Con base a los ítems identificados de cada espectro de alimentación poblacional, se realizó un análisis de la diversidad de especies entre ambas (Tabla. 16), encontrando que los contenidos alimenticios de Laguna Mandinga resultaron ser más diversos, con mayor equitatividad entre especies y por lo tanto con una menor dominancia.

Tabla 16.- Comparación de la diversidad ecológica de los tipos alimenticios de ambas lagunas de estudio, donde: S= Total de especies, J'=Índice de Pielou y H'=Índice de Shannon-Weaver.

Población	S	J'	H' (log10)
Laguna Grande	15	0.7588	0.8924
S. L. Mandinga	20	0.8181	1.064

Al comparar los índices calculados (Tabla. 16) se observó que Mandinga presentó una mayor equitatividad en cuanto a diversidad y abundancia de los ítems alimenticios, lo cual nos demuestra que *A. mitchilli* no es una especie de hábitos alimenticios selectivos estrictos (zooplantofágo generalista) en ninguna de las dos lagunas de estudio, si no que se trata de una especie que se alimenta de los recursos disponibles y más abundantes, dados por las condiciones ambientales propios de cada zona en la que habite y además el índice de diversidad en el Sistema Lagunar Mandinga sugiere que se trata de una laguna más diversa en comparación a Laguna Grande.

Análisis y discusión de resultados

-Parámetros ambientales.

En los resultados obtenidos de los parámetros ambientales registrados en cada una de las lagunas de estudio (Tabla. 1) se observaron claras diferencias entre ellas, lo cual en primera instancia nos muestra que ambos sitios son sistemas muy diferentes en cuanto a condiciones físicas y químicas se refiere, atribuyendolo a la posición en dos diferentes cuencas hidrológicas y a los diferentes aportes de agua continental y marina en cada una de ellas; Laguna Grande se encuentra en la cuenca hidrológica Calipe con mayor aporte del Rio Balsas y el S. L. Mandinga se ubica dentro de la cuenca Jamapa con gran influencia continental del rio del mismo nombre (INEGI, 2013). Además de que los muestreos fueron realizados en temporadas estacionales diferentes, coincidiendo con lo reportado por otros autores (Tabla. 1); en el caso de lo registrado en Laguna Grande se encontró que los parámetros registrados corresponden a las temporadas estacionales de nortes y secas según lo registrado por Peláez (2012) y para el S. L. Mandinga corresponde a las temporadas de secas y lluvias (Luna *et al.*, 1982 y Reyes, 2011).





Para la profundidad, se registró que es mayor en el Sistema Lagunar Mandinga que en Laguna Grande, esto se debe al tipo morfológico o de batimetría que presenta cada una de las lagunas, correspondiendo según la clasificación de Lankford para el caso de del S. L. Mandinga al tipo III-B, el cual se caracteriza por la presencia de barreras arenosas de orientación triangular con ejes orientados hacia afuera de la playa, lo que permite una boca lagunar siempre abierta así como mayor penetración e influencia de las corrientes de agua marina y por ende mayor profundidad, a diferencia del caso de Laguna Grande que pertenece al tipo III-A, caracterizándose principalmente por tener barreras arenosas externas y múltiples, lo que provoca que este tipo de lagunas tienda a permanecer cerrada por temporadas determinadas teniendo así una influencia menor de las aguas marinas y por consecuencia una menor profundidad (Contreras, 1985). Cabe resaltar que *Anchoa mitchilli*, se caracteriza por habitar aguas costeras y estuarios en áreas con puntos fangosos a menos de 25 m (Sparre y Venema, 1995), comúnmente en zonas fangosas de arena en aguas de 50 a 70 cm de profundidad (Robinette, 1983), de modo que se presentó con frecuencia en ambas lagunas de estudio.

La temperatura del agua promedio registrada en cada laguna fue mayor para el S. L. Mandinga que para Laguna Grande, debido a que los muestreos realizados en cada una de las lagunas fueron en temporadas estacionales diferentes y la temperatura del agua depende directamente de la temporada estacional (Rocha, 1983) y de la región climática o latitudinal en la que se encuentre la laguna (De la Lanza y Cáceres, 1994). Con relación a este parámetro se midió el contenido de oxígeno disuelto en agua, así como su porcentaje de saturación el cual depende directamente de la temperatura y de la salinidad, de manera que conforme aumentan estos últimos la concentración de oxígeno disminuye (De la Lanza y Cáceres, 1994), en este estudio se observó este comportamiento en el S.L. Mandinga donde la temperatura fue alta y por ende la concentración de oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación se vio disminuido. Y en el caso contrario, Laguna Grande registró un mayor porcentaje de saturación y cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo cual se atribuye a una posible alta actividad fotosintética de vegetación sumergida principalmente (Rocha, 1983), es importante recalcar que la especie de estudio no se ve afectada por la temperatura, ya que se ha logrado capturar desde temperaturas de 4.5°C hasta en más de 32°C e incluso ha demostrado tolerancia a áreas con alto estrés de



oxígeno (Robinette, 1983).

Otro de los parámetros ambientales importantes en los ambientes estuarino-lagunar es la salinidad la cual, en este estudio varió en ambas lagunas, encontrando que para Laguna Grande fue menor en comparación al Sistema Lagunar Mandinga, para la primera fue de 15 UPS lo cual corresponde en la clasificación de lagunas con base a la salinidad según Carriker (1967) a un cuerpo de agua de tipo mesohalino (agua continental y marina) y para la segunda con 24 UPS a un tipo de cuerpo de agua polihalina (mayor agua marina) (De la Lanza y Cáceres, 1994). Cabe resaltar que *A. mitchilli* tolera condiciones ambientales muy variables desde aguas prácticamente dulces hasta en salinidades muy variables o condiciones hipersalinas (Sparre y Venema, 1995). Relacionado con este parámetro, se midió el pH el cual se encontró de igual manera más alto en el S. L. Mandinga que en Laguna Grande pero ambos dentro de un pH de tipo alcalino es decir que hay mayor tendencia a la formación de bicarbonatos y carbonatos, ambos parámetros tanto la salinidad como el pH registrado se pueden atribuir a la influencia de las aguas marinas e incluso en menor medida a la asimilación fotosintética diurna del CO₂ en cada una las lagunas (De la Lanza y Cáceres, 1994), es decir como en Mandinga existe mayor influencia marina existe un pH y salinidad mayores a diferencia de Laguna Grande donde la presencia de barreras arenosas disminuyen la influencia marina, además del aporte de ríos, la constante agitación de sedimentos, la influencia mareal, los procesos de descomposición y asentamientos humanos (Contreras, 1985). Aunado a esto se puede mencionar el parámetro de turbidez el cual es importante para la producción primaria en la laguna (Rocha, 1983), se registró una menor cantidad en Mandinga en comparación con Laguna Grande, por los que se puede inferir que el S. L. Mandinga tiene mayor producción primaria y además nos indica que los procesos de mezcla de sedimentos son mayores en Laguna Grande, debido a la mayor influencia continental a través del arrastre de sedimentos del río Calipe, además de que el agua se encuentra más “estancada” en esta laguna por su condición morfológica y de batimetría, lo que favorece la acumulación de materia (De la Lanza y Cáceres, 1994). Retomando que hay menor turbidez en Mandinga y que puede ser debido a mayor producción primaria, Luna *et al.* (1982) reportó la cantidad promedio de clorofila presente en diferentes temporadas estacionales





observando los picos más altos en temporada lluvias con 7.4 mg c/m^3 , lo cual se puede asociar con lo obtenido en este estudio el cual se realizó en la misma temporada estacional.

-Morfometría y merística para ambas poblaciones.

En el análisis morfométrico de la diferenciación de las poblaciones, el ACP sugirió que estas presentan diferencias desde el punto de vista morfogeométrico de la especie (Fig. 5) diferencias definidas por: longitud de aleta anal, posición de la aleta dorsal, posición de aleta pectoral y longitud del maxilar inferior (Fig. 6). Estas diferencias son explicadas con los porcentajes de variación y acumulación (Tabla. 2) para cada componente principal, tomando mayor importancia los porcentajes de los dos primeros componentes enlistados, los cuales explican un 38.494% de la varianza. Además se observan las estructuras morfológicas (landmarks) que provocan esta variación, presentando mayor importancia la longitud de la aleta dorsal, altura del pedúnculo, longitud de aleta anal, posición de la punta de la mandíbula tanto inferior como superior y posición de aleta pélvica. Dichas diferencias observadas en el ACP fueron comprobadas mediante un ADM (Tabla. 3), donde la distancia Mahalanobis y T^2 fueron mayores a la distancia procrustes obtenidas por ADM, lo cual nos demuestra que las diferencias encontradas son estadísticamente significativas ($p = <.0001$), con una proporción de aciertos de $95/106 = 0.89623$ (Tabla. 4), es decir con un porcentaje de confianza del 90%, lo cual nos da una idea más realista de la eficacia del procedimiento de clasificación (Peña, 2002).

Para comprobar la información tanto del ACP como del ADM, se comparó con un análisis merístico (Tabla. 5), el cual demostró la existencia de diferencias claras en el número de radios presentes en la aleta dorsal y en la aleta pectoral entre ambas poblaciones, diferencias que se relacionan estrechamente con lo obtenido en el ACP (Fig. 6).

Los análisis comparativos de la morfometría sugieren la diferenciación de dos stocks poblacionales entre los individuos provenientes de dos sitios de muestreo diferentes: Laguna Grande y S. L. Mandinga, estos también sugieren mediante el comportamiento anisotrópico, el cual se observa en la posición de los lollipop del ACP (Fig. 5), es decir se observa que la tangente de cada lollipop tiene determinada dirección positiva y que en





este caso solo hay dos direcciones una en sentido de las manecillas del reloj y la otra en dirección opuesta lo cual sugiere que dicha diferenciación entre lagunas es causada por perturbaciones azarosas del medio ambiente (Klingenberg y Monteiro, 2005), en primera instancia esto podría ser un factor determinante para las diferencias morfológicas encontradas, ya que ambos sitios de estudio tienen condiciones ambientales particulares, las cuales pueden ejercer ciertas presiones para que los individuos se desarrollen de diferente manera según sus necesidades a pesar de ser de la misma especie (Robert y Hirtle-Lewis, 2012). Esto podría ser reforzado por lo encontrado por Lapolla (2001), quien menciona en su estudio con *Anchoa mitchilli*, que su crecimiento está directamente relacionado con la latitud en la que habita. Aunado a esto último, es importante mencionar que ambas poblaciones de estudio cuentan con una estructura de tallas y crecimiento diferentes lo que según Humphries *et al.* (1981) podrían ser variables que evidencien la influencia del tamaño sobre la forma de los peces, conduciendo a diferencias entre los grupos analizados. Además el comportamiento anisotrópico de las lollipops sugiere una idea del comportamiento del crecimiento de la población, ya que se observa una dirección negativa en la región céfalica, lo que sugiere un crecimiento de tipo alométrico (Alvarez, 2003).

Las estructuras morfológicas que hacen la diferenciación de stocks poblaciones según el ACP procrusters y ADM fueron la longitud de la aleta dorsal, altura del pedúnculo, longitud de aleta anal, posición de la punta de la mandíbula tanto inferior como superior y posición de aleta pélvica, lo cual al ser relacionado y comparado con la condición merística de la especie, se observaron diferencias en el número de radios de la aleta dorsal y aleta pectoral (Tabla. 5) lo que coincide con el análisis procrusters, pero al ser comparado con el rango promedio de número de radios reportado por Carpenter (2002) y Robinette (1983), se observaron ligeras variaciones en el número de radios, lo cual podría ser un factor que atribuyera variación en las diferencias morfológicas en las aletas entre poblaciones.

-Morfometría y estructura poblacional (clases de talla).

En cuanto al comportamiento de la estructura poblacional de *A. mitchilli* se encontró que para Laguna Grande se presentaron cuatro clases de talla donde la clase de 0-28 mm



correspondería a los individuos juveniles según lo reportado por Robinette (1983) donde los juveniles midieron de 20 a 25 mm, del igual manera en el caso del S. L. Mandinga donde solo se determinaron tres clases de talla y la clase de los juveniles correspondería a la de 0-39 mm. Teniendo como individuos adultos al resto de las clases en ambas poblaciones (Tabla. 6) , ya que estos se diferencian de los juveniles en tener una boca terminal y un maxilar redondeado corto, el cual no rebasa el margen del opérculo (Robinette, 1983). Es importante mencionar que para ambas poblaciones las clases de talla intermedias presentaron el mayor número de individuos capturados (Tabla. 6).

Las clases de talla fueron comparadas morfométricamente entre sí, con base en lo propuesto por Humphries *et al.* (1981) quienes mencionan que la talla puede ser un componente muy significativo en las diferencias entre grupos; observando en este estudio diferencias en su morfometría geométrica estadísticamente significativas dadas principalmente por estructuras morfológicas de la región cefálica y de la región caudal en ambas lagunas, las cuales aumentan su tamaño sin tener una relación con la forma del resto del cuerpo, lo que sugiere que *A. mitchilli* presenta un crecimiento alométrico, es decir presenta un crecimiento diferencial de la parte cefálica de su cuerpo en relación al organismo completo (Jakes, 2013), condición muy común en los clupeiformes (Quijano, 2011). Estos amplios intervalos de variación son frecuentemente asociados a localidades muy separadas y al crecimiento alométrico de la población (Nijssen, 1970).

Ya que se observaron diferencias en la morfometría geométrica entre poblaciones, las cuales podrían ser dadas por la condición de crecimiento en cada laguna, se estimaron las curvas de crecimiento correspondientes a cada laguna, teniendo que para Laguna Grande se observó una longitud máxima promedio de 62.59 mm y para Mandinga de 57.92 mm, lo cual se aproxima a lo propuesto tanto por Robinette (1983) con 60 mm en promedio y como con lo reportado por Sparre y Venema (1995) con una longitud total promedio de hasta 80 mm como dato común para las costas mexicanas. Con base a la determinación de la longitud máxima de cada población, se estructuraron los modelos de Von Bertalanffy (Fig. 10 y 11) para cada una de ellas, observado que los datos de K y de T_0 muestran diferencias significativas entre cada una de las lagunas, teniendo que para Laguna Grande la rapidez con la que *A. mitchilli* llega a su longitud máxima (K) es de





0.0445 mm por unidad de tiempo la cual es menor en relación con la del S. L. Mandinga donde es de 0.118 mm por unidad de tiempo. De igual manera se observa la misma relación para la “talla cero” o talla mínima de individuos en cada población, para Laguna Grande es de 15.052 mm en promedio la cual es menor a la de Mandinga donde los individuos más pequeños alcanzan una talla de mínima de 30.570 mm. Al ser comparadas tanto las clases de talla estimadas como la longitud máxima (L_{∞}), la rapidez con la que la especie alcanza la longitud máxima (K) y las tallas cero (T_0) en cada uno de los casos, se pudo observar que hay diferencias claras, las cuales se pueden atribuir a los hábitos propios de la especie como lo es que los engraulidos ocupen a las lagunas costeras como lugares de resguardo de sus larvas hasta que son adultos maduros sexualmente para poder reproducirse en mar abierto y las larvas entren a la laguna nuevamente para cumplir un ciclo biológico (De la Lanza y Cáceres, 1994).

En síntesis todo lo anterior puede ser explicado debido a la condición geomorfológica de las lagunas ya descritas con anterioridad, lo cual provoca en el caso de Laguna Grande que los individuos que entran a la laguna queden encerrados por la barrera arenosa y estos cumplan gran parte de su ciclo de vida dentro de la laguna, a diferencia de Mandinga donde las clases de talla fueron menos debido a que los individuos pueden entrar y salir libremente de la laguna (Robinette, 1983).

-Morfometría y estructura trófica.

Para complementar las diferencias encontradas en el análisis morfométrico, se realizó un análisis trófico con la estimación del índice de importancia relativa en ambas poblaciones y entre clases de talla, esto para determinar si la disposición de recursos como lo es el alimento puede ser un factor que justifique estas diferencias (Fig. 12 y 13), encontrando que los individuos de Laguna Grande consumen con más frecuencia zoeas, calanoideos (*Paracalanus sp.*) y cladóceros (*Camptocercus sp.* y *Simocephalus sp.*) en todas las clases de talla estimadas, a diferencia de Mandinga donde consumen mayormente calanoideos (*Acartia lilljeborgii*, *A. tosa*, *Labidocera scotti*, *Pseudodiaptomus pelagicus* y *Temora turbinata*) y ciclopoideos (*Eucylops agilis*) estas últimas reportadas por Álvarez-Silva y Gómez-Aguirre (2000), además de que la clase intermedia y menor incluyen de





manera frecuente el consumo de microalgas (algas filamentosas, cianofitas y diatomeas). Estos resultados se aproximan a lo reportado por Robinette (1983), quien menciona que el zooplancton constituye el 58% de la dieta de los juveniles (30-49 mm) y el 43% de los adultos (50-74 mm) de la anchoa de caleta. Además de que se han reportado que los juveniles y adultos consumen un 9% y 10% de microinvertebrados y un 33% y 34% de detritus orgánico respectivamente (Darnell, 1961).

Las relaciones entre la morfología de las especies analizadas y su ecología trófica pueden ser determinadas con base en la información gravimétrica de las presas, pues de esta depende el aporte energético que el depredador requiere para mantener su estructura física (Bohórquez-Herrera, 2009), con base en esto se puede inferir que una de las causas de haber encontrado diferencias morfológicas entre las poblaciones son los tipos de alimento que consumen en cada una de las lagunas, observando que para Laguna Grande hay un mayor aporte energético al consumir con mayor frecuencia zoeas, calanoideos y cladóceros, a diferencia de Mandinga donde además existe consumo frecuente de microalgas.

En relación con lo anterior y para buscar diferencias más claras en los hábitos alimenticios, se realizó un análisis de la diversidad ecológica de todos los tipos alimenticios determinados taxonómicamente (Tabla. 16), encontrando que para el S. L. Mandinga hay una mayor diversidad ecológica entre los ítems según lo obtenido con el índice de Shannon-Weaver y una menor dominancia, lo cual nos indica un mayor número de especies en comparación a Laguna Grande donde hay una mayor dominancia y por ende una menor diversidad, lo cual se puede atribuir a la condición geomorfológica de cada laguna, ya que por ejemplo, la presencia de diatomeas y microalgas en Mandinga se atribuye a que existe mayor influencia marina (De la Lanza y Cáceres, 1994), de igual modo pasa con los calanoideos los cuales se encontraron más especies en el análisis de contenido alimenticio de Mandinga que en el de Laguna Grande, donde existe menor influencia del océano al cuerpo de agua.

Finalmente al comparar el índice de Pielou (Tabla. 16) se observó que Mandinga presentó una mayor equitatividad en cuanto a diversidad y abundancia de los ítems alimenticios, lo cual nos demuestra que *A. mitchilli* no es una especie de hábitos alimenticios selectivos





estrictos (zooplantofago generalista) en ninguna de las dos lagunas de estudio, si no que se trata de una especie que se alimenta de los recursos disponibles y más abundantes, dados por las condiciones ambientales propios de cada zona en la que habite.

Conclusiones

1) Con las características geomorfológicas, físicas, químicas y ecológicas de cada una de las lagunas de estudio se determinó que Laguna Grande es diferente al Sistema Lagunar Mandinga en estos aspectos, es decir que se tratan de dos sistemas ambientales diferentes entre sí.

2) El análisis morfológico de las poblaciones de Laguna Grande y el Sistema Lagunar Mandinga demostró que son stocks poblacionales morfológicamente diferentes, lo cual está definido por: longitud de la aleta dorsal, altura del pedúnculo, longitud de aleta anal, posición de la punta de la mandíbula tanto inferior como superior y posición de aleta pélvica, lo que se podría atribuir a las condiciones ambientales de cada una de las lagunas en las que se desarrolla *A. mitchilli*.

3) La separación morfológica de stocks poblacionales se complementó con el análisis merístico, en el cual se observaron diferencias en el número de radios presentes en la aleta dorsal y en la aleta pectoral relacionándose estrechamente con las estructuras morfológicas que determinaron la diferencia entre stocks.

4) En la comparación morfométrica de las clases de talla se observó diferencias significativas, dadas principalmente por estructuras morfológicas de la región cefálica y de la región caudal en ambas lagunas, lo que sugiere que *A. mitchilli* presenta un crecimiento alométrico.

5) Se describió el comportamiento de la estructura poblacional de *A. mitchilli* en cada laguna, observándose diferencias entre ellas en cada uno de los aspectos biológicos evaluados; clases de talla y modelo de crecimiento individual, los cuales demuestran la diferenciación de stocks poblacionales propios de cada laguna, lo cual se atribuye a las condiciones ambientales y geomorfológicas de cada laguna y al comportamiento biológico de la especie.





6) Con el análisis trófico realizado en cada una de los stocks poblacionales se observó que *A. mitchilli* es una especie no selectiva, es decir se alimenta principalmente de zooplancton particularmente de copépodos calanoideos, cladóceros y ciclopoideos pero también se alimenta de todo lo que se encuentre en la columna de agua, como microalgas pero esto sucede con mas frecuencia en clases de talla pequeñas que corresponden a individuos juveniles; sin embargo las condiciones ambientales de cada una de las lagunas provoca que estos engraulidos se alimenten de lo que se encuentra disponible, lo cual podría ser un factor determinante de la separación morfológica de stocks poblacionales. Es importante recalcar que para poder afirmar aun con más sustento estos resultados, se sugiere realizar un análisis morfométrico más profundo en los aparatos digestivos y estructuras que intervienen en la alimentación entre las poblaciones de cada laguna.

7) De manera general la morfometría geométrica ofrece elementos metodológicos que permiten distinguir estadísticamente las diferencias entre la forma del cuerpo de una población y las diferencias entre la forma de las tallas de los individuos, comparar organismos usando sus estructuras homólogas, cuantificar la variabilidad de la forma en múltiples escalas espaciales, y estudiar las correlaciones que pueden existir entre esta variabilidad y otros parámetros morfológicos o ambientales.

8) Finalmente este estudio comprobó que el uso de la ecomorfología permite diferenciar de manera práctica stocks poblacionales para una mejor comprensión de las diferentes adaptaciones o tipos morfológicos de una especie en ambientes distintos y particulares entre sí. Sin embargo se sugiere realizar este tipo de estudios ecomorfológicos con un mayor número de poblaciones de diferentes lagunas costeras, para poder así ampliar aún más las diferencias morfológicas que podrían presentarse entre ellas, además de que las diferencias morfológicas pueden ser comprobadas o reafirmadas con estudios de descripción genéticos.





Literatura citada

- ◆ Álvarez, R. I. M. 2003. Análisis comparativo de la morfometría de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax* GIRARD, 1856. CLUPEIFORMES:ENGRAULIDAE) de la costa occidental de Baja California y del Golfo de California. Tesis que para obtener el grado de maestro en Ciencias con especialidad en Ciencias Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Pesquerías y Biología Marina, Instituto Politecnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 85 p.
- ◆ Álvarez-Silva, C. y S. Gómez-Aguirre. 2000. Listado actualizado de la fauna de copépodos (Crustacea) de las lagunas costeras de Veracruz, México. Hidrobiológica 10 (2): 161-164.
- ◆ Bock, W. J. 1994. Concepts and methods in ecomorphology. Journal of Bioscience 19 (4):403-413.
- ◆ Bohórquez-Herrera, J. 2009. Ecomorfología alimentaria de algunas especies de peces asociadas a fondos blandos. Tesis para Maestría en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 108 p.
- ◆ Barón, M. B. C. 2006. Relaciones ecomorfológicas y de dieta en siete especies de peces (Characidae) en afluentes de la quebrada Yahuaraca (Amazonia Colombiana) capturados en un periodo de época seca. Tesis Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá. 145 p.
- ◆ Cadrin, S. X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10: 91-112.
- ◆ Campos, H. A. y E. M. Suárez. 1994. Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. Biología y Sistemática. Centro de Investigaciones de Quitana Roo, México. 360 p.
- ◆ Caneco, B., A. Silvia y A. Morais. 2004. Morphometric variation among anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) populations from the Bay of Biscay and Iberian waters. Instituto Nacional de Investigaçao Agrária e das Pescas, Portugal. 17 p.
- ◆ Carpenter, K.E. 2002. FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication No. 5. Vol.



2 bony fishes part 1 (*Acipenseridae to Grammatidae*), Rome. p. 601-1374.

- ◆ Castañeda, L.O. y F.E. Contreras. Centro de documentación “Ecosistemas litorales” Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa [En línea]. 2003. <<http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/Ver.htm>> [Consultado: 24 de junio 2013].
- ◆ Castro-Aguirre, J.L, P.H. Espinosa y J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuario- lagunar y vicaria de México. Colección textos politécnicos, Limusa, México. 711 p.
- ◆ Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaria de Pesca, México. 253 p.
- ◆ Darnell, R.M. 1961. Trophic spectrum of an estuarine community, based on studies of Lake Pontchartrain, Louisiana. *Ecology* 42(3): 553-568.
- ◆ De la Cruz-Aguero, G. 1993. A preliminary model of Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. *In* V. Christensen and D. Pauly (Eds.). Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM, Manila. p.193-196.
- ◆ De la Lanza, E. G. y M. C. Cáceres. 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 525 p.
- ◆ Díaz, M.V., M. Pájaro y R.P. Sánchez. 2009. Employment of morphometric variables to assess nutritional condition of Argentine anchovy *Engraulis anchoita* Hubbs & Marini, 1935. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 539-549.
- ◆ Erdogan, Z., C. Turan y H. Torcu Koc. 2009. Morphologic and allozyme analyses of european anchovy (*Engraulis encrasicolus* (L. 1758)) in the Black, Marmara and Aegean Seas. *Acta Adriatica* 50(1): 77-90.
- ◆ Froese, R. y D. Pauly. *Anchoa mitchilli* FishBase [En línea]. 2013. <<http://fishbase.org.cn>> [Consultado: 22 de junio 2013].
- ◆ Gacitúa, S., C. Oyarzún y R. Veas. 2008. Análisis multivariado de la morfometría y merística del robalo *Eleginops maclovinus* (Cuvier, 1830). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3):491-500.
- ◆ García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de



Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Ediciones Enriqueta García de Miranda, México. 220 p.

◆ García-Cubas, A. y Reguero, M. 2007. Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 94 p.

◆ García-Cubas, A., Reguero, M. y Elizarrarás R. 1992. Moluscos del Sistema Lagunar Chica-Grande, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México 19(1): 71-101.

◆ Gutiérrez, M. E., E.S. Morales, M.A.A. Gutiérrez, M.S Briano, J.G.R. Granados y T.E. Garfias. 2008. Cladóceras y copépodos de las aguas continentales de México. Guía Ilustrada. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México. 322 p.

◆ Humphries, J.M., F. Bookstein, B. Chernoff, G. Smith, R. Elder y S. Ross. 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. Systematic Zoology 30(3): 291-308.

◆ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Cuencas Hidrológicas [En línea]. 2013. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/hidrologia/rios/cuencas_hidrologicas.cfm> [Consultado: 19 de julio 2013].

◆ Jakes, C. U. 2013. Efecto de la alometría en la estimación de los parámetros de crecimiento individual del Marlin Azul *Makaira nigricans*. Tesis que para obtener el grado de doctorado en Ciencias Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politecnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 115 p.

◆ Johnson, W.S. y Allen, D.M. 2012. Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts. A guide to their identification and ecology. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, United States of America. 453 p.

◆ Klingenberg, C.P. y L. R. Monteiro. 2005. Distances and directions in



multidimensional shape spaces: Implications for morphometric applications. *Systematic Biology* 54(4): 678-688.

- ◆ Koehl, M. A. R. 1996. When does morphology matter? *Annual Review Ecology Systematics* 27: 501-542.
- ◆ Lapolla, A.E. 2001. Bay anchovy *Anchoa mitchilli* in Narragansett Bay, Rhode Island. I. Population structure, growth and mortality. *Marine Ecology Progress Series* 217: 93-102.
- ◆ Lawson, E.O., S.L. Akintola y F.A. Awe. 2013. Length- weight relationships and morphometry for eleven (11) fish species from Ogudu Creek, Lagos, Nigeria. *Advances in Biological Research* 7(4): 122-128.
- ◆ Leah, Z.M., D.L. Swiderski, D.H. Sheets y Fink W.L. 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier, United States of America. 443 p.
- ◆ Luna, R.M.M., D.A. Martínez y F.J.D. Ramos. 1982. Estudio preliminar de algunos parámetros hidrológicos de las Lagunas de Mandinga, Veracruz, México durante dos épocas climáticas diferentes. Tesis para título de Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, México. 29 p.
- ◆ Márquez, E. A. 2009. Ictiología Aplicada. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México. 55 p.
- ◆ Masterson, J. *Anchoa mitchilli*. Bay Anchovy [En línea]. 2008. <http://www.sms.si.edu/irlspec/Anchoa_mitchilli.htm> [Consultado: 22 de junio 2013].
- ◆ Nijssen, H. 1970. Revision of the Surinam catfishes of the genus *Corydoras* Lacepede, 1803 *Pisces: Siluriformes, Callichthyidae*. *Beaufortia* 18: 1-75.
- ◆ Motta, P. J., F.S. Norton y J.J. Luczkovich. 1995. Perspectives on the ecomorphology of bony fishes. *Environmental Biology of Fishes* 44: 11-20.
- ◆ Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. Mc Graw Hill, España. 539 p.
- ◆ Pérez, P.E.H. 2007. Ecología de las comunidades de peces en Lagunas



Costeras del Litoral de Veracruz, México. Informe de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México. 119 p.

- ◆ Pinkas, L., M. S. Olipant y Z. L. Iverson. 1971. Food habits of albacore bluefin, tuna and bonito in California Waters. California Department Fish. Game, Fish Bulletin 152:1–1105.
- ◆ Quijano, Q. D. R. 2011. Evaluación taxonómica de las especies del género *Lile* Jordan y Evermann, 1986 (Teleostei: Clupeidae) en el Pacífico Mexicano. Tesis que para obtener el grado de maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politecnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 78 p.
- ◆ Robinette, R. H. 1983. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Gulf of Mexico). Bay anchovy and Striped anchovy. National Coastal Ecosystems Team, Division of Biological Services. Fish and Wildlife Service, United States of America. 24 p.
- ◆ Robert N., y M. Hirtle-Lewis. 2012. Geometric Morphometric Analysis of ecomorphs of freshwater fish of Eastern Panama; *Bryconamericus emperador* and *Astyanax aeneus*. McGill University, Montreal, Canadá. 29 p.
- ◆ Robles, G. M. 2009. La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 407 p.
- ◆ Rocha, R. A. 1983. Distribución y abundancia del ictioplancton del Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz. Tesis para obtener el título de biólogo, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 86 p.
- ◆ Reyes, A. O. U. 2011. Hidrología del sistema lagunar de Mandinga, Veracruz, durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009. Tesis de investigación para obtener título de biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México. 135 p.
- ◆ Rohlf, J. 2010. Ecology y Evolution. SUNY at stony brook, National Science Foundation, United States of America. 24 p.



Ecormorfología de *Anchoa mitchilli*



- ◆ Santos, V. J., R.M.C. Ré, Y.M.E. González y E.M. Seca. 1998. Características de la reproducción de *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758, Pisces: Engraulidae) en Seybaplaya, Campeche, México. Proceedings of the 50th and Caribbean Fisheries Institute 50: 969-990.
- ◆ Silva, A. 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. ICES Journal of Marine Science 60: 1352-1360.
- ◆ Sparre P. y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1 Manual. Food and Agriculture Organization, Chile. 420 p.
- ◆ Todd, C.D., M.S. Laverack y G.A. Boxshall. 1996. Coastal Marine Zooplankton. 2nd edition. Cambridge University Press, United States of America. 106 p.
- ◆ Wehr, D.J y R.G. Sheath. 2003. Freshwater algae of North America. Ecology and Classification. Academic press, United States of America. 918 p.
- ◆ Winkler, H. 1988. An examination of concepts and methods in ecomorphology; in Acta XIX Congress International of Ornithology Natural Science, Ottawa. p. 2246-2253.
- ◆ Yakubu, A. y S.A., Akunsebor. 2011. Morphometric differentiation of two Nigerian fish species (*Oreochromis niloticus* y *Lates niloticus*) using principal and discriminant analysis. International Journal of Morphology 29(4): 1429-1434.

