



**Casa abierta al tiempo**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

***Iztapalapa***

**ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS DE *Cathorops melanopus* (SILURIFORMES: ARIIDAE) EN DOS DIFERENTES TIPOS DE HÁBITAT DE LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VERACRUZ**

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestra en Biología

PRESENTA

***Maricela Mojica Aviles***

Director

***Dr. Manuel Castillo Rivera***

**Enero 2007**

“La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón Nacional de Posgrado del CONACYT, con la categoría de Alto Nivel”.

La presente tesis se desarrolló en el Laboratorio de Peces del Departamento de Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, dentro de los Proyectos de Investigación “Variabilidad estacional nictémera en la estructura de las comunidades de peces” y “Variabilidad y estacional y nictémera en la estructura de las comunidades de peces. Segunda fase”, los cuales contaron con el financiamiento de la Universidad Autónoma Metropolitana.

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

Maricela Mojica Aviles

El día 8 de enero del 2007

Comité Tutorial

Director de tesis: Dr. Manuel Castillo Rivera \_\_\_\_\_

Asesor: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte \_\_\_\_\_

Asesor: M. en C. Arturo Aguirre León \_\_\_\_\_

Sinodal: Dra. Ana Laura Lara Domínguez \_\_\_\_\_

Sinodal: M. en C. Rocío Zarate Hernández \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

A toda mi familia y amigos,  
especialmente a mi bebé  
**Eros Ángel Vargas Mojica.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis Dr. Manuel Castillo Rivera por su apoyo íntegro en momentos difíciles, y por enseñarme a identificar la “megambrea”, a mis asesores el Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por todas sus instrucciones especialmente con los Kerneles y el M. en C. Arturo Aguirre León por la información proporcionada y a mis sinodales Dra. Ana Laura Lara Domínguez por aceptar ser mi sinodal y también a la M. en. C. Rocío Zarate Hernández, por sus observaciones atinadas. En general a todos mis sinodales por sus observaciones, asesoría y sugerencias durante la realización de la tesis. Al coordinador de la maestría en biología por su orientación, colaboración y la bienvenida. A mis compañeros y profesores de la maestría que de alguna manera estuvieron involucrados en la tesis, y a todos los integrantes del Laboratorio de Peces por su compañía y explicaciones dadas, a la UAM-I por su apoyo financiero y por todo lo que aprendí, y al CONACyT por las prestaciones otorgadas y el financiamiento económico durante la realización de la maestría.

## RESUMEN

En el análisis espacial, sólo el oxígeno disuelto mostró diferencias significativas entre ambientes, siendo mayor en el hábitat con vegetación sumergida. Similarmente, en el análisis nictímero las variables ambientales tendieron a no mostrar diferencias significativas entre horas. Por el contrario, estacionalmente todas las variables ambientales presentaron diferencias significativas entre meses, en ambos tipos de hábitat. La abundancia en número y peso de *Cathorops melanopus* fue significativamente mayor en el hábitat sin vegetación. Asimismo, la abundancia siempre fue mayor durante la noche que durante el día, tanto en el hábitat con lechos de *R. maritima*, como en el hábitat sin este tipo de vegetación, teniendo otras variables (incluida la marea) poca incidencia en el comportamiento nictímero de la especie. Estacionalmente, la especie presente un pulso conspicuo en julio, en los dos ambientes. El análisis de tallas mostró 5 grupos modales que podrían corresponder a grupos de edad, predominando los individuos pequeños en el hábitat sin vegetación y durante los meses de septiembre a noviembre. La dieta global de *C. melanopus* mostró un carácter omnívoro, basándose en el consumo de detritus, invertebrados (poliquetos, copépodos y peracáridos) y plantas (macroalgas y pastos). La dieta no mostró diferencias significativas entre el día y la noche, aunque ésta sí mostró diferencias entre sexos y entre tipos de hábitat. Similarmente, existieron cambios ontogénicos significativos en la dieta, debidos al en el mayor consumo de copépodos por los individuos pequeños, los cuales también se alimentaron con mayor intensidad. La proporción sexual fue significativamente diferente de 1:1,

existiendo más hembras que machos (2:1). El mayor IGS se observó durante marzo, en el hábitat con vegetación y en individuos mayores a 120 mm LP.

### **ABSTRACT**

Spatially, only dissolved oxygen showed significant differences between two kinds of environments, being greater in the submerged vegetation habitat. Similarly, on diel scale the environmental variables tended to show no significant differences among hours. By contrast, seasonally all environmental variables showed significant differences among months, in both type of habitats. The number and weight abundance of *Cathorops melanopus* was significantly greater in habit without vegetation. Likewise, the abundance was always greater in the night than during the daylight hours in both habitats, with and without submerged vegetation, with other environmental variables (including tide) having few incidence over the diel behavioral of the species. Seasonally, the species showed an important pulse in July (rainy season) in both habitats. Size frequency analysis showed 5 modal groups, which may to correspond to age groups, predominating small individuals in the habitat without submerged vegetation, from September to November. The overall diet of *C. melanopus* presented an omnivore feature, feeding on detritus, invertebrates (polychaetes, copepods and peracaridans) and plants (macroalgae and widgeon grass). The diet did not show significant differences between day and night, although there were significant differences between sexes and habitats. Likewise, there existed significant ontogenetic changes in the diet, due to the greater consumption of copepods by smaller individuals, which also feeding with more intensity. The sexual ratio (females:males) was significantly different to 1:1, with more females than males

(2:1). The greater gonadosomatic index was observed during March, in the submerged vegetation habitat and in individuals greater to 120 mm SL.



## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>3. OBJETIVO GENERAL Y PARTICULARES</b>	<b>20</b>
<b>4. METODOS</b>	
4.1 Área de estudio	21
4.2 Medición de las variables ambientales	23
4.2 Colecta de material biológico	24
4.3 Distribución espacio-temporal	25
4.4 Análisis de contenidos estomacales	25
4.5 Morfometría y análisis de los principales aspectos reproductivos	26
4.6 Análisis estadístico	27
<b>5. RESULTADOS</b>	
5.1 VARIABLES AMBIENTALES	
5.1.1 Análisis espacial	29
5.1.2 Análisis nictímero	31
5.1.3 Análisis estacional	35
5.2 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA	
5.2.1 Análisis espacial	38
5.2.2 Análisis nictímero	42
5.2.3 Análisis estacional	49
5.3 ANÁLISIS EN LA ESTRUCTURA DE TALLA	
5.3.1 Análisis general	53
5.3.2 Análisis espacial	54
5.3.3 Análisis estacional	56
5.3.3 Análisis nictímero	60
5.4. DIETA GENERAL	64
5.4.1 Variabilidad alimenticia por sexo	65
5.4.2 Variabilidad ontogénica	67
5.4.3 Variabilidad nictímera	69
5.4.4 Variabilidad espacial	70
5.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS	72
5.5.1 Análisis espacial	72

5.5.2	Análisis temporal	73
<b>6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		
6.1 VARIABLES AMBIENTALES		
6.1.2	Análisis espacial	75
6.1.2	Análisis nictímero	75
6.1.3	Análisis estacional	75
6.2 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA		
6.2.1	Análisis espacial	77
6.2.2	Análisis nictímero	78
6.2.3	Análisis estacional	79
6.3 ANÁLISIS EN LA ESTRUCTURA DE TALLA		
6.3.1	Análisis general	81
8.3.2	Análisis espacial	81
8.3.3	Análisis estacional	82
8.3.4	Análisis nictímero	82
6.4 DIETA GENERAL		
6.4.1	Variabilidad alimenticia por sexo	83
6.4.2	Variabilidad ontogénica	84
6.4.3	Variabilidad nictímera	85
6.4.4	Variabilidad espacial	86
6.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS		87
<b>7. REFERENCIAS</b>		<b>89</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la ecología es jerárquico (comprende individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas), pero su núcleo son los individuos que tratan de ser representados genéticamente (con sus descendientes) dadas las oportunidades o dificultades bióticas o abióticas del ambiente (Begon *et al.*, 1996). Una aproximación importante en la ecología es el estudio de las historias de vida de los organismos, las cuales presentan diversos patrones de crecimiento, alimentación y reproducción, y que a su vez pueden desarrollarse en uno o más tipos de hábitat. Así, las historias de vida, reflejan adaptaciones y las interacciones del organismo con su medio ambiente y especies con vidas estrechamente relacionadas, que viven en un hábitat similar, también pueden mostrar diferencias en sus patrones de comportamiento. En este sentido, el crecimiento y la fecundidad son parte integral de cualquier historia de vida de un organismo, por lo que es necesario conocer como estos procesos biológicos pueden ser afectados. Asimismo, los cambios en la abundancia, alimentación y producción de una población reflejarán el efecto en la densidad, tasa de mortalidad, fecundidad y crecimiento (Begon *et al.*, 1996).

La distribución y abundancia de los peces que se encuentran en los estuarios, están determinadas primero por factores físicos, químicos y biológicos. La fauna estuarina está constituida por especies de origen marino (las cuales son dependientes del estuario) y dulceacuícola, que migran de un ambiente a otro, así como un pequeño número de especies residentes. Las poblaciones de peces en los estuarios pueden cambiar dramáticamente, en respuesta a los disturbios severos, particularmente todos los que resulten de las actividades humanas. Actualmente, la baja diversidad

de peces encontrados en los estuarios comprueba el hecho de que aún siendo peces estuarinos tienen sus límites en cuanto a la tolerancia de las condiciones ambientales extremas (Moyle y Cech, 1996). En consecuencia, muchos peces son solo residentes temporales del estuario, habiendo organismos que ingresan cuando las condiciones son favorables y toman ventaja del alimento abundante, y otros que abandonan el estuario cuando las condiciones físicas o químicas son más severas.

En este sentido, la estacionalidad en las poblaciones de los peces parece estar determinada por las respuestas a la temperatura y salinidad, niveles de oxígeno, vegetación, depredación y competencia ínter-específica (Moyle y Cech, 1996).

El número de especies regularmente se incrementa en el verano, cuando las condiciones de muchos estuarios son más estables, aunque varias de las especies adicionales son relativamente raras. Se ha encontrado que peces tanto dependientes como independientes del mar, muestran patrones estacionales de abundancia en los estuarios, como sucede en los estuarios de Georgia con los bagres (Ariidae) que se encuentran casi exclusivamente en verano (Moyle y Cech, 1996). Con respecto a la variabilidad nictímera, a lo largo del día la abundancia puede presentar patrones relacionados con la habilidad de los peces para detectar presas, evadir depredadores, agregarse o reproducirse, los cuales tienden a variar en el ciclo diario de luz-oscuridad, existiendo especies con hábitos típicamente diurnos, nocturnos y crepusculares (Helfman, 1993).

El tamaño del individuo es un aspecto que puede tener implicaciones en su historia de su vida. Así, un organismo de gran tamaño puede incrementar su habilidad para competir, depredar o evitar ser depredado. Además los organismos más grandes

(dentro de su especie) normalmente producen más descendientes. Sin embargo, el tamaño puede incrementar riesgos, ya que existe evidencia de que los depredadores prefieren a las presas más grandes (Begon *et al.*, 1996). Para muchos peces, tanto la supervivencia como la fecundidad (número de huevos fertilizados) son influenciadas por su talla, por lo que la tasa de crecimiento de los individuos es un factor importante. El crecimiento, supervivencia y fecundidad son componentes de la adecuación que determinan la sucesión relativa de un individuo que llegará a la siguiente generación, comparada con otros individuos en la siguiente generación (Wootton, 1992).

Es de esperarse que un grupo tan diversificado como el de los peces se haya adaptado a una gran variedad de alimentos. Algunos peces se alimentan exclusivamente de plantas, otros de animales y existe un tercer grupo que se alimenta de las dos fuentes. Los peces pueden ser depredadores, ramoneadores, filtradores, succionadores de alimento y parásitos, de acuerdo con sus hábitos de alimentación (Lagler *et al.*, 1984).

En un estuario, la alta diversidad de gradientes alimenticios proviene de la principal fuente de energía, la cual es aportada por el detritus que se importa al mismo o se deriva de la descomposición de las plantas estuarinas, tales como el marisma, los pastos marinos y los manglares (Wootton, 1992).

La cantidad de alimento que un organismo puede consumir está determinada por la calidad del mismo, el tamaño del animal, la frecuencia de alimentación, la hora del día, la época del año, el estado fisiológico del organismo y también por aspectos de su conducta. La hora del día, es un factor importante que influye en el proceso de la

alimentación. Asimismo, las estaciones del año afectan con gran fuerza la temperatura del agua en áreas templadas y frías, y el nivel del agua en regiones tropicales, lo cual incide en la alimentación de los peces (Wootton, 1992). Así, cualquier organismo que pueda servir de alimento a los peces no está disponible todo el tiempo en forma constante, desde el punto de vista numérico, debido a que existen fluctuaciones naturales en su abundancia. Las fluctuaciones de los organismos que sirven de alimento son a menudo cíclicas y se deben a factores propios de su desarrollo biológico, a condiciones climáticas o a otras relacionadas con el ambiente (Lagler *et al.*, 1984).

En cuanto a la variabilidad espacial, los peces que se encuentran estrechamente asociados con el sustrato, se alimentan predominantemente de invertebrados, tanto meiofauna como macrofauna; de manera similar los peces epipelágicos, tienden a alimentarse de plancton (Wootton, 1992). Las migraciones de peces reflejan hasta cierto punto la necesidad de la búsqueda de una fuente particularmente abundante de alimento (Lagler *et al.*, 1984).

Las larvas tienen mayor estabilidad en la alimentación que en cualquier otra etapa de vida de los peces. Su pequeño tamaño y su reducida apertura bucal restringen el tamaño y tipo de alimento que puedan ingerir. Dependiendo del tamaño de la larva, ocurrirá un cambio en su dieta que afectará su futuro crecimiento durante el primer año de vida. A esto se le llama cambio de nicho ontogénico y algunas especies, durante su vida también tienen cambios secundarios de nicho (Gerking, 1994).

El éxito de cualquier especie de pez, estará finalmente determinado por los miembros que se reproduzcan y mantengan a la población viable. Cada pez tiene su

propia vida, con únicas condiciones ecológicas, estrategias reproductivas, cierta anatomía, ambiente, fisiología y adaptaciones energéticas. Las estrategias reproductivas de los peces generalmente se reflejan entre las diferencias anatómicas de los sexos. De acuerdo a las estrategias reproductivas, los peces pueden portar interna o externamente a la progenie, o ser guardianes que cuidan el nido o ser desovadores pelágicos, desovadores bénticos, o que ocultan los nidos, pero sin cuidarlos. Se ha encontrado que en los bagres (*Ariidae*), el macho es el que cuida la progenie y su estrategia de portador externo consiste de proteger los huevos en la boca (Moyle y Cech, 1996).

La fecundidad es un término generalmente empleado para describir el número de huevos producidos. La fecundidad de una hembra depende de diversos factores como son la edad, el tamaño, la especie, la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua y la época del año (Lagler *et al.*, 1984). En los peces la fecundidad incrementa con el tamaño del cuerpo (Wootton, 1992). Parece ser que la fecundidad conlleva alguna interrelación amplia con el cuidado o protección de los huevos. Así especies que desovan cantidades enormes de huevos (en *Mola mola* hasta 28,000,000) no se preocupan por el cuidado de sus huevos, a no ser que desoven cuando los machos están en las cercanías. Por el contrario, hay especies que tienen cuidados parentales y el número usual de huevos varía entre treinta y cien (Lagler *et al.*, 1984). Además el número total de huevos que un pez puede producir está limitado para el ovario y por el espacio disponible en la cavidad del cuerpo (Wootton, 1992).

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los miembros de la familia Ariidae constituyen un componente importante en las comunidades de peces en ambientes tropicales del continente Americano (Fischer, 1978; Salgado-Ugarte, 1985; Ayala-Perez *et al.*, 2003; Azevedo *et al.*, 1999; Castillo-Rivera y Zarate-Hernández, 2001; Castillo-Rivera *et al.*, 2005). Las especies de bagres marinos (Ariidae) más comunes en aguas costeras del Golfo de México son: el bagre bandera *Bagre marinus* (Mitchill, 1815), el bagre gato *Ariopsis (=Arius) felis* (Linnaeus, 1776, y el bagre prieto, *Cathorops (=Arius) melanopus* (Gunther, 1864).

Particularmente para la Laguna de Pueblo Viejo, Castillo-Rivera *et al.* (2002) encontraron que *C. melanopus* y *A. felis* se encuentran entre las once especies más abundantes. Así mismo, Castillo-Rivera y Zarate-Hernández (2001) analizaron los patrones espaciales y temporales de los peces, donde encontrando que *C. melanopus* tuvo su mayor abundancia en zonas sin vegetación sumergida y durante la época de lluvias, siendo la precipitación una condición ambiental importante en la variabilidad de la abundancia. Los estudios realizados en esta laguna, indican que el dominio de *C. melanopus* en la época de lluvias está relacionado con la disponibilidad de sus preferencias alimenticias (Castillo-Rivera, 2001; Castillo-Rivera *et al.*, 2003). En cuanto a la variación nictímera, se ha observado que *C. melanopus* muestra un comportamiento principalmente nocturno (Zárate-Hernández, 2003; Castillo-Rivera *et al.*, 2005).

Recientemente se han realizado diversos estudios sobre la alimentación de otros bagres. En Florida se ha estudiado la variabilidad estacional de la dieta de *B. marinus*, encontrándose que el alimento más importante lo constituyeron diferentes



especies de peces. En cuanto a los cambios ontogénicos, se encontró que en los bagres iguales o menores de 200 mm, el alimento más importante consistió de camarones; para los bagres de 200 a 300 mm, el principal alimento lo constituyeron los anfípodos; y para los bagres mayores o iguales a 301 mm, el alimento principal fueron los peces (Rudershausen y Locascio, 2001).

Para aguas mexicanas, Mendoza-Carranza (2003) analizó la dieta de *B. marinus* en la región costera de Tabasco, indicando que no se observaron diferencias significativas entre las dietas totales de hembras y machos, además señaló que la proporción de estómagos llenos y el índice de repleción estomacal a lo largo del año, está relacionado con el comportamiento reproductivo de *B. marinus*.

En la laguna de Términos, se analizó la alimentación de *C. melanopus*, en adultos y jóvenes, quedando definidos como consumidores de segundo orden, siendo preferentemente carnívoros. Para esta especie se observó un cambio en su dieta de acuerdo a la edad, los juveniles consumían principalmente meiobentos, mientras que los adultos consumían macrobentos (Lara-Domínguez *et al.*, 1981).

Vega-Cendejas (1990) analizó la estructura ontogénica, espacial y temporal para evaluar la interacción trófica entre los bagres de la costa de Yucatán, encontrando que *A. felis* y *C. melanopus* se alimentan de una amplia variedad de grupos alimenticios durante el periodo de crecimiento, donde sus dietas se constituyen fundamentalmente de crustáceos y peces. Además se reportan tres estados tróficos; en el primero las especies consumen principalmente pequeños crustáceos, en el segundo presentan una generalización trófica, y en el tercero una tendencia a la especialización trófica basada en peces. Posteriormente Vega-Cendejas *et al.*

(1994) encontraron que en la misma región, *C. melanopus* y *A. felis* se alimentaban principalmente de poliquetos. En cuanto a la variación en la alimentación temporal, observaron que ambas especies fueron generalistas en la época de secas.

Castillo-Rivera (2001) analizó la biología trófica de los peces dominantes de la laguna de Pueblo Viejo, incluyendo las más importantes entre las tres diferentes especies de Ariidae. Así, para esta laguna, la dieta de *C. melanopus* se basó principalmente en crustáceos (copépodos, peracáridos, restos no determinados) y detritus, mientras que plantas, peces y otros invertebrados fueron consumidos en menor cantidad. Para *A. felis* encontró que su dieta principal estuvo basada en decápodos, restos de peces y detritus, siendo otros invertebrados y grupos vegetales menos importantes en la alimentación. Para *B. marinus* encontró que el principal alimento consistió en detritus y peces, seguidos por los crustáceos, siendo los vegetales consumidos solo ocasionalmente. En promedio el índice de repleción de esta especie fue mayor que en los otros bagres. Debido a estas variaciones en la dieta, Castillo-Rivera (2001) argumenta la existencia de un aparente reparto de recursos de acuerdo a la talla de las presas.

En cuanto a los aspectos reproductivos, se ha observado en el Norte del Golfo de México que la proporción sexual de *A. felis* es mayor para las hembras, y que la máxima fecundidad ha sido de 104 huevos, encontrándose además que el máximo desarrollo de las gónadas fue durante el verano (Sheridan *et al.*, 1984). También se ha observado en la laguna de Términos (Lara-Domínguez *et al.*, 1981), que la proporción de sexos en *C. melanopus* fue de 1.3 hembras por cada macho, y que después de cada periodo de incubación, la población de adultos migra hacia una

zona de alta salinidad, mayor transparencia y menor temperatura. Otros estudios realizados en la laguna de Términos (Yañez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988), indican que el patrón de reproducción de *A. felis* es inverso al de *C. melanopus*, encontrándose los juveniles en áreas de mayor salinidad, mientras que los adultos están en toda la laguna. La especie de *B. marinus* sólo se observó al oeste del sistema lagunar y su reproducción se realiza lo largo de la línea costera, entrando a la laguna únicamente a finales de la época de lluvias y nortes. La población juvenil utiliza la laguna como área de protección.

En la laguna de Tampamachoco, Veracruz, Salgado-Ugarte (1985) encontró que *C. melanopus* alcanza el estado adulto a los 130 mm y se reproduce efectivamente cuando su talla es mayor a 150 mm de longitud. Además observó que el período reproductivo es durante el periodo mayo-agosto, y que el número máximo de huevos contenidos en la cavidad oral de los machos de *C. melanopus* fue de 64, y de *Ariopsis felis* de 55. Por el número y volumen de huevos encontrados en la cavidad oral de *C. melanopus*, Salgado-Ugarte (1985) sugiere que durante el período de incubación, los machos no ingieren alimento y utilizan sus reservas de grasa para alimentarse durante un lapso de tiempo que involucra posiblemente de uno a dos meses.

En cuanto a la variabilidad sexual, en Laguna de Pueblo Viejo, únicamente se tiene información parcial al respecto (Castillo-Rivera, 2001), observándose que la talla de los machos siempre fue mayor a la de las hembras, encontrándose entre *C. melanopus* y *B. marinus* diferencias significativas.

Una razón más del presente estudio, es que la mayor parte de la producción pesquera es para el consumo, donde los bagres (Ariidae) tienen un papel muy importante para el ser humano, así como para la economía en el ámbito nacional y mundial (Castillo-Rivera, 2001; Devlin y Nagahama, 2002).

Asimismo, los bagres tienen una gran importancia no solo en el comercio, sino también ecológicamente, porque realizan diferentes funciones en el ecosistema, como la de transformar el potencial energético del detritus, ya sea por consumo directo o depredación de organismos detritívoros. Otro papel es la transferencia de energía a diferentes niveles tróficos, ya que existen diferentes organismos depredadores, como son otros peces mayores, las aves, y el hombre (Yañez-Arancibia y Nugent, 1977). Se ha estimado que cerca del 75% de los peces de importancia comercial del Golfo de México, desovan a lo largo de la zona costera, utilizándola cíclicamente para el desarrollo de sus estados postlarvarios y juveniles, sin embargo no se conocen las condiciones de este proceso para los bagres que habitan en la zona de estudio. Por lo cual se requiere de un estudio ecológico mas completo, para contribuir a una mejor comprensión, manejo y aprovechamiento de los bagres, ya que lamentablemente este recurso pesquero no es explotado en la zona de estudio (Castillo-Rivera, 2001).

No obstante de que Kobelkowsky y Castillo-Rivera (1995) describen detalladamente las características del sistema digestivo y alimentación de los bagres que se encuentran en la laguna de Pueblo Viejo, no se conoce si existe alguna variación de forma nictímera, espacial y ontogénica en la alimentación de *C. melanopus*. Además

es necesario dar continuidad a los estudios realizados para comprender mejor los aspectos ecológicos que no se han investigado acerca de los Ariidae.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Analizar los principales aspectos biológicos y ecológicos de *Cathorops melanopus* (Siluriformes: Ariidae) en dos diferentes tipos de hábitat de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz.

#### **3.1 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Analizar las variaciones espaciales, nictímeras y estacionales de la distribución y abundancia.
- Analizar los cambios espaciales, nictímeros y estacionales en la estructura de tallas de los organismos.
- Analizar las variaciones espaciales, nictímeras, estacionales, ontogénicas y sexuales de la dieta.
- Determinar los cambios espacio-temporales de los principales aspectos reproductivos.
- Analizar la relación de las variables ambientales con la distribución, abundancia, alimentación y reproducción de *C. melanopus* en la laguna de Pueblo Viejo.

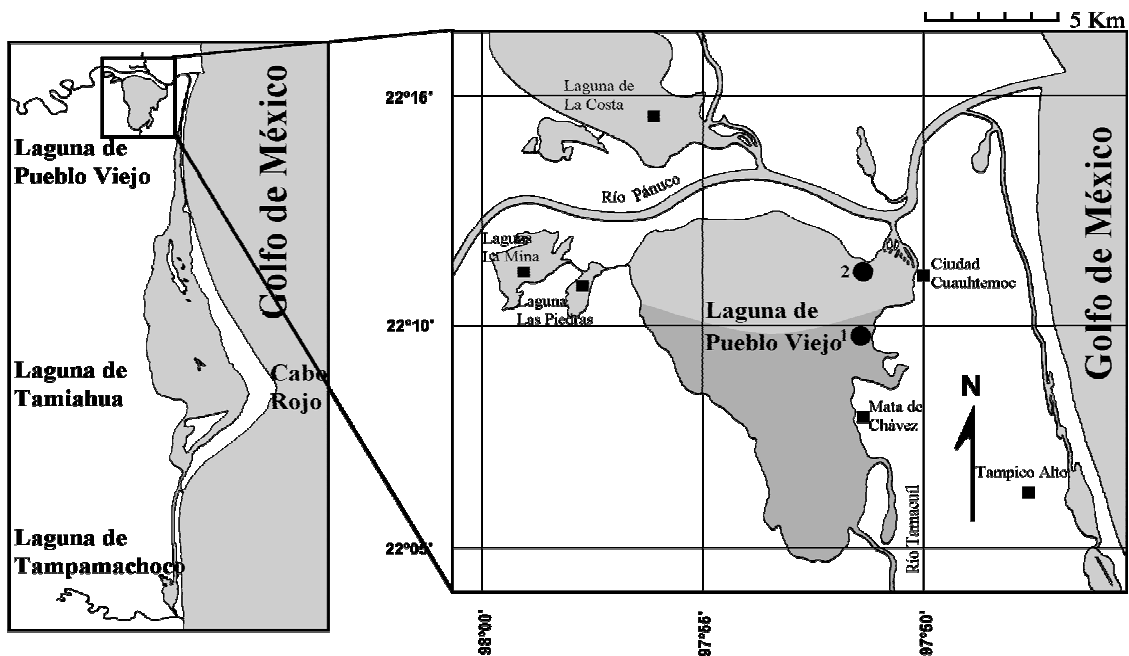
## 4. MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

La laguna de Pueblo Viejo se encuentra al norte del estado de Veracruz, entre los 22°05' y los 22°13' Latitud Norte y los 97°50' y los 97°57' Longitud Oeste, quedando cercana al puerto de Tampico. Es una laguna somera con una profundidad media de 1.3 m y con un área aproximada de 89 km<sup>2</sup>, cuya longitud máxima es de 13.5 km<sup>2</sup> de norte a sur, y su mayor anchura es de 11 km<sup>2</sup> de este a oeste (Castillo Rivera, 1995).

Esta laguna se conecta en su porción norte con el río Pánuco aproximadamente a 10 km de la desembocadura de éste en el Golfo de México, lo cual determina que sea una laguna de comunicación restringida (Kjerfve, 1986). La laguna de Pueblo Viejo forma parte de un sistema estuarino-lagunar más amplio junto con los ríos Tamesí y Pánuco. Los ríos la Tapada, Pedernales, La Cuasima, La Puerca y al sur el río Tamacuil, desembocan en la Laguna de Pueblo Viejo, siendo el último el más importante por su aporte, mientras que los demás tienen influencia sólo en la época de lluvias. Debido a esto, se produce un ligero gradiente de salinidad, que aumenta del extremo sur al extremo norte, por lo que se pueden considerar dos subsistemas estuarinos (Castillo-Rivera, 2001), uno hacia el sur, que representa un hábitat de mayor influencia dulceacuícola y que cuenta con la presencia de densos lechos de *Ruppia maritima* (L.), y otro al norte, que se tipifica como un hábitat de influencia marina y de sustrato blando, con presencia poco conspicua de vegetación sumergida.

En el presente estudio, se escogieron dos localidades de muestreo para evaluar ambos tipos de hábitat, (Figura 1), Barranco Amarillo (ambiente de influencia dulceacuícola) y Punta de Malagana (ambiente de influencia marina).



**Figura 1.** Zona de estudio en donde se ubican las localidades Barranco Amarillo (1) y Punta de Malagana (2).

La región donde se encuentra el sistema estudiado, presenta dos épocas climáticas, la de lluvias de junio a octubre (con precipitaciones mayores a los 120 mm) y la de secas de noviembre a mayo (con precipitaciones menores a los 50 mm) (García, 1988).

El fitoplancton, las clorofitas y la producción primaria presentan dos pulsos a lo largo del año, uno de marzo a mayo y otro de julio a octubre (Contreras, 1985). Todo el sistema se encuentra rodeado por manglar, que en orden de abundancia lo

constituyen las especies *Avicennia germinans* (L.) *Laguncularia racemosa* Gaertn y *Rhizophora mangle* L (Castillo Rivera, 2001).

#### **4.2 Medición de variables ambientales**

Las variables ambientales medidas fueron temperatura, salinidad y oxígeno disuelto las cuales se registraron cada dos horas de forma bimestral durante un año para cada colecta en los dos tipos de hábitat. La temperatura se midió con un termómetro de cubeta, la salinidad fue evaluada con un refractómetro de campo A0-10419 y el oxígeno disuelto se determinó mediante el método de Winkler (Contreras, 1984). También se consideraron los promedios mensuales de la precipitación (correspondientes a 60 años) para el sistema (García, 1988). Además, se capturaron las variaciones en el nivel del agua (marea) de acuerdo con el Calendario de Mareas (Instituto de Geografía, 1989-1990).

#### **4.3 Colecta de material biológico**

Las muestras de peces que fueron analizadas forman parte de la colección del Laboratorio de Peces del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Estas muestras fueron tomadas mediante un chinchorro playero de 30 m de largo por 1 m de profundidad y 1 cm de luz de malla, comprendiendo aproximadamente un área de 1500 m<sup>2</sup> de arrastre. Este material biológico fue colectado bimestralmente durante un año comenzando en el mes septiembre de 1989 y terminando en julio de 1990 para la localidad con vegetación sumergida, mientras que para la localidad sin vegetación, los muestreos iniciaron en noviembre de 1989 y culminaron en septiembre de 1990. En cada mes y localidad se tomaron muestras cada dos horas, completando así ciclos de 24 hrs. (12 por



localidad / mes), excepto en la localidad sin vegetación sumergida durante el mes de noviembre, cuando por problemas de “nortes” se realizaron solo seis colectas, tres durante el día y tres durante la noche, por lo que en total se efectuaron 138 colectas. Inmediatamente después de capturar los peces, éstos fueron fijados en formalina al 10% y posteriormente se preservaron en alcohol etílico al 70% (Castillo Rivera, 2001). Para cada colecta, los peces fueron identificados, contados, pesados, medidos (longitud total y patrón -LP-) y se les determinó el sexo. Asimismo, en cada colecta se dispuso información sobre las variables ambientales temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nivel del agua (efecto de la marea), así como de los promedios mensuales de precipitación (García, 1988).

#### **4.4 Distribución espacio-temporal**

Para analizar los cambios espaciales de la distribución de *C melanolus* en la Laguna de Pueblo Viejo, se consideraron los dos tipos de hábitat, el de influencia marina con substrato blando y sin vegetación sumergida (localidad 2), y el de influencia dulceacuícola con vegetación sumergida (localidad 1). Para evaluar los cambios nictímeros se consideraron las horas en que se capturaron los peces, así como el día (6 a 18 hrs.) y la noche (19 a 5 hrs.). Para analizar los cambios estacionales se consideraron los seis meses de colecta realizados en cada localidad, así como las épocas de secas (de noviembre a mayo) y lluvias (de junio a octubre). En todos los casos se aplicaron pruebas de inferencia estadística.

#### 4.5 Análisis de contenidos estomacales

Para determinar la cantidad de alimento ingerido por cada individuo, se obtuvo el peso del contenido estomacal (peso del estomago lleno menos el peso del estomago vacío) y se calculó el índice de repleción (Hyslop, 1980) de acuerdo con la ecuación:

$$IR = \left( \frac{PCE}{PT} \right) 100$$

Donde:

*IR* = Índice de repleción

*PCE* = Peso del contenido estomacal

*PT* = Peso total del pez.

Los estómagos se disecaron y sus diversos contenidos estomacales (grupos tróficos) fueron esparcidos homogéneamente sobre un portaobjetos milimétrico para poder determinar los porcentajes de alimentación ingerida por los bagres, siguiendo el método de análisis de volúmenes pequeños (Hyslop, 1980). Inmediatamente los contenidos estomacales se analizaron en un microscopio estereoscópico a 40x y se determinaron las diferentes categorías tróficas utilizando claves idóneas de identificación. Así, para la identificación general de invertebrados se utilizaron los criterios de Gosner (1971; 1978), Meglitsch (1972) y Fischer (1978), para decápodos se utilizaron las claves de Felder (1978) y Wood (1974), para Copépodos las de Campos y Suárez (1994) y para moluscos se consideraron los criterios de Reguero y García-Cubas (1994). En el caso de los peces, se utilizaron las claves de Fischer

(1978), así como claves para taxa específicos y los propios listados faunísticos que se tienen para la laguna (Zárate-Hernández, 2003; Ortiz-Burgos, 2005).

Una vez identificados los contenidos estomacales, se analizó la variación ontogénica, espacial y temporal. Para analizar los cambios ontogénicos se definieron cuatro grupos de tallas, siguiendo el criterio de formarlos cada 40 mm de acuerdo con Castillo-Rivera (2001). Así, el grupo I fue de 40 a 80 mm, el II de 80 a 120 mm, el III de 120 a 160 mm y el IV de 160 a 200 mm.

#### **4.6 Morfometría y análisis de los principales aspectos reproductivos**

Se evaluó para cada individuo el sexo, la morfometría básica del sistema reproductivo, el peso (g) de las gónadas, el número de óvulos en los ovarios y de huevos en la boca. Posteriormente se hicieron estimaciones sobre la proporción de sexos.

Se calculó el índice gonadosomático (De Vlaming, 1982) de acuerdo con la ecuación:

$$IG = \left( \frac{PG}{PT} \right) 100$$

Donde:

*IG* = Índice gonadosomático.

*PG* = Peso de la gónada.

*PT* = Peso total del pez.

Con esta información fue posible determinar la época de reproducción de los bagres.

#### 4.7 Análisis estadístico

Para el análisis de los diferentes aspectos de distribución, alimentación y reproducción, se utilizó estadística descriptiva en la presentación global de los datos. Posteriormente, para estos aspectos se aplicaron diferentes pruebas de inferencia estadística, tanto paramétrica como no-paramétrica, según los requerimientos de la estructura de los datos (Zar, 1996).

Para comparación entre grupos, inicialmente se aplicó una prueba de Levene (95%) para evaluar la homogeneidad de varianzas, aplicando transformaciones logarítmicas en los casos necesarios. Cuando se cumplieron los supuestos de homoscedasticidad y normalidad se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA, **F**). Si los grupos no cumplieron los supuestos y mostraron heteroscedasticidad se empleó el análisis equivalente no-paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 1996).

El grado de asociación entre las variables ambientales fue estimado por medio de correlaciones simples, evaluándose previamente los supuestos paramétricos por medio de análisis de residuos y de otras pruebas particulares para cada supuesto (Neter *et al.*, 1996; Chatterjee *et al.*, 2000). Cuando los datos cumplieron con los supuestos del modelo paramétrico, se aplicó la correlación de Pearson ( $r$ ) y cuando se detectó una severa violación a uno de los supuestos (aún después de transformaciones logarítmicas), se empleó la correlación de Spearman ( $r_s$ ).

Para el análisis de frecuencia de tallas se utilizaron los estimadores de densidad por kernel (EDKs) con función Gaussiana mediante los programas escritos por Salgado-Ugarte *et al.* (1993a, 1995a, 1995b), los cuales incluyen los algoritmos eficientes de los histogramas desplazados promedio (M=10) y el promedio ponderado de los

puntos redondeados. Además se aplicó la prueba de bootstrap suavizado de Silverman (1986) con 200 repeticiones y por la regla empírica de  $\frac{1}{2}$  de la amplitud de banda óptima de Silverman empleando los programas específicos presentados en Salgado-Ugarte (1995) y Salgado-Ugarte *et al.* (1997) con el paquete estadístico Stata 9.1 (Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Finalmente y considerando que el análisis de la dieta es un problema multivariado *per se* (muchos grupos de peces con muchos grupos tróficos consumidos), para evaluar estas diferencias multivariadas se aplicó un análisis de discriminantes, siguiendo los criterios de Castillo-Rivera *et al.* (2000) y Castillo-Rivera (2001). Así, las variables discriminatorias fueron los diferentes grupos tróficos y la variable clasificatoria los sexos, grupos de tallas, localidades, meses, épocas, horas y día-noche.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 VARIABLES AMBIENTALES

#### 5.1.1 Análisis espacial

Se analizaron un total de 138 datos para cada una de las variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nivel del agua), correspondientes tanto al ambiente con vegetación sumergida (localidad de Barranco Amarillo, n=72), como al ambiente de sustrato blando, sin vegetación sumergida (localidad de Punta de Malagana, n=66).

El comportamiento general de las variables ambientales en ambos tipos de hábitat, se muestra en la Tabla 1, donde se pueden observar ligeras diferencias en el comportamiento promedio. Así, en la zona con vegetación sumergida se presentó un promedio menor de temperatura y una mayor salinidad, a pesar de que esta localidad presenta una mayor influencia dulceacuícola. En este hábitat también se encontró una mayor concentración de oxígeno disuelto, lo cual se atribuye a la presencia de vegetación sumergida.

De manera global, no se encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de hábitat en cuanto a la temperatura ( $H= 0.867$ ; g.l. 1;  $P=0.352$ ), salinidad ( $H= 0.439$ ; g.l. 1;  $P=0.508$ ) y nivel del agua ( $F<0.005$ , g.l.=1/136;  $P=0.966$ ). Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, sí se encontraron diferencias significativas entre los hábitat ( $H= 13.968$ ; g.l. 1;  $P<0.0002$ ).

**Tabla 1.** Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (s), mínimo, máximo y coeficiente de variación (C.V.) de los datos de variables ambientales registrados en el hábitat con vegetación sumergida (Barranco Amarillo) y en el hábitat de sustrato blando, sin vegetación (Punta de Malagana).

<b>Variables ambientales</b>	$\bar{x}$	<b>S</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>C. V.</b>
<b>Hábitat con vegetación sumergida</b>					
<b>Temperatura (°C)</b>	24.71	4.49	18.00	34.00	0.18
<b>Salinidad (ups)</b>	14.58	7.22	2.00	27.00	0.49
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	5.47	1.75	1.44	9.2	0.32
<b>Hábitat de sustrato blando sin vegetación sumergida</b>					
<b>Temperatura (°C)</b>	25.45	5.55	15.50	34.00	0.22
<b>Salinidad (ups)</b>	13.58	7.45	0.50	24.00	0.55
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	4.56	0.90	3.09	6.50	0.20

En relación con la comparación de las variables ambientales entre los dos ambientes, en cada uno de los ciclos bimensuales (exceptuado septiembre por ser de diferentes años), la temperatura mostró diferencias significativas entre los tipos de hábitat, en los meses de noviembre ( $\bar{x}_{cv}=21.792$ ;  $\bar{x}_{sv}=24.583$ ;  $F=9.25$ ; g.l.=1/16;  $P=0.008$ ) y enero ( $\bar{x}_{cv}=19.292$ ;  $\bar{x}_{sv}=17.208$ ;  $F=19.45$ ; g.l.=1/22;  $P<0.0001$ ), mientras que en los restantes meses no mostró este tipo de diferencias ( $P_s>0.4$ ). La salinidad mostró diferencias significativas sólo en mayo ( $\bar{x}_{cv}=25$ ;  $\bar{x}_{sv}=22.75$ ;  $F=18.43$ ; g.l.=1/22;  $P<0.0003$ ) entre los distintos ambientes; en los cinco meses restantes no presentó diferencias ( $P_s>0.18$ ). La variable ambiental que mostró cambios espaciales más marcados fue el oxígeno disuelto, ya que mostró diferencias

significativas entre los tipos de hábitat durante los meses de noviembre ( $\bar{x}_{cv}=6.106$ ;  $\bar{x}_{sv}=5.303$ ;  $F=8.00$ ; g.l.=1/16;  $P=0.012$ ), enero ( $\bar{x}_{cv}=6.713$ ;  $\bar{x}_{sv}=5.534$ ;  $H= 5.354$ ; g.l. 1;  $P = 0.021$ ) y marzo ( $\bar{x}_{cv}=6.265$ ;  $\bar{x}_{sv}=3.964$ ;  $H= 17.332$ ; g.l. 1;  $P < 0.0001$ ). En el mes de mayo esta variable no presentó diferencias significativas ( $H= 2.434$ ; g.l. 1;  $P = 0.119$ ) y en julio sólo se tuvieron datos para una localidad. En relación al nivel del agua, este mostró diferencias significativas entre los tipos de hábitat durante los meses de enero ( $F=7.21$ ; g.l.=1/22;  $P=0.013$ ) y marzo ( $F=8.90$ ; g.l.=1/22;  $P=0.007$ ), mientras que los meses restantes no mostró diferencias ( $P_s > 0.17$ ).

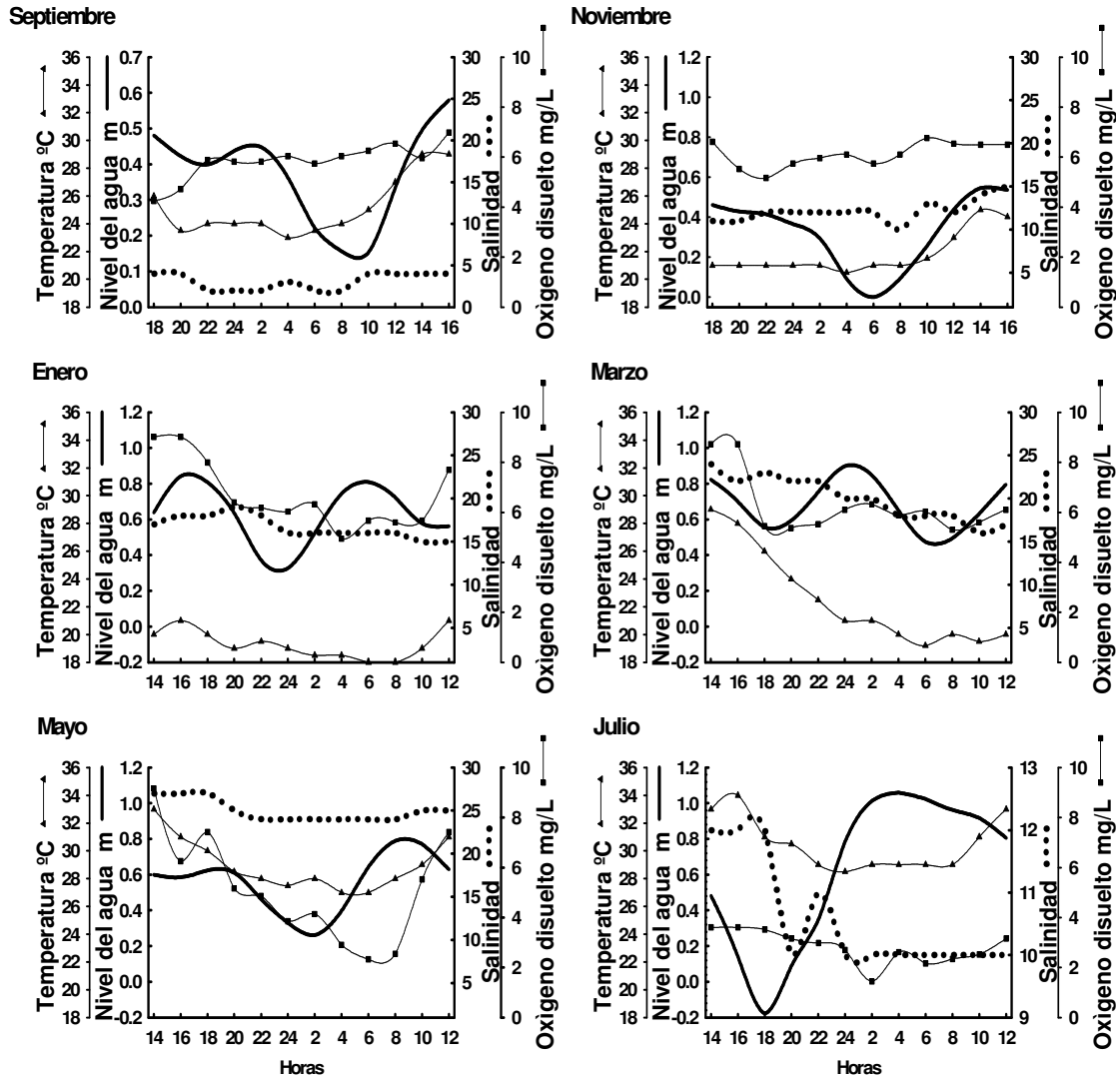
### 5.1.3 Análisis nictímero

El comportamiento nictímero de las variables ambientales en el hábitat con vegetación sumergida, para cada uno de los seis ciclos, se muestra en la Figura 2. Se observó que las máximas temperaturas se registraron entre las 12:00 y las 16:00 horas (con pulsos modales a las 14:00 horas), mientras que las temperaturas más bajas fueron registradas a las 04:00 y 06:00 horas (solamente para el mes de julio la temperatura más baja - 28.5 °C - se observó a las 24:00 horas). Durante todo el estudio, las temperaturas más altas fueron 33 y 34 °C, registradas a las 14:00 horas de mayo y julio respectivamente, mientras que la temperatura más baja fue de 18 °C, la cual se registró a las 06:00 y 08:00 horas del mes de enero.

Para la salinidad se encontró que las máximas concentraciones de cada mes se dieron entre las 14:00 y 18:00 horas, principalmente en los meses de marzo y mayo, y las mínimas se tuvieron en los meses de julio, septiembre y noviembre hacia las 08:00 horas (Figura 2). La salinidad más alta se encontró en el mes de mayo a las



14:00, 16:00 y 18:00 horas con 27 ups, y la menor salinidad se registró en el mes de enero con solo 2 ups, de las 20:00 a las 24:00 horas y de 06:00 a 08:00 horas.



**Figura 2.** Comportamiento nocturno de las variables ambientales en la zona con vegetación sumergida (Barranco amarillo) para cada uno de los seis ciclos nocturnos de muestreo.

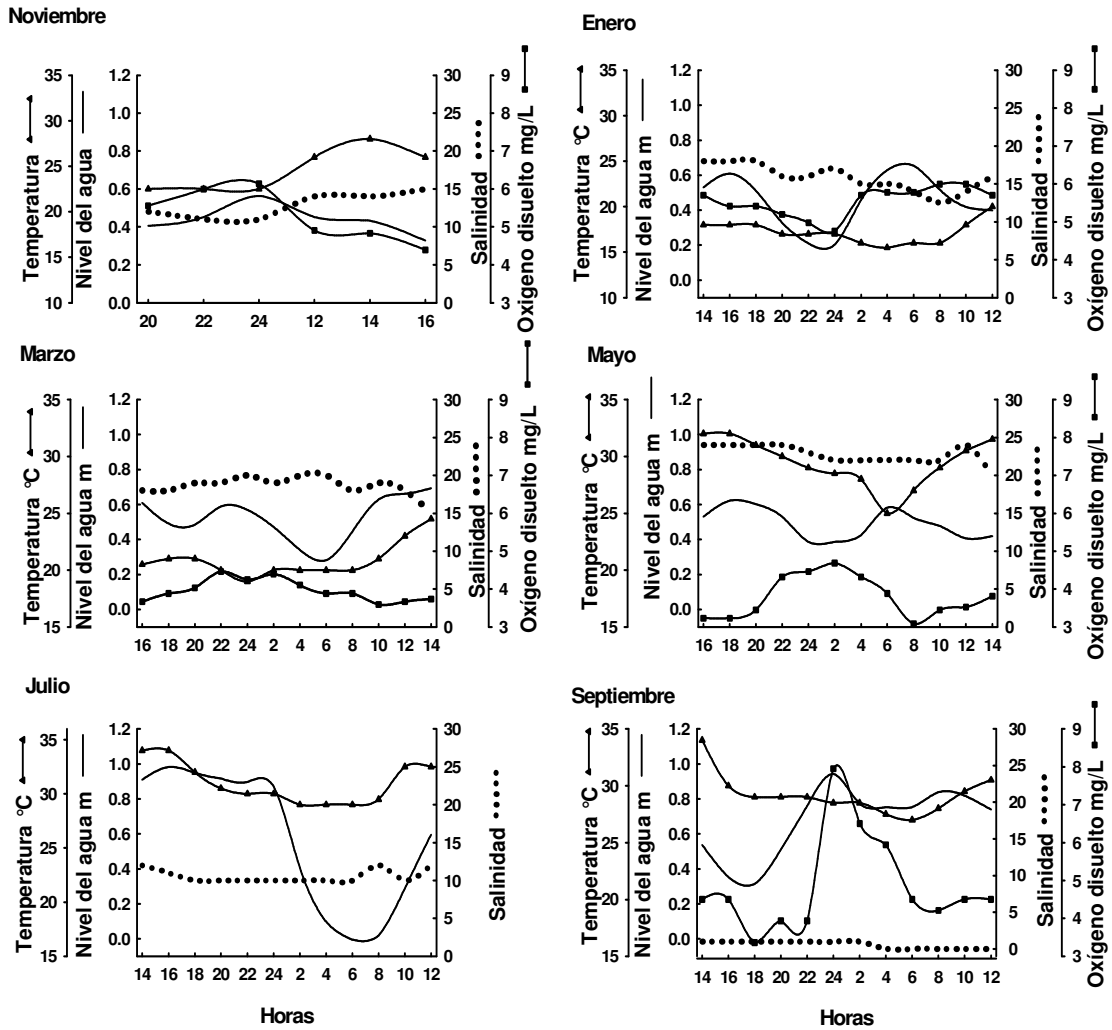
En cuanto al oxígeno disuelto en el hábitat con vegetación sumergida (Figura 2), se observó que las mayores concentraciones fueron entre las 12:00 y 16:00 horas, mientras que las menores concentraciones se tuvieron a las 18:00, 22:00, 24:00,

02:00 y 04:00 horas. La máxima concentración se observó en el mes de enero con 9.2 mg/L a las 14 y 16 horas, y la mínima se presentó en el mes de julio con 1.4 mg/L a las 02:00 horas.

En cuanto al nivel del agua se encontró que el comportamiento nictímero varía entre los meses, presentando dos patrones característicos, uno común en los meses de enero, mayo y julio, y el otro, común a los meses de septiembre, noviembre y marzo. El nivel del agua más elevado fue de 1.05 m en el mes de julio a las 04:00 horas, y el mínimo en este mismo mes, a las 18:00 horas con un valor de -0.18 m.

En el hábitat con sustrato blando y sin vegetación (Punta de Malagana) se observó que las máximas temperaturas se presentaron entre las 12:00 y 16:00 horas del día (Figura 3), y las más bajas entre las 04:00 y 06:00 horas. Los meses con las más altas temperaturas fueron mayo, julio y septiembre a las 16:00 y 14:00 horas con 32 y 34 °C. El mes con la menor temperatura fue enero con 15.5°C a las 04:00 horas.

En cuanto a la salinidad se observó que las máximas concentraciones se registraron entre las 12:00 y 16:00 horas (Figura 3), en los meses de noviembre, enero, mayo y julio, mientras que las mínimas se observaron en los meses de julio y septiembre entre las 04:00 y 06:00 horas. Para los seis ciclos analizados en este hábitat, se observó que la mayor salinidad fue de 24 ups, la cual se obtuvo entre las 16:00 y las 22:00 horas en el mes de mayo, mientras que las menores salinidades se observaron en el mes de septiembre entre las 04:00 y 12:00 horas.



**Figura 3.** Comportamiento nictímero de las variables ambientales en la zona sin vegetación sumergida (Punta de Malagana) para cada uno de los seis ciclos nictímeros de muestreo.

El oxígeno presentó sus máximas concentraciones entre las 22:00 y 08:00 horas en los meses de noviembre, enero, mayo y septiembre, y las mínimas se observaron en marzo, mayo y septiembre a las 10:00, 08:00 y 18:00 horas respectivamente. La mayor concentración de oxígeno disuelto (6.5 mg/L) se observó a las 24:00 horas en septiembre, mientras que la menor (3.1 mg/L) se registró a las 08:00 horas en mayo.

Con respecto al cambio del nivel del agua entre los meses, su comportamiento en el ambiente de sustrato blando sin vegetación, fue similar al mostrado en el ambiente con vegetación (Figura 3). El mes en que se presentó el máximo nivel del agua (0.98 m) fue julio a las 16:00 horas, mientras que el menor también se observó en este mes a las 06:00 y 08:00 horas (0.0046 m).

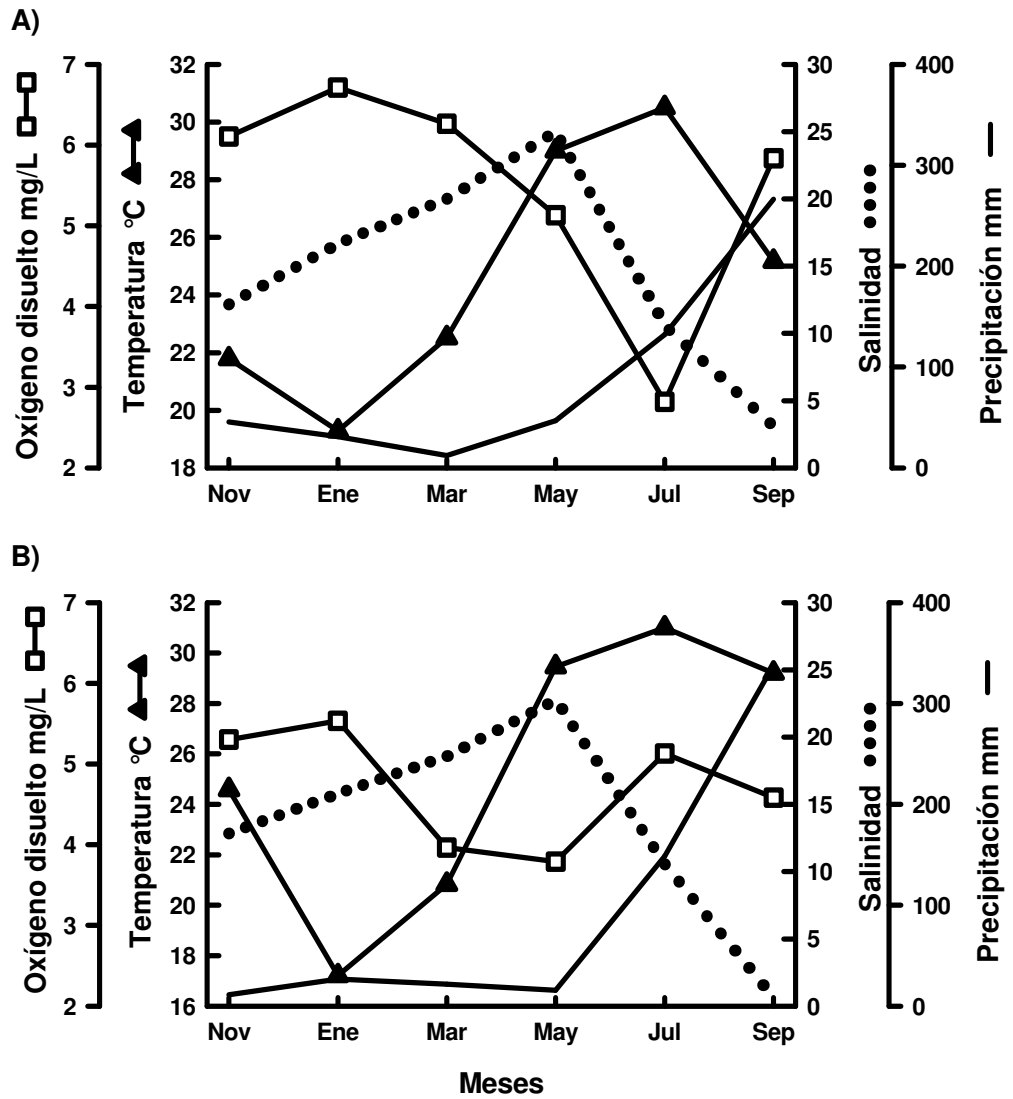
De acuerdo con las variaciones nictímeras anteriormente descritas, en el ambiente con vegetación sumergida sólo el oxígeno disuelto mostró diferencias significativas a ( $P < 0.1$ ) entre los promedios por hora ( $H = 18.731$ ; g.l.=11;  $P = 0.066$ ), mientras que las restantes tres variables no mostraron este tipo de diferencias (temperatura:  $H = 10.329$ , g.l.=11,  $P = 0.501$ ; salinidad:  $H = 1.787$ , g.l.=11,  $P = 0.999$ ; nivel del agua:  $F = 0.19$ , g.l.=11/60,  $P = 0.997$ ). De manera similar, en el ambiente de sustrato blando sin vegetación, ninguna de las cuatro variables ambientales mostraron diferencias significativas entre sus promedios por hora (temperatura:  $H = 6.897$ , g.l.=11,  $P = 0.807$ ; salinidad:  $F = 0.02$ , g.l.=11/54,  $P = 1.0$ ; oxígeno disuelto:  $H = 8.332$ , g.l.=11,  $P = 0.683$ ; nivel del agua:  $F = 0.26$ , g.l.=11/54,  $P = 0.989$ ).

### **5.1.3 Análisis estacional**

El comportamiento nictímero de la temperatura, aunque no mostró diferencias entre las horas, si se encontraron diferencias significativas entre los meses, tanto en la zona con vegetación sumergida ( $H = 55.869$ ; g.l. 5;  $P < 0.0001$ ) como en la zona con sustrato blando sin vegetación ( $F = 109.78$ ; g.l.=5/60;  $P < 0.0001$ ). En ambos tipos de hábitat se observó (Figura 4) que las temperaturas más bajas se registraron durante el mes de enero y las más altas se registraron en los meses de mayo y julio.

En cuanto a la salinidad, ambos ambientes también mostraron un comportamiento similar, con las máximas concentraciones en los meses de mayo y marzo, mientras que en los meses de septiembre y julio se registraron las menores concentraciones. El comportamiento estacional de la salinidad es inverso al régimen de precipitación en el área, el cual muestra los valores más altos durante los meses de julio y septiembre y los más bajos durante marzo-mayo (Figura 4). Al igual que la temperatura, la salinidad también presentó diferencias significativas entre los meses, tanto en el hábitat con vegetación sumergida ( $H= 66.246$ ; g.l. 5;  $P<0.0001$ ) como en el hábitat sin vegetación sumergida ( $H= 61.607$ ; g.l. 5;  $P<0.0001$ ).

En la zona con vegetación sumergida, la concentración de oxígeno disuelto fue mayor durante los meses de noviembre, enero y marzo, y baja durante julio. En general, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores en el ambiente con vegetación sumergida que en el ambiente de sustrato blando, en el cual se observaron valores altos durante noviembre y enero, y bajos en marzo y mayo. Similarmente a las otras variables ambientales, la concentración de oxígeno disuelto también mostró diferencias significativas entre los promedios mensuales, tanto en la zona con vegetación sumergida ( $H= 31.120$ ; g.l. 5;  $P<0.0001$ ), como en la zona de sustrato blando ( $H= 33.161$ ; g.l. 5;  $P<0.0001$ ).



**Figura 4.** Promedios mensuales de las variables ambientales en la zona con vegetación sumergida (A) y en la zona de sustrato blando (B), ambas zonas para cada uno de los seis ciclos de muestreo.

## 5.2 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

### 5.2.1 Análisis espacial

Los promedios, mínimos y máximos de las variables ambientales analizadas a los que fueron capturados los individuos en cada uno de los dos tipos de hábitat, se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Promedio ( $\bar{x}$ ), mínimo y máximo, de las variables ambientales a los que fueron capturados los individuos de *Cathorops melanopus* en ambos tipos de hábitat.

<b>Variables ambientales</b>	$\bar{x}$	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Hábitat con vegetación sumergida</b>			
<b>Temperatura (°C)</b>	28.29	18.00	34.00
<b>Salinidad (UPS)</b>	10.47	2.00	23.00
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	3.066	1.443	7.997
<b>Hábitat de sustrato blando sin vegetación sumergida</b>			
<b>Temperatura (°C)</b>	27.94	15.50	34.00
<b>Salinidad (UPS)</b>	8.54	0.50	24.00
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	3.196	3.086	6.503

El número y peso del total de individuos capturados de *Cathorops melanopus* en las 72 colectas en el ambiente con vegetación sumergida y las 66 colectas en el ambiente de sustrato blando sin vegetación, se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Total, promedio ( $\bar{x}$ ), mínimo y máximo del número y peso de individuos de *C. melanopus* capturados en el hábitat con vegetación sumergida (Barranco Amarillo) y en el hábitat de sustrato blando, sin vegetación (Punta de Malagana).

<i>C. melanopus</i>	Total	$\bar{x}$	Mínimo	Máximo
<b>Hábitat con vegetación sumergida</b>				
<b>Número</b>	255	3.54	0	<b>89</b>
<b>Peso (g)</b>	6,716	93.27	0	2,320
<b>Hábitat de sustrato blando sin vegetación sumergida</b>				
<b>Número</b>	<b>806</b>	13.09	0	<b>91</b>
<b>Peso (g)</b>	9,192	139.28	0	1,384

A nivel global (considerando todas las colectas,  $n_{1cv}=72$ ,  $n_{2sv}=66$ ), la abundancia promedio de *C. melanopus* fue significativamente mayor en el hábitat de sustrato blando sin vegetación, que en el hábitat con vegetación sumergida (Tabla 3), tanto en número ( $H= 11.23$ , g.l.= 1,  $P= 0.001$ ), como en peso ( $H=6.581$ , g.l.= 1,  $P=0.010$ ). Además se realizaron análisis para cada ciclo, comparando las abundancias entre ambos tipos de hábitat (Tabla 4). Así, se observó que la abundancia promedio de *C. melanopus* fue significativamente mayor en el hábitat sin vegetación sumergida, tanto en número como en peso, durante el mes de noviembre ( $H= 16.129$  g.l. 1,  $P<0.0001$ ) y mayo ( $H= 9.119$ , g.l. 1,  $P= 0.003$ ), y esto fundamentalmente debido a que en el hábitat con vegetación no se capturó individuo alguno durante estos meses. Por el contrario, en el mes de marzo la abundancia en número ( $F = 3.14$ ; g. l.= 1/22;  $P= 0.090$ ) y en peso ( $F = 3.60$ , g. l. 1/22,  $P = 0.071$ ) fue significativamente mayor en el



hábitat con vegetación sumergida, aunque a un nivel de  $P < 0.1$ . No obstante, que en el hábitat con vegetación la abundancia promedio resultó mayor en el mes de enero y menor en el mes de julio, no se observaron diferencias significativas en estos meses ( $P_s > 0.4$ ).

**Tabla 4.** Promedio en número y peso de los individuos capturados de *C. melanopus* por mes de acuerdo con el tipo de hábitat.

	Hábitat con vegetación		Hábitat sin vegetación	
	Número	Peso (g)	Número	Peso (g)
<b>Septiembre 89</b>	1.75	32.99	—	—
<b>Noviembre 89</b>	0.00	0.00	13.08	98.50333
<b>Enero 90</b>	0.92	38.21	0.50	32.25167
<b>Marzo 90</b>	1.17	50.12	0.50	13.26075
<b>Mayo 90</b>	0.00	0.00	6.67	105.6566
<b>Julio 90</b>	17.42	438.33	23.00	392.5447
<b>Septiembre 90</b>	—	—	23.41	173.0706

En relación con la influencia de las variables ambientales sobre el número y peso de *C. melanopus*, en la Tabla 5 se puede observar que en el hábitat con vegetación sumergida hubo correlaciones significativas entre la abundancia (peso y número) y las cuatro variables ambientales: temperatura, salinidad, oxígeno y nivel del agua. Se observó que para la salinidad y el oxígeno estas correlaciones resultaron significativas y negativas ( $P_s < 0.03$ ), lo cual indica que la abundancia se relaciona en un grado inversamente proporcional a estas variables ambientales. Mientras que para la temperatura y el nivel del agua existieron correlaciones positivas aunque no significativas ( $P_s > 0.05$ ).

**Tabla 5.** Correlaciones Spearman ( $r_s$ ) y nivel de significación (P) de la abundancia en número y peso de *C. melanopus* con las diferentes variables ambientales (n=72) en el hábitat con vegetación sumergida.

Hábitat con vegetación	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Nivel del agua
<b>Número</b>				
$r_{(s)}$	0.212	-0.314	-0.408	0.231
<b>P</b>	0.074	0.007	0.0004	0.051
<b>Peso</b>				
$r_{(s)}$	0.186	-0.259	-0.416	0.225
<b>P</b>	0.118	0.028	0.0002	0.057

Para el hábitat sin vegetación sumergida (Tabla 6) se encontraron correlaciones significativas (n=66) entre la abundancia y dos variables ambientales: la temperatura (de manera directa) y la salinidad (de manera inversa). No se observaron correlaciones significativas entre la abundancia con el nivel del agua y el oxígeno en este tipo de hábitat.

**Tabla 6.** Correlaciones Spearman  $r_{(s)}$  y nivel de significación (P) de la abundancia en número y peso de *C. melanopus* con las diferentes variables ambientales (n=66), en el hábitat sin vegetación sumergida.

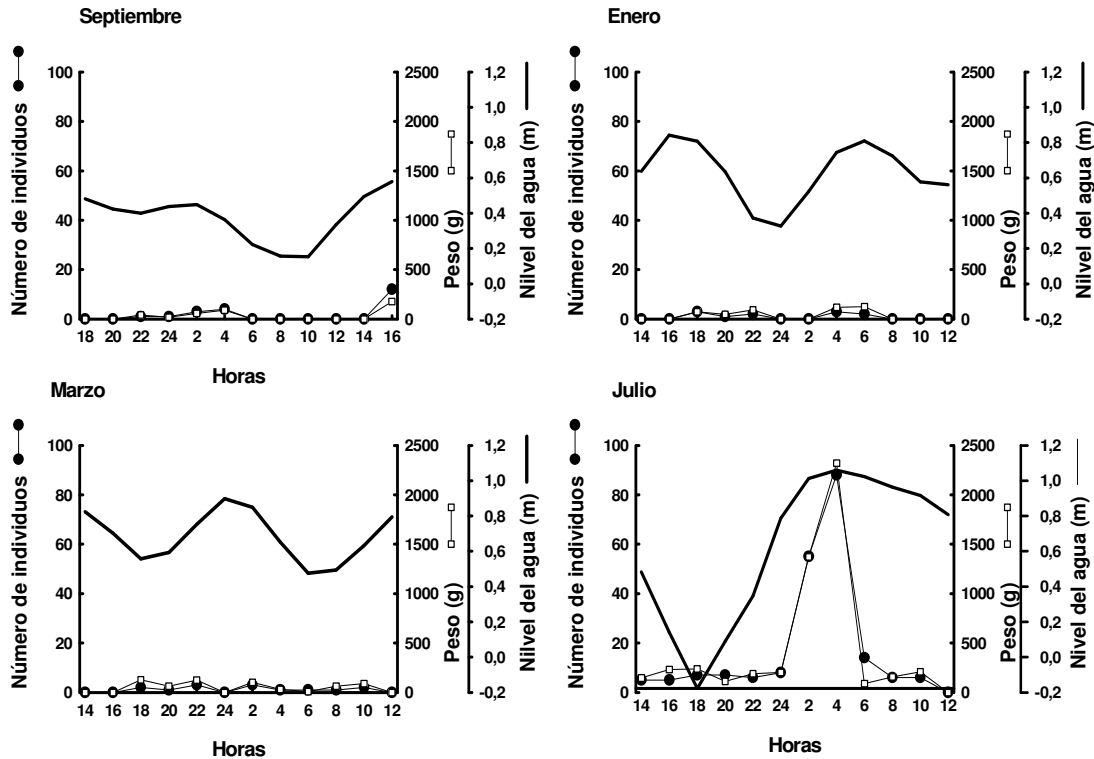
Hábitat sin vegetación	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Nivel del agua
<b>Número</b>				
$r_{(s)}$	<b>0.275</b>	<b>-0.466</b>	0.224	0.095
<b>P</b>	<b>0.026</b>	<b>0.00008</b>	0.106	0.448
<b>Peso</b>				
$r_{(s)}$	<b>0.282</b>	<b>-0.394</b>	0.202	0.093
<b>P</b>	<b>0.022</b>	<b>0.001</b>	0.147	0.460

### 5.2.2 Análisis nictímero

En la Figura 5 se puede observar el comportamiento nictímero del número y peso de *C. melanopus* en cada uno de los seis ciclos realizados en el hábitat con vegetación sumergida y su relación con el nivel del agua (efecto de la marea). Así, durante el mes de septiembre se capturaron 23 individuos, con el mayor número de 12 bagres que pesaron 177 g a las 16:00 horas y otro pulso menor durante la noche (02:00 y 04:00 horas). No se encontraron individuos durante la mañana (06:00 a 12:00 horas) y al anochecer (18:00 y 20:00 horas). El máximo nivel del agua se observó a las 16:00 horas, mientras que los niveles más bajos se presentaron a las 08:00 y 10:00 horas.

En este hábitat con vegetación sumergida durante los 24 muestreos realizados en los meses de noviembre y mayo, no se capturaron individuos. En el mes de enero (Figura 5), se encontraron 11 individuos, capturándose tres a las 18:00 y 04:00

horas, dos a las 06:00 y 18:00 horas y uno a las 20:00 horas. Se observó que el comportamiento del nivel del agua tuvo pulsos a las 16:00 y 06:00 horas.



**Figura 5.** Variación por hora del número y peso de *C. melanopus*, para cada uno de los ciclos nictímeros en los cuales fueron capturados individuos en el hábitat con vegetación. Además se muestra el comportamiento del nivel del agua.

Durante el mes de marzo se capturaron sólo 14 individuos, tres a las 22:00 y 02:00 horas, dos a las 18:00 y 10:00 horas, y uno a las 20:00, 04:00, 06:00 y 08:00 horas; no se observaron individuos entre las 12:00 y 16:00 horas.

Durante el mes de julio se encontró la mayor abundancia con 207 bagres en total, los cuales fueron capturados principalmente por la noche entre las 02:00 y 04:00 horas con 55 y 88 bagres, con un peso de 1,371 y 2,320 g respectivamente, y solamente a las 12:00 horas no fueron capturados bagres.

No obstante las variaciones descritas anteriormente, en el hábitat con vegetación sumergida, los promedios por hora de la abundancia de *C. melanopus* (Figura 5), no mostraron diferencias significativas, tanto en número ( $H = 7.879$ ; g.l.= 11;  $P = 0.724$ ), como en peso ( $H = 8.076$ ; g.l.= 11;  $P = 0.706$ ).

El análisis entre día (06:00 a 18:00 hrs) y noche (20:00 a 04:00 hrs), muestra que el hábitat con vegetación sumergida, en promedio el número y peso siempre fueron mayores durante la noche, aunque existieron diferencias significativas ( $P < 0.1$ ) a este nivel sólo en septiembre y julio (Tabla 7).

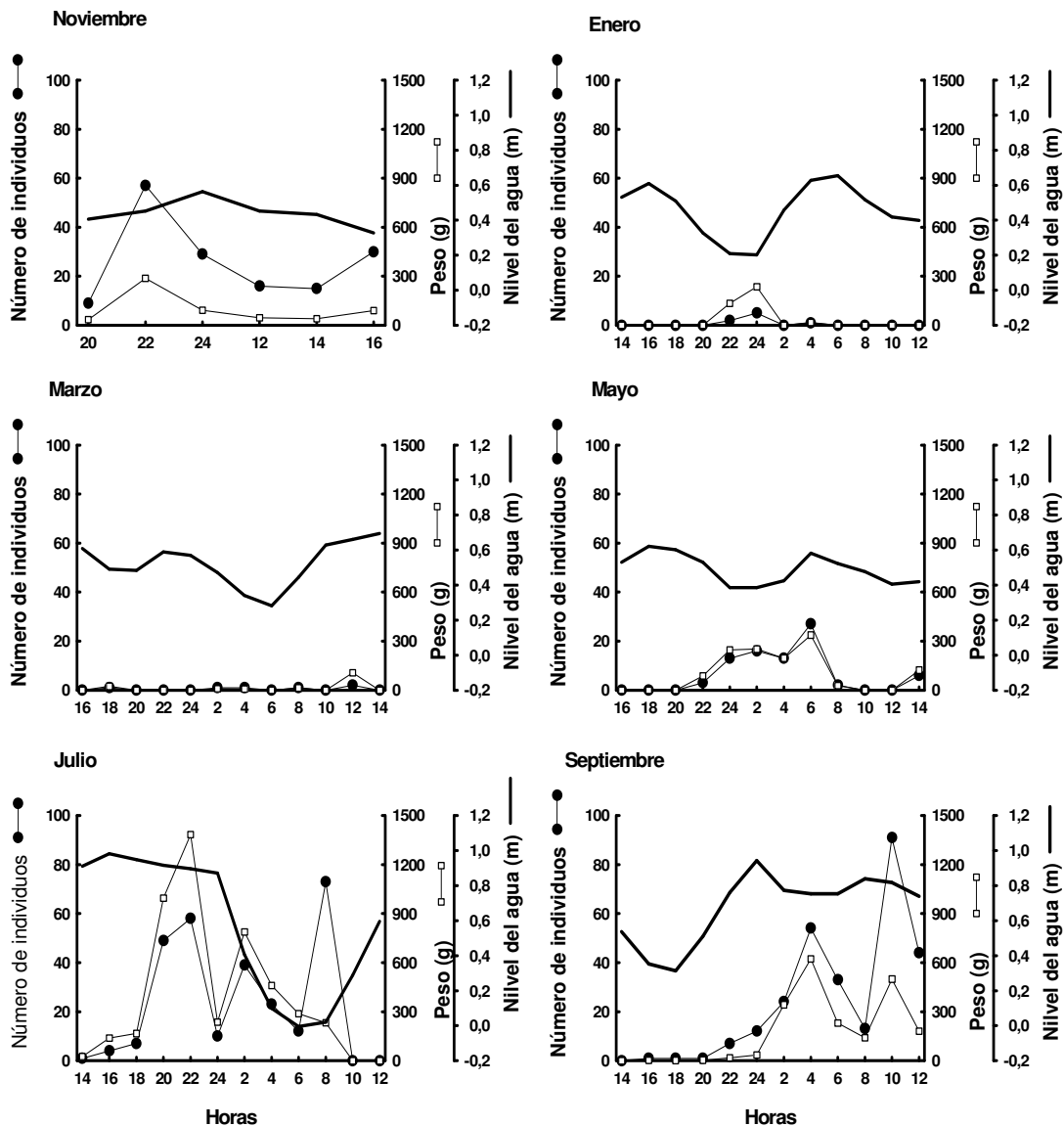
Para el hábitat sin vegetación sumergida (sustrato blando) se encontraron individuos de *C. melanopus* durante los seis ciclos nictímeros de muestreo (Figura 6).

Así, durante el mes de noviembre se encontraron 156 bagres, presentándose la mayor abundancia a las 22:00 horas, con 57 bagres que pesaron 287 g, mientras que la menor abundancia se presentó a las 20:00 horas con nueve bagres que pesaron 35 g. El mayor nivel de agua fue a las 24:00 horas.

**Tabla 7.** Promedios de número y peso y sus correspondientes pruebas de significación estadística entre día (d) y noche (n), para cada uno de los ciclos nictímeros en el hábitat con vegetación sumergida.

<i>C. melanopus</i>		$\bar{X}_d$	$\bar{X}_n$	Prueba	G.I.	P
Septiembre	Número	1.75	2.25	$H = 3.30$	1	<b>0.069</b>
	Peso (g)	23.39	52.18	$H = 4.70$	1	<b>0.030</b>
Enero	Número	0.71	1.2	$F = 0.42$	1/10	0.530
	Peso (g)	28.75	51.44	$F = 0.55$	1/10	0.475
Marzo	Número	0.88	1.75	$F = 1.76$	1/10	0.215
	Peso (g)	43.39	63.59	$F = 0.41$	1/10	0.539
Julio	Número	6.25	39.25	$H = 3.57$	1	<b>0.059</b>
	Peso (g)	147.43	1,020.12	$H = 2.89$	1	<b>0.089</b>

Durante el mes de enero sólo se capturaron ocho bagres, la mayor abundancia fue a las 24:00 horas con cinco individuos, a las 22:00 horas con dos y a las 04:00 horas con uno, el mayor peso fue de 235 g, y no se observaron individuos entre las 06:00 y 20:00 horas. El nivel del agua resultó mayor a las 16:00, 04:00 y 06:00 horas, mientras que el mínimo se tuvo a las 22:00 y 24:00 horas.



**Figura 6** Variación por hora del número y peso de *C. melanopus*, para cada uno de los ciclos nictímeros en los cuales fueron capturados individuos en el hábitat sin vegetación. Además se muestra el comportamiento del nivel del agua.

En el mes de marzo se registró la menor abundancia en este hábitat, debido a que sólo se observaron seis bagres, dos a las 12:00 horas y uno a las 18:00, 02:00, 04:00 y 08:00 horas. El mayor nivel de agua fue medido entre las 12:00 y 14:00 horas.

Durante el mes de mayo se observaron 80 *C. melanopus*, el mayor número capturado fue de 27 bagres con un peso de 337 g a las 06:00, 16 peces a las 02:00 horas con un peso de 251 g, 13 individuos a las 24:00 y 04:00 horas de 246 y 196 g, tres a las 22:00 horas con 88 g y dos a las 08:00 horas con un peso de 28 g. El mayor nivel del agua se observó a las 18:00 y 06:00 horas.

Durante el mes de julio se observaron 276 bagres, los cuales fueron colectados 49, 58, 39 y 73 peces. a las 20:00, 22:00, 02:00 y 08:00 horas respectivamente. Cabe señalar que en este mes se presentó la máxima abundancia en peso, ya que se tuvieron alrededor de 995 y 1,384 g a las 20:00 y 22:00 horas. No se observaron individuos a las 10:00 y 12:00 horas. El nivel del agua más elevado se presentó entre las 14:00 y 24:00 horas, mientras que el mínimo se tuvo a las 06:00 y 08:00 horas.

En el mes de septiembre se observaron 281 bagres, los cuales mostraron su mayor abundancia a las 04:00 y 10:00 horas con 54 y 91 individuos, que pesaron 623 y 500 g. A las 14:00 horas no se encontraron bagres. El máximo nivel del agua se observó a las 24:00 y 08:00 horas.

Aunque no se observaron bagres en todas las horas en el hábitat sin vegetación sumergida, no se encontraron diferencias significativas en el número ( $H = 10.151$ , g.l. 11,  $P = 0.517$ ), ni en el peso ( $F = 1.20$ , g.l. 11/54,  $P = 0.309$ ).

El análisis entre día y noche muestra que el hábitat sin vegetación sumergida, en promedio el número y peso tendieron a ser mayores durante la noche (excepto para

el mes de marzo, cuando se observaron los promedios mayores durante el día). Se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a este nivel, sólo en los meses de enero y julio (Tabla 8).

**Tabla 8.** Promedios de número y peso y sus correspondientes pruebas de significación estadística entre día (d) y noche (n), para cada uno de los ciclos nictímeros en el hábitat sin vegetación sumergida.

<i>C. melanopus</i>		$\bar{X}_d$	$\bar{X}_n$	Prueba	G.I.	P
Noviembre	Número	20.33	31.67	H = 0.048	1	0.827
	Peso (g)	58.69	138.32	H = 0.429	1	0.513
Enero	Número	0	1.60	H = 5.010	1	<b>0.025</b>
	Peso (g)	0	77.40	H = 5.010	1	<b>0.025</b>
Marzo	Número	0.57	0.40	F = 0.17	1/10	0.685
	Peso (g)	1.49	0.82	F = 0.47	1/10	0.509
Mayo	Número	5.00	9.00	F = 1.77	1/10	0.213
	Peso (g)	69.65	156.06	F = 1.52	1/10	0.245
Julio	Número	13.86	35.80	F = 6.37	1/10	<b>0.030</b>
	Peso (g)	121.27	772.34	F = 6.62	1/10	<b>0.028</b>
Septiembre	Número	26.57	30.40	F = 0.03	1/10	0.867
	Peso (g)	150.81	204.24	F = 0.17	1/10	0.690

Para evaluar la influencia que las variables ambientales pueden ejercer sobre el número y peso de *C. melanopus*, en cada ciclo se aplicaron correlaciones simples entre estas variables (n=12). En la Tabla 9 se puede observar que en el hábitat con vegetación sumergida, la temperatura mostró una correlación significativa y negativa con la abundancia en número en el mes de julio. También se observó una correlación negativa y significativa entre el oxígeno disuelto y el peso durante el mes de marzo, y con el número en el mes de julio. Una correlación directa menor, pero significativa, se observó con el nivel del agua y la abundancia en número y peso durante el mes de



septiembre. Para la salinidad y la abundancia no se encontró correlación significativa alguna.

**Tabla 9.** Correlaciones Spearman ( $r_s$ ) para cada ciclo entre la abundancia en número y peso de *C. melanopus* con las diferentes variables ambientales, en el hábitat con vegetación sumergida.

Zona con vegetación		Temperatura		Salinidad		Oxígeno disuelto		Nivel del agua	
		$r_{(s)}$	P	$r_{(s)}$	P	$r_{(s)}$	P	$r_{(s)}$	P
<b>Septiembre</b>	<b>Número</b>	0.109	0.736	-0.104	0.748	0.311	0.324	0.602	<b>0.038</b>
	<b>Peso</b>	0.017	0.958	-0.212	0.509	0.290	0.360	0.534	<b>0.074</b>
<b>Enero</b>	<b>Número</b>	-0.169	0.599	0.394	0.206	-0.222	0.488	0.337	0.284
	<b>Peso</b>	-0.308	0.329	0.310	0.326	-0.329	0.297	0.328	0.299
<b>Marzo</b>	<b>Número</b>	-0.187	0.560	-0.033	0.918	-0.482	0.112	-0.240	0.452
	<b>Peso</b>	-0.023	0.943	0.114	0.724	-0.629	0.029	-0.327	0.299
<b>Julio</b>	<b>Número</b>	-0.739	0.006	-0.444	0.148	-0.619	0.032	0.463	0.130
	<b>Peso</b>	-0.156	0.627	0.172	0.592	-0.123	0.704	0.098	0.762

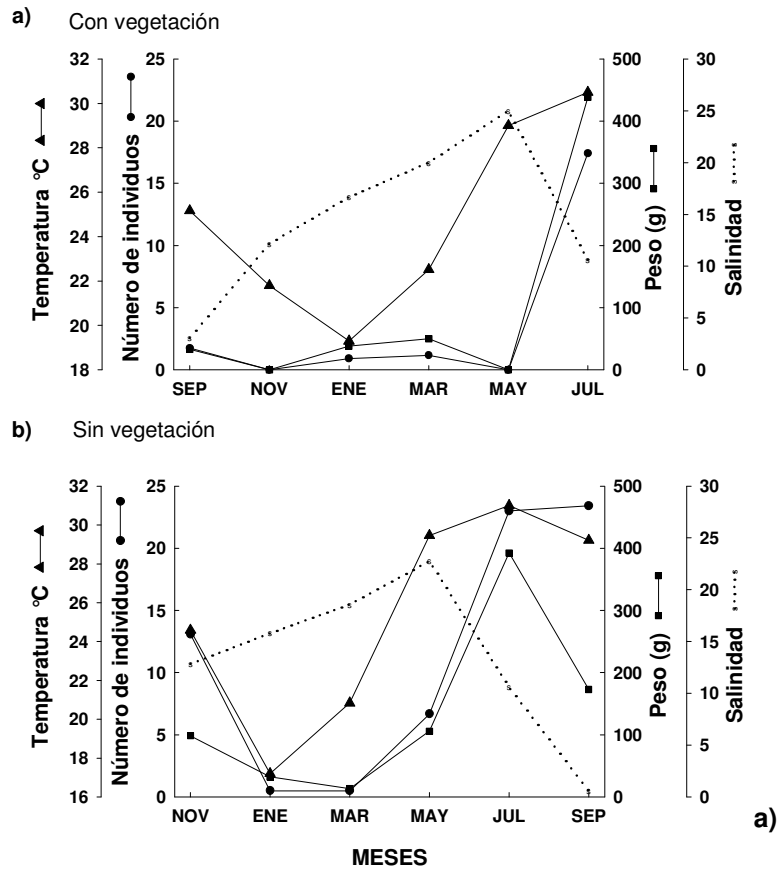
En la Tabla 10 se puede observar que hubo un mayor número de correlaciones significativas y con un grado de asociación más alto ( $r_s$ ) en la zona sin vegetación sumergida, entre las variables ambientales y la abundancia en número y peso. Se encontraron correlaciones significativas y negativas para la salinidad en los meses de septiembre, mayo y julio, mientras que el oxígeno disuelto tuvo las correlaciones positivas significativas durante los meses de mayo y septiembre. La temperatura mostró correlaciones significativas negativas en los meses de septiembre, mayo y julio. El nivel del agua solo mostró correlaciones significativas en el mes de septiembre.

**Tabla 10.** Correlaciones Spearman ( $r_s$ ) para cada ciclo entre la abundancia en número y peso de *C. melanopus* con las diferentes variables ambientales, en el hábitat sin vegetación sumergida. En todos los casos n=12, excepto en noviembre (n=6).

Zona sin vegetación		Temperatura		Salinidad		Oxígeno disuelto		Nivel del agua	
		$r_s$	P	$r_s$	P	$r_s$	P	$r_s$	P
Septiembre	Número	-0.440	0.152	-0.814	<b>0.001</b>	0.531	<b>0.093</b>	0.511	<b>0.089</b>
	Peso	-0.529	<b>0.077</b>	-0.710	<b>0.010</b>	0.617	<b>0.043</b>	0.578	<b>0.049</b>
Noviembre	Número	-0.216	0.681	-0.177	0.738	0.143	0.787	0.314	0.544
	Peso	-0.370	0.470	-0.441	0.381	0.429	0.397	0.600	0.208
Enero	Número	-0.322	0.307	<b>0.098</b>	0.762	-0.469	0.124	-0.395	0.204
	Peso	-0.322	0.307	<b>0.098</b>	0.762	-0.469	0.124	-0.395	0.204
Marzo	Número	0.071	0.827	-0.223	0.486	0.008	0.980	-0.195	0.543
	Peso	0.130	0.686	-0.326	0.301	-0.047	0.884	-0.148	0.646
Mayo	Número	-0.676	<b>0.016</b>	-0.599	<b>0.039</b>	0.761	<b>0.004</b>	-0.392	0.208
	Peso	-0.666	<b>0.018</b>	-0.586	<b>0.045</b>	0.765	<b>0.003</b>	-0.404	0.193
Julio	Número	-0.699	<b>0.011</b>	-0.259	0.416	-	-	-0.224	0.484
	Peso	-0.699	<b>0.011</b>	-0.587	<b>0.044</b>	-	-	-0.070	0.829

#### 5.2.4 Análisis estacional

En la Figura 7 se puede observar como varió la captura estacional de individuos (por mes) en ambos tipos de hábitat y su relación con la temperatura y la salinidad. En promedio, el mayor número y peso de bagres se presentó en el mes de julio, las máximas temperaturas se registraron en mayo, julio y septiembre. La máxima salinidad se tuvo en marzo-mayo y las menores salinidades se observaron en los meses de julio y septiembre.



**Figura 7.** Promedios mensuales de abundancia de *Cathorops melanopus* en número y peso (g) en el hábitat con vegetación sumergida (a) y en el hábitat sin vegetación con sustrato blando (b). Para ambos tipos de hábitat también se señalan los promedios mensuales de temperatura y salinidad. En todos los casos n=6.

En el hábitat con vegetación sumergida, hubo diferencias significativas entre meses en la captura de *C. melanopus*, tanto en número ( $H= 39.469$ , g.l.= 5,  $P<0.0001$ ) como en peso ( $H= 38.693$ , g.l.= 5,  $P< 0.0001$ ). Igualmente, para el hábitat sin vegetación sumergida, se encontraron diferencias significativas entre meses, en la abundancia de *C. melanopus* tanto en número ( $H= 29.356$ , g.l.= 5,  $P < 0.0001$ ), como en peso ( $F= 5.46$ , g.l.= 5/60,  $P= 0.0003$ ).

No obstante que en el hábitat con vegetación sumergida se encontraron diferencias significativas entre los promedios mensuales de la abundancia en número y peso de

*C. melanopus*, no se observaron correlaciones significativas ( $P > 0.1$ ) entre sus promedios mensuales con los promedios de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y precipitación (Tabla 11).

**Tabla 11.** Correlaciones de Spearman ( $r_s$ ) entre los promedios mensuales en número y peso de *C. melanopus* y los promedios mensuales de las diferentes variables ambientales, en el hábitat con vegetación sumergida ( $n = 6$ ).

	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Precipitación
<b>Número</b>				
$r_s$	0.464	-0.638	-0.319	0.406
<b>P</b>	0.354	0.173	0.538	0.425
<b>Peso (g)</b>				
$r_s$	0.232	-0.232	-0.029	-0.116
<b>P</b>	0.658	0.658	0.957	0.827

A diferencia del hábitat con vegetación sumergida, se encontró que en el hábitat sin vegetación sumergida (Tabla 12), si existieron dos correlaciones significativas entre la abundancia de *C. melanopus* y la temperatura (positiva en peso,  $P < 0.1$ ) y la salinidad (negativa en número,  $P < 0.05$ ).

**Tabla 12.** Correlaciones Spearman ( $r_s$ ) entre los promedios mensuales en número y peso de *C. melanopus* y los promedios mensuales de las diferentes variables ambientales, en el hábitat sin vegetación sumergida ( $n = 6$ , excepto con oxígeno, que  $n = 5$ ).

	Temperatura °C	Salinidad	Oxígeno (mg/L)	Precipitación (mm)
<b>Número</b>				
$r_s$	0.486	-0.771	0.100	0.257
<b>P</b>	0.329	<b>0.072</b>	0.872	0.623
<b>Peso (g)</b>				
$r_s$	0.886	-0.600	-0.200	0.486
<b>P</b>	<b>0.019</b>	0.208	0.747	0.329

De manera global (considerando ambos tipos de hábitat en conjunto) respecto a las correlaciones realizadas con los promedios mensuales (n=12) de la abundancia y las diferentes variables ambientales, se encontró un nivel de significación con la temperatura y la abundancia en número y peso, así como la salinidad y la abundancia en número (Tabla 13).

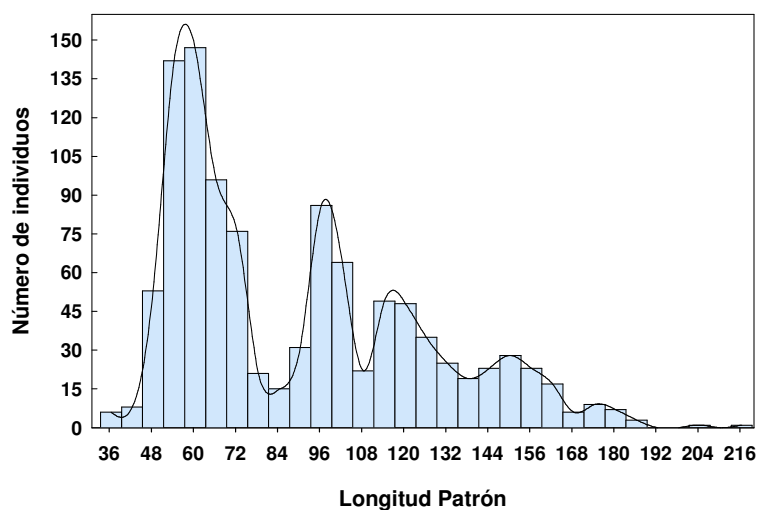
**Tabla 13.** Correlaciones de Spearman ( $r_s$ ) entre los promedios mensuales en número y peso de *C. melanopus* y los promedios mensuales de las diferentes variables ambientales (n = 12, oxígeno n = 11), considerando en conjunto los dos tipos de hábitat (global).

	Temperatura °C	Salinidad	Oxígeno (mg/L)	Precipitación (mm)
<b>Número</b>				
$r_s$	0.602	-0.561	-0.346	0.186
<b>P</b>	<b>0.038</b>	<b>0.058</b>	0.297	0.564
<b>Peso</b>				
$r_s$	0.687	-0.428	-0.410	0.179
<b>P</b>	<b>0.014</b>	0.165	0.210	0.579

### 5.3 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE TALLA DE LOS ORGANISMOS

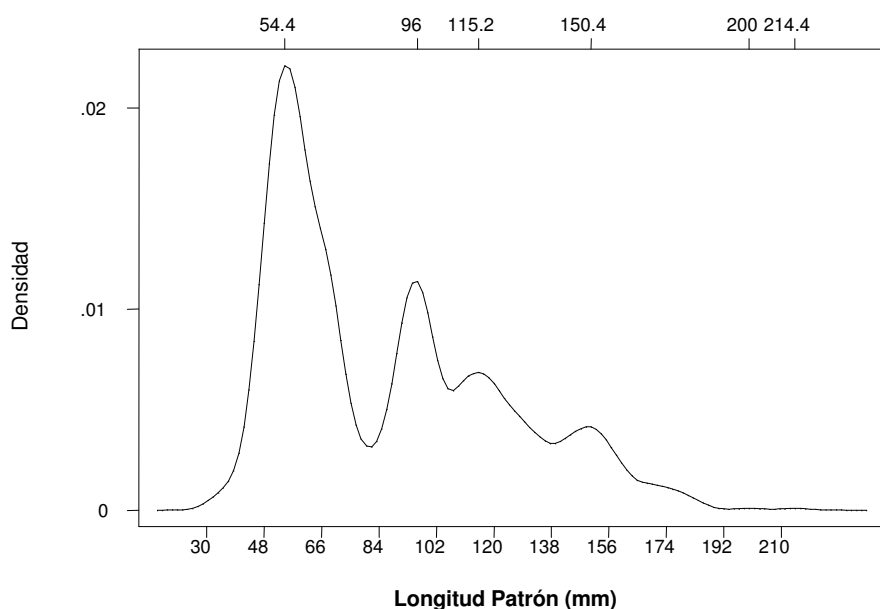
#### 5.3.1 Análisis general

En el histograma se puede observar (Figura 8) que existen principalmente cinco grupos modales, de éstos el intervalo que presentó el mayor número de individuos (528) se encuentra en las tallas más pequeñas de 36 a 72 mm de LP, en el segundo grupo se encontró un menor número de individuos (217) con tallas de 73 a 102 mm, el tercer grupo (179) se ubicó en tallas de 103 a 132 mm, en el cuarto grupo se encontraron menos individuos (110) en tallas de 133 a 162 mm y por último el grupo modal más pequeño (25) mostró las tallas mayores de 163 a 186 mm. Cabe señalar además que se observaron individuos más grandes (uno de 204 y uno de 216 mm) fuera de estos grupos modales. Estos cinco grupos modales podrían corresponder a grupos de edad.



**Figura 8.** Distribución de tallas de *Cathorops melanopus*, considerando el total de individuos capturados ( $n=1,061$ ) en ambos tipos de hábitat. El intervalo de cada barra es de 6 mm.

Aunque en la figura anterior se distinguen cinco grupos modales, se pudo observar mediante el Estimador de Densidad por Kernel (EDK) con función Gaussiana y banda (4) la presencia de cuatro modas, un hombro más dos casos extraordinarios considerando ambas localidades (Figura 9). Al igual que en el histograma, el grupo modal con mayor número de individuos fue el de menor talla, mientras que en tallas mayores se observó un descenso progresivo en el número de individuos.

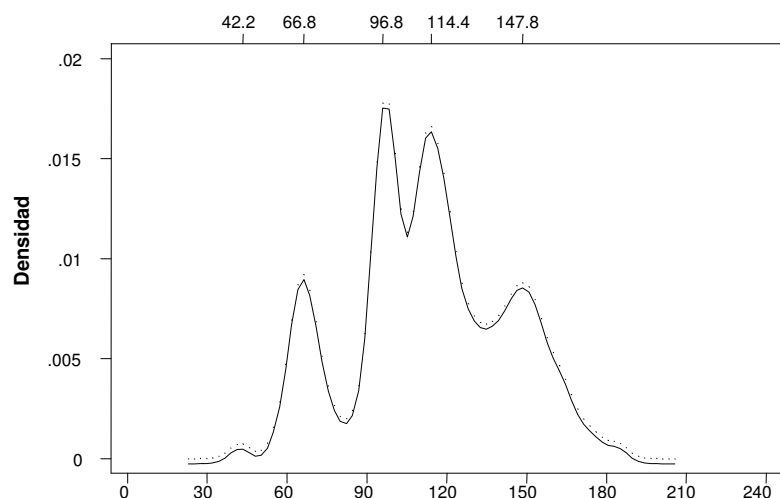


**Figura 9.** EDK donde se muestra la distribución de tallas de *C. melanopus* y sus cuatro grupos modales con sus respectivos valores en la parte superior. Se consideraron los individuos de ambos tipos de hábitat, el ancho de banda fue  $\frac{1}{2}$  del óptimo de Silverman ( $b=4$ ).

### 5.3.2 Análisis espacial

Se encontró en el hábitat con vegetación sumergida una longitud patrón (LP) promedio de 113 mm, a diferencia del hábitat sin vegetación donde la LP promedio fue de 78 mm, existiendo diferencias significativas ( $H = 207.611$ ; g.l.= 1;  $P < 0.0001$ ) entre los hábitat.

Para el hábitat con vegetación sumergida se observaron cinco grupos modales en el EDK con banda de 4.4 (Figura 10). En el primer grupo modal hubo pocos individuos de menor talla (42.2 mm), para el segundo y cuarto grupo se observaron más individuos con una densidad (frecuencia) similar (0.008) con tallas de 66.8 y 147.8 mm respectivamente, y los dos grupos restantes (el tercero y cuarto) fueron los de mayor densidad y de talla intermedia (96.8 y 114.4 mm).

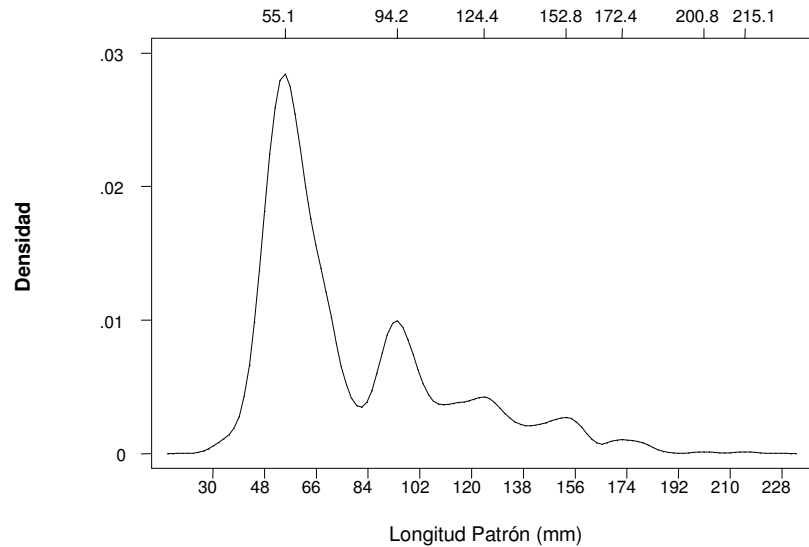


**Figura 10.** EDK para las tallas de *C. melanopus* pertenecientes al hábitat con vegetación sumergida. El ancho de banda fue  $\frac{1}{2}$  del óptimo de Silverman ( $b=4.4$ ).

En el hábitat sin vegetación sumergida se observó un comportamiento distinto. En el EDK con banda de 4.3 (Figura 11), aunque se presentó el mismo número de modas: el grupo de menor talla (55.1mm de LP) fue el de mayor densidad (frecuencia), en seguida un grupo de tallas más grandes (94.2 mm) conformado por un número mucho menor de individuos, seguido por el tercer grupo de una talla mayor (124.4 mm) y con menos individuos. El cuarto (152.8 mm) y quinto grupo (172.4) tienen las



tallas más grandes y las densidades más bajas. Además se observan dos casos extraordinarios de 200 y 215 mm de LP.



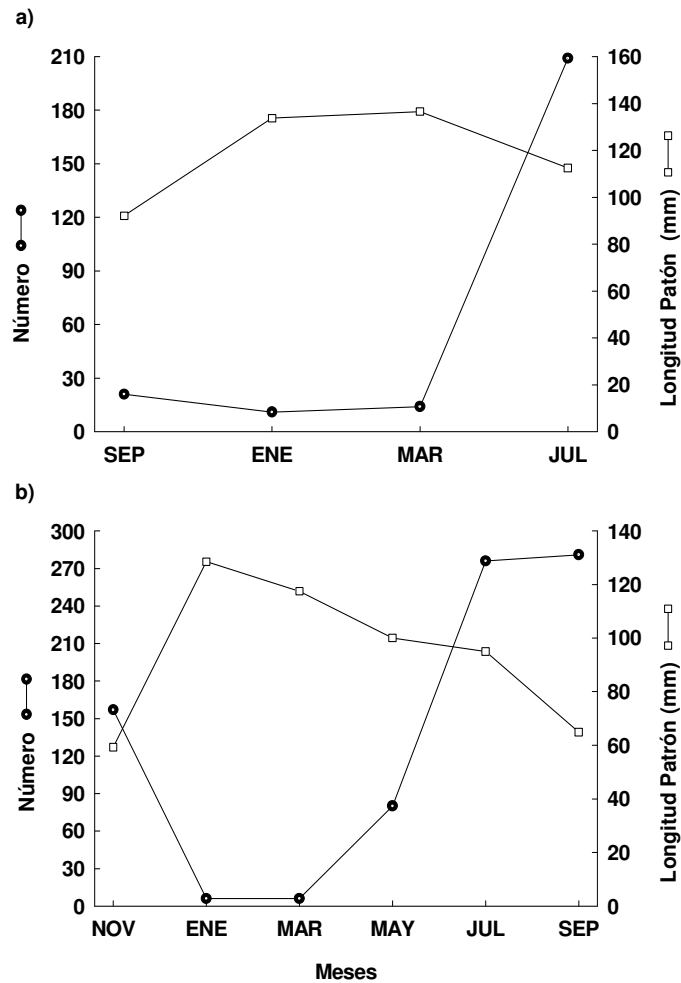
**Figura 11.** EDK para las tallas de *C. melanopus* pertenecientes al hábitat sin vegetación sumergida. El ancho de banda fue  $\frac{1}{2}$  del óptimo de Silverman ( $b=4.3$ ).

### 5.3.3 Análisis estacional

A nivel estacional se observaron diferencias significativas en el hábitat con vegetación sumergida (Figura 12a,  $F = 9.04$ ; g.l. = 3;  $P < 0.0001$ ) entre los promedios mensuales de LP y de acuerdo con una prueba de comparaciones múltiples (Tukey 95%), estas diferencias resultaron debidas a los menores promedios de LP en el mes de julio y septiembre. La máxima LP promedio se observó en el mes de marzo ( $\bar{x} = 137$  mm), mientras que las menores tallas se observaron en septiembre ( $\bar{x} = 92$  mm) y julio ( $\bar{x} = 112$ ).

Al igual que en el ambiente con vegetación sumergida, en el hábitat de sustrato blando y sin vegetación también se observaron diferencias significativas (Figura 12b,  $H = 293.178$ ; g.l. = 5;  $P < 0.0001$ ) entre los promedios mensuales de la LP. El

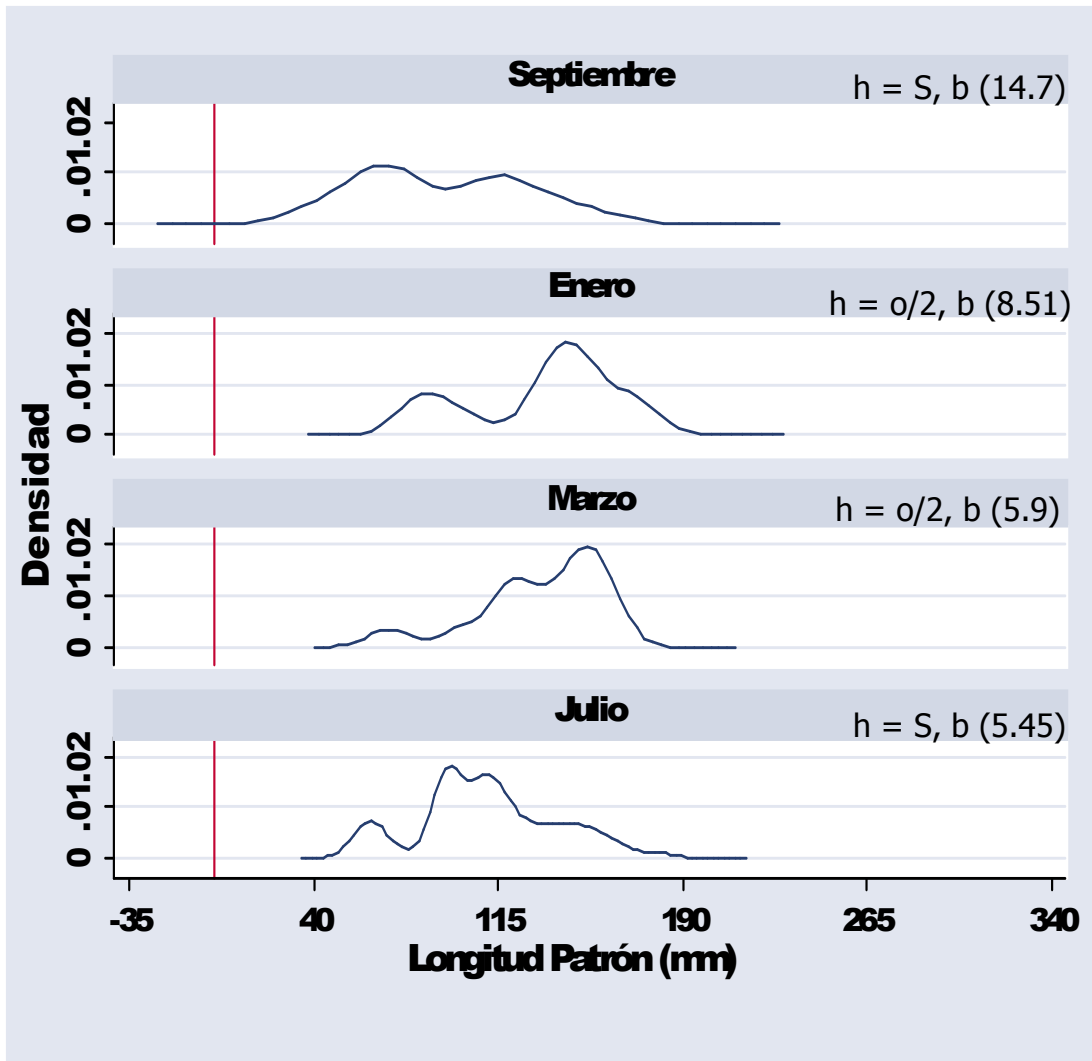
máximo promedio de la LP se observó en el mes de enero ( $\bar{x} = 129$  mm) y el promedio mínimo se encontró durante el mes de noviembre ( $\bar{x} = 59$  mm), siguiéndole el mes de septiembre ( $\bar{x} = 65$  mm).



**Figura 12.** Número de individuos y longitud patrón (LP) promedio mensual de *C. melanopus* en el hábitat con vegetación sumergida (a) y en el hábitat sin vegetación sumergida (b).

Para el hábitat con vegetación sumergida se encontró que la distribución de tallas y densidad varía temporalmente, puesto que el mes de julio presentó la máxima densidad y número de modas. Un comportamiento distinto se observó en los demás

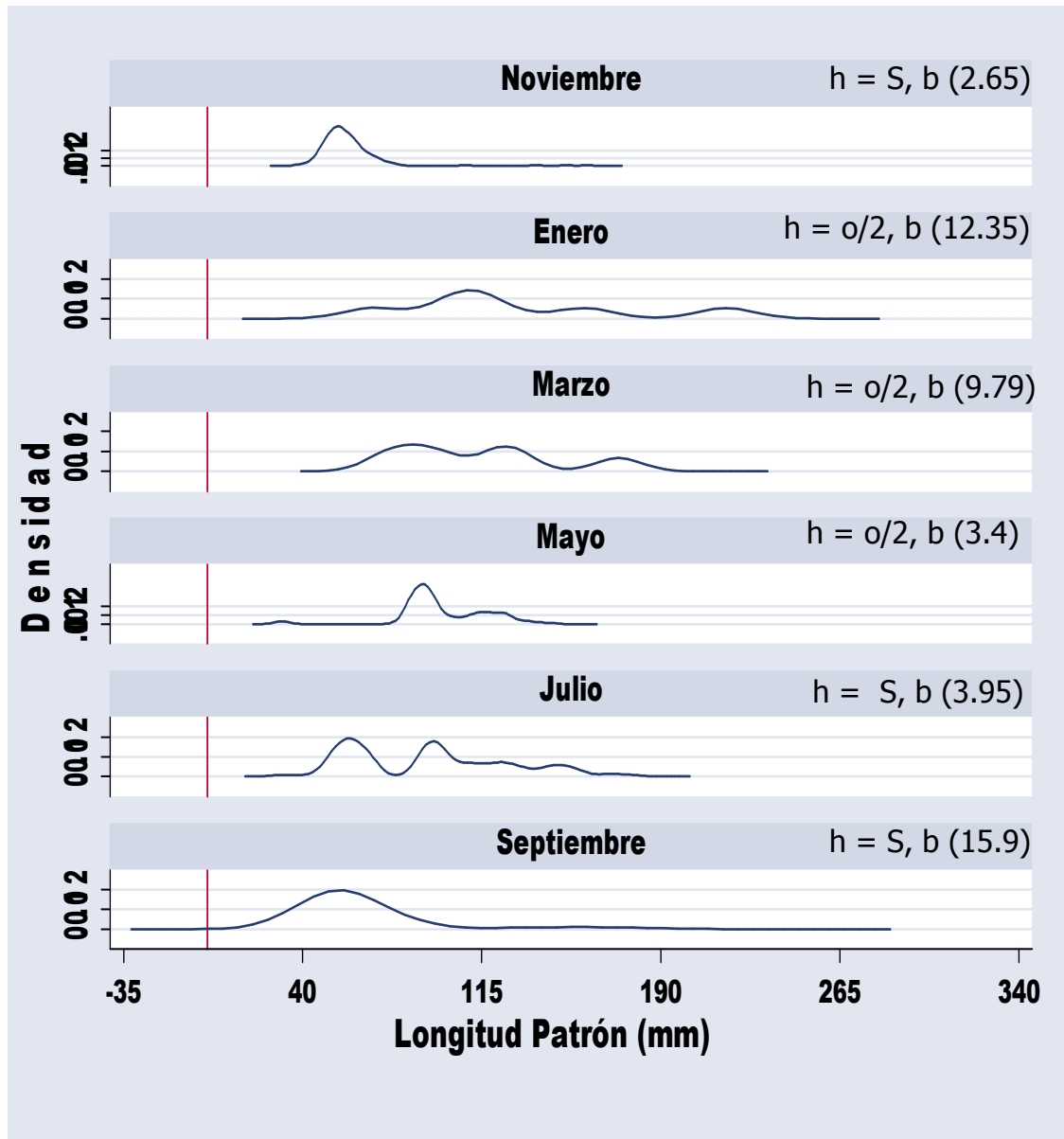
meses, debido a que las densidades fueron muy bajas dejando a enero y septiembre con dos modas, mientras que en marzo aparecieron tres grupos modales (Figura 13).



**Figura 13.** EDKs donde se muestra la distribución mensual de tallas de *C. melanopus* en el hábitat con vegetación sumergida. Bootstrap de Silverman (S),  $\frac{1}{2}$  del óptimo de Silverman ( $o/2$ ), amplitud de banda utilizada (b).

Para el hábitat sin vegetación sumergida, la distribución de tallas más amplia se encontró en el mes de julio con seis grupos modales, mientras que la distribución de

tallas menos amplia se observó en el mes de septiembre, siendo ambos meses los de mayor abundancia (Figura 14).

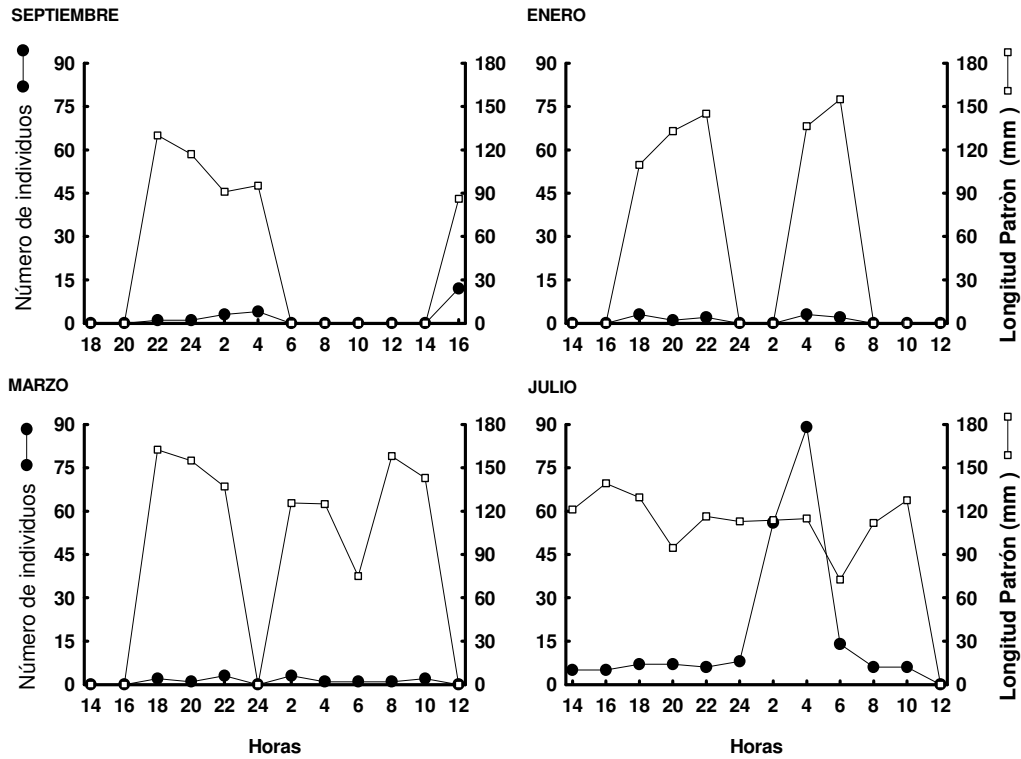


**Figura 14.** EDKs donde se muestra la distribución mensual de tallas de *C. melanopus* en el hábitat sin vegetación sumergida. Bootstrap de Silverman (S),  $\frac{1}{2}$  del óptimo de Silverman ( $o/2$ ), amplitud de banda utilizada (b).

Se puede observar que en el mes de julio existen dos grandes grupos con tallas menores a 115 mm, los cuales presentan el mayor número de individuos, mientras que los otros dos grupos de talla mayor presentan el menor. Además las menores densidades (frecuencias) se encontraron tanto en los individuos más pequeños como en los más grandes. En contraste, se observó que para el mes de septiembre hay dos grupos modales, el primero con alta densidad de juveniles, mientras que el segundo grupo tuvo muy baja densidad y se compuso de adultos.

### **5.3.3 Análisis nictímero**

En el ambiente con vegetación sumergida (Figura 15), durante el mes de septiembre se encontró que no hubo diferencias significativas ( $F= 0.54$ ; g.l. = 4;  $P = 0.708$ ) en cuanto a las tallas promedio entre horas. Sin embargo la máxima LP promedio se encontró a las 22:00 horas ( $\bar{x}= 130$  mm), mientras que la menor se observó a las 16:00 con un valor de 86 mm. Para el mes de enero tampoco se observaron diferencias significativas ( $F = 0.68$ ; g.l. = 4;  $P = 0.630$ ), aunque la mayor LP promedio se encontró a las 06:00 horas ( $\bar{x}=155$  mm) y la menor 18:00 horas ( $\bar{x}= 110$  mm).



**Figura 15.** Número de individuos y longitud patrón (LP) promedio por hora de *C. melanopus* en el hábitat con vegetación sumergida, para cada uno de los ciclos nictímeros en los que se capturaron individuos.

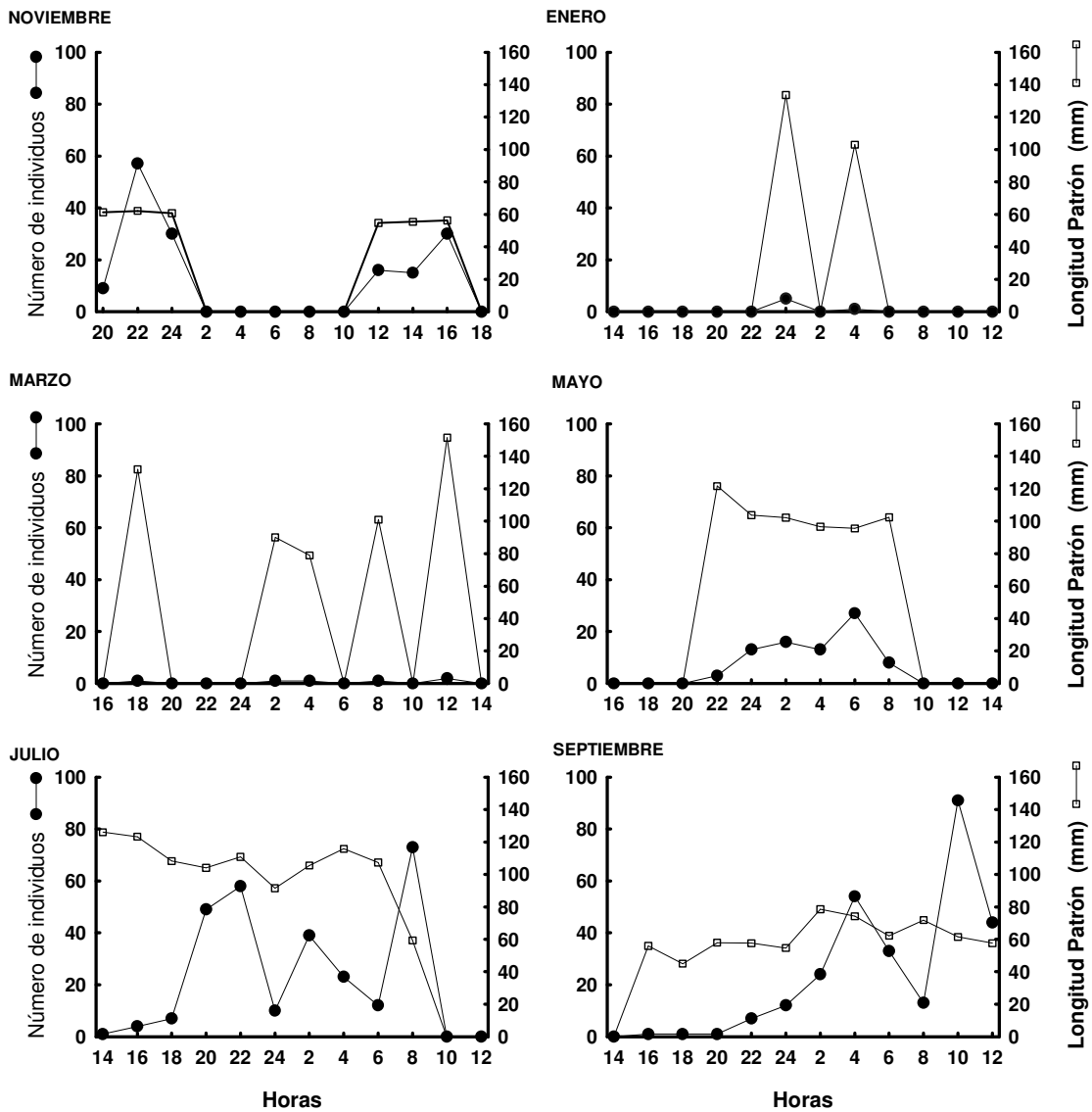
En el mes de marzo las tallas mostraron diferencias significativas entre horas, pero sólo a un nivel de  $P < 0.1$  ( $F = 3.29$ ; g.l. = 7;  $P = 0.083$ ), con la LP promedio más grande ( $\bar{x} = 162$  mm) a las 18:00 y la menor ( $\bar{x} = 75$  mm) a las 06:00. Durante el mes de julio se observaron diferencias altamente significativas ( $F = 4.96$ ; g.l. = 10;  $P < 0.0001$ ) entre las tallas por hora, con la máxima LP promedio ( $\bar{x} = 139$  mm) a las 16:00 horas, mientras que la mínima LP obtenida se encontró a las 06:00 horas ( $\bar{x} = 73$  mm).

En el hábitat sin vegetación sumergida (Figura 16), se encontró que durante el mes de noviembre no hubo diferencias significativas ( $H = 8.519$ ; g.l.= 5;  $P = 0.129$ ), la

máxima LP se observó a las 22:00 horas ( $\bar{x} = 62$  mm) y la mínima a las 12:00 horas ( $\bar{x} = 55$ ). De igual forma en el mes de enero no se observaron diferencias significativas ( $H = 0.771$ ; g.l.= 1;  $P = 0.379$ ) entre las tallas, solo se capturó un bagre a las 04:00 horas (LP = 103 mm) y cinco a las 24:00 ( $\bar{x} = 134$  mm).

Durante el mes de marzo tampoco hubo diferencias significativas ( $H = 4.428$ ; g.l.= 4;  $P = 0.351$ ), sin embargo el máximo promedio de LP se encontró a las 12:00 horas ( $\bar{x} = 152$  mm), mientras que el menor promedio de LP se observó a las 04:00 horas ( $\bar{x} = 79$  mm). Similarmente, para el mes de mayo no se encontraron diferencias significativas ( $H = 8.056$ ; g.l.= 5;  $P = 0.153$ ) entre los promedios de LP, aunque se observó un promedio mayor de LP a las 22:00 horas ( $\bar{x} = 122$  mm), mientras que la menor fue a las 06:00 horas ( $\bar{x} = 96$  mm).

En el mes de julio ( $n = 276$ ) se observaron diferencias significativas ( $H = 139.508$ ; g.l.= 9;  $P < 0.0001$ ) en las tallas promedio por hora, siendo la LP promedio máxima a las 14:00 horas ( $\bar{x} = 126$  mm) y la mínima se observó a las 08:00 horas ( $\bar{x} = 59$  mm).



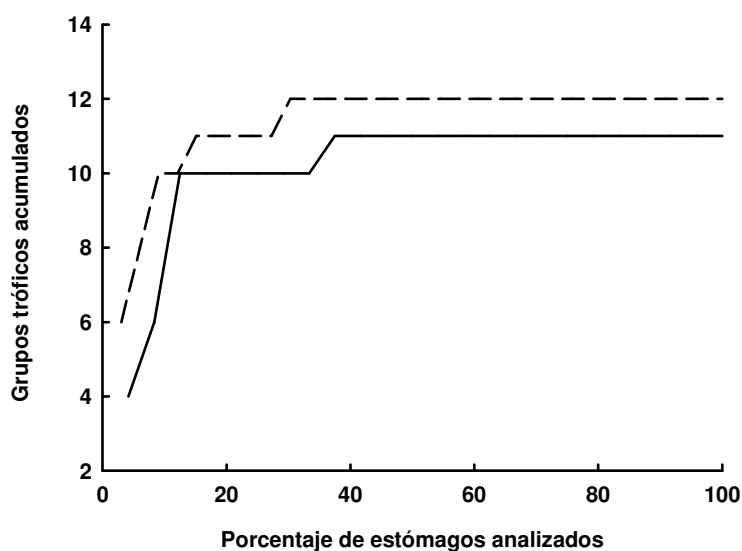
**Figura 16.** Número de individuos y longitud patrón (LP) promedio por hora de *C. melanopus* en el hábitat sin vegetación sumergida para cada uno de los ciclos nictímeros en los que se capturaron individuos.

De manera similar en el mes de septiembre se encontraron diferencias significativas ( $H = 27.036$ ; g.l.= 10;  $P = 0.0025$ ), aunque la LP promedio máxima se observó a las 02:00 horas ( $\bar{x} = 79$  mm) y la LP mínima a las 18:00 horas ( $\bar{x} = 45$  mm).



## 5.4 DIETA GENERAL

Se analizaron un total de 57 contenidos estomacales, de los cuales 33 pertenecen al hábitat con vegetación sumergida y 24 para el hábitat sin vegetación sumergida. De todos los contenidos analizados se encontraron al menos 25 diferentes grupos tróficos, los cuales se redujeron a 12 de acuerdo a la importancia, tamaño de la partícula y tipo de alimento. En la Figura 17 se muestra el comportamiento del número acumulado de éstos grupos tróficos con respecto al porcentaje de contenidos estomacales analizados de ambas localidades.



**Figura 17.** Número acumulado de categorías tróficas consumidas por *Cathorops melanopus* del hábitat con vegetación (---) y del hábitat sin vegetación (—) en función del incremento del porcentaje de contenidos estomacales analizados.

Como se muestra en la Tabla 14, para *C. melanopus* el grupo de mayor importancia fue el detritus, después los invertebrados, quedando en menor grado las plantas y los restos de peces. En cuanto a la frecuencia de ocurrencia se encontró en primer

lugar al detritus seguido de invertebrados como los poliquetos y copépodos. Dentro del grupo de las plantas se encontró la mayor frecuencia e importancia en el pasto *Ruppia maritima*.

**Tabla 14.** Frecuencia de ocurrencia e importancia relativa porcentual de cada uno de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales de *Cathorops melanopus* en los dos tipos de hábitat.

Grupos Tróficos	Frecuencia	Importancia
<b>Plantas</b>		<b>13.37</b>
Clorofila	12.28	3.45
Rodofita	12.28	3.22
Restos de Macroalgas	15.79	2.34
<i>Ruppia maritima</i>	59.65	4.36
<b>Invertebrados</b>		<b>39.43</b>
Poliquetos	64.91	10.84
Crustáceos		
Copépodos	75.44	15.61
Tanaidáceos	56.14	6.33
Anfípodos, Isópodos y Cumáceos	47.37	2.59
Restos de Peracáridos	35.09	2.70
Restos de Decápodos	14.04	1.36
<b>Peces</b>		
Restos de Peces	43.86	<b>4.22</b>
<b>Detritus</b>	96.49	<b>42.98</b>

#### 5.4.1 VARIABILIDAD ALIMENTICIA POR SEXO

En cuanto a los grupos de alimento, se encontró que hubo un mayor consumo de plantas, poliquetos, tanaidáceos y detritus por parte de las hembras, mientras que el mayor consumo de copépodos, anfípodos, isópodos, cumáceos, restos de peracaridos y restos de decápodos se presentó en los machos (Tabla 15). Esto se refleja en el análisis por discriminantes donde se encontraron diferencias

significativas entre las dietas de hembras y machos a un nivel de  $P < 0.1$  ( $\lambda = 0.674089$ ;  $P = 0.0835$ ). Estas disimilitudes fueron debidas al consumo diferencial de restos decápodos (0.503), detritus (-0.405), pastos (-0.387) y copépodos (0.375).

**Tabla 15.** Importancia relativa porcentual de cada uno de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales de hembras y machos de *C. melanopus*.

<b>Grupos Tróficos</b>	<b>Hembras n=32</b>	<b>Machos n=25</b>
<b>Plantas</b>	<b>16.41</b>	<b>9.47</b>
Clorofila	3.54	3.34
Rodofita	4.27	1.88
Restos de Macroalgas	2.20	2.51
<i>Ruppia maritima</i>	6.40	1.74
<b>Invertebrados</b>	<b>32.74</b>	<b>47.49</b>
Poliquetos	11.25	10.32
Crustáceos		
Copépodos	10.18	22.56
Tanaidáceos	8.01	4.17
Anfípodos, Isópodos y Cumáceos	2.05	3.28
Restos de Peracáridos	1.15	4.69
Restos de Decápodos	0.10	2.97
<b>Peces</b>		
Restos de Peces	<b>4.23</b>	<b>4.21</b>
<b>Detritus</b>	<b>46.62</b>	<b>38.33</b>

#### 5.4.2 VARIABILIDAD ONTOGÉNICA

En el análisis ontogénico de las dietas se encontró que en promedio los peces más jóvenes consumen una gran proporción de copépodos, incluso más que de detritus (Tabla 16). Para los individuos de la Talla 2 y 3 el alimento más importante después del detritus fueron los poliquetos. En los peces de mayor talla se observó que hubo un mayor consumo de detritus, rodófitas, pastos, peracáridos y restos de decápodos.

También se observó que conforme aumenta la talla de los peces, va disminuyendo el consumo de copépodos y aumentando el consumo de *Ruppia maritima* y restos de decápodos.

**Tabla 16.** Importancia relativa porcentual de cada uno de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales de *C. melanopus* en los diferentes grupos de talla.

Grupos Tróficos	Importancia			
	Talla 1 n=17	Talla 2 n=18	Talla 3 n=14	Talla 4 n=8
<b>Plantas</b>				
Clorofila	0.00	5.21	7.08	0.45
Rodofita	3.04	0.74	4.14	7.58
Restos de Macroalgas	4.60	1.19	1.47	1.65
<i>Ruppia maritima</i>	0.08	3.90	7.33	9.28
<b>Invertebrados</b>				
Poliquetos	1.11	17.34	16.37	7.21
Crustáceos				
Copépodos	43.91	7.51	0.57	0.01
Tanaidáceos	0.23	5.20	13.82	8.69
Anfípodos, Isópodos y Cumáceos	1.47	1.46	3.97	5.12
Restos de Peracáridos	1.67	4.12	3.34	0.57
Restos de Decápodos	0.52	-	1.56	5.88
<b>Peces</b>				
Restos de Peces	6.15	4.44	2.14	3.27
<b>Detritus</b>	<b>37.23</b>	<b>48.90</b>	<b>38.20</b>	<b>50.28</b>

De acuerdo con los análisis de discriminantes, se encontró que existieron diferencias significativas básicamente entre las dietas de los peces jóvenes y los de Talla 2, 3 y 4, siendo las divergencias más acentuadas entre los peces menores y los más grandes (Tallas 1 y 4). Asimismo, no se observaron diferencias significativas entre los peces de Tallas 2, 3 y 4 (Tabla 17).

**Tabla 17.** Resultados de los análisis de discriminantes entre los diferentes grupos de talla, utilizando como variables discriminatorias, la importancia de los doce grupos tróficos presentes en la dieta de los bagres.

TALLAS	1 y 2	1 y 3	1 y 4	2 y 3	2 y 4	3 y 4
$\lambda$ DE WILK'S	<b>0.246</b>	<b>0.038</b>	<b>0.031</b>	0.463	<b>0.340</b>	0.585
P	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	0.102	<b>0.079</b>	0.823

Entre los peces de Talla 1 y 2, se encontró en primer lugar a los copépodos, como el grupo trófico más importante en la separación de las dietas, seguido por los poliquetos, tanaidaceos y *Ruppia maritima*. La dieta de los bagres de Talla 1 fue diferente a la dieta de los bagres de Talla 3 y 4, debido principalmente al consumo diferencial de copépodos, tanaidaceos y *Ruppia maritima*. Aunque las tallas 2 y 3 no presentaron diferencias significativas, se encontró que los copépodos y restos de decápodos tuvieron la mayor importancia. Para las tallas 2 y 4 la diferencia se encontró igualmente con los copépodos en primer lugar seguido de restos de decápodos y poliquetos. En cuanto a las tallas 3 y 4, aunque tampoco se encontraron diferencias significativas entre las dietas, se observó un consumo diferencial en restos de peces, detritus y poliquetos (Tabla 18).

**Tabla 18.** Resultados de los análisis de discriminantes donde se muestran los grupos más importantes en la separación de la dieta entre las diferentes tallas.

Grupos Tróficos	Grupos de talla de <40 a 200> mm de LP					
	1 y 2	1 y 3	1 y 4	2 y 3	2 y 4	3 y 4
<b>Plantas</b>						
Clorofila	-0.138	-0.058	-0.056	-0.060	0.074	-0.190
Rodofita	0.046	-0.013	-0.015	-0.140	-0.12	0.029
Restos de Microalgas	0.067	0.029	0.013	0.046	-0.025	0.093
<i>Ruppia maritima</i>	-0.275	-0.112	-0.112	-0.126	-0.154	0.100
<b>Invertebrados</b>						
Poliquetos	<b>-0.375</b>	-0.076	-0.041	0.147	0.218	-0.161
<b>Crustáceos</b>						
Copépodos	<b>0.565</b>	<b>0.430</b>	<b>0.379</b>	<b>0.748</b>	<b>0.521</b>	0.013
Tanaidáceos	<b>-0.301</b>	-0.132	-0.147	-0.18	-0.148	0.006
Anfípodos, Isópodos y Cumáceos	-0.047	-0.031	-0.023	-0.103	-0.060	-0.010
Restos de Peracáridos	-0.069	-0.030	0.008	-0.032	0.133	-0.278
Restos de Decápodos	0.118	-0.038	-0.06	-0.337	<b>-0.334</b>	0.205
<b>Peces</b>						
Restos de Peces	0.047	0.031	-0.008	0.068	-0.099	<b>0.321</b>
<b>Detritus</b>						
	-0.123	-0.022	-0.049	0.113	-0.007	0.280

En cuanto al índice de repleción (IR) se encontraron diferencias significativas ( $H=22.371$ , g.l. = 3,  $P < 0.0001$ ) entre las tallas, las cuales se debieron a las diferencias entre los más pequeños (Talla 1), que mostraron el IR promedio más alto ( $\bar{x} = 1.33$ ) y los mas grandes (Talla 4) cuyo IR fue mucho menor ( $\bar{x} = 0.55$ ).

#### 5.4.3 Variabilidad nictímera

En el análisis nictímero de las dietas se observó que *C. melanopus* consume el mismo tipo de alimento tanto en la noche como en el día. Dentro de esta separación se observa que el detritus, los copépodos, los poliquetos y los tanaidáceos fueron los grupos mas consumidos mientras que las plantas y los restos de decápodos fueron los grupos de menor consumo durante el ciclo nictímero (Tabla 19).

**Tabla 19.** Importancia relativa porcentual de cada uno de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales de *C. melanopus* en la noche y el día.

Grupos Tróficos	Importancia relativa	
	Noche n = 28	Día n = 29
<b>Plantas</b>		
Clorofila	0.31	0.23
Rodofita	0.37	0.30
Restos de Macroalgas	0.11	0.58
<i>Ruppia maritima</i>	0.32	0.67
<b>Invertebrados</b>		
Poliquetos	1.05	1.06
Crustáceos		
Copepodos	1.59	1.13
Tanaidaceos	0.80	0.94
Anfípodos, Isópodos y Cumáceos	0.46	0.52
Restos de Peracáridos	0.38	0.35
Restos de Decápodos	0.29	0.19
<b>Peces</b>		
Restos de Peces	0.81	0.48
<b>Detritus</b>	3.25	3.50

Este comportamiento se refleja en el análisis de discriminantes entre el día y la noche, donde no se encontraron diferencias significativas entre las dietas ( $\lambda=0.869$ ;  $P=0.864$ ). Tampoco el IR mostró diferencias significativas ( $H=0.123$ , g.l.=1,  $P=0.725$ ), sin embargo el promedio durante la noche fue mayor ( $\bar{x} = 0.822$ ).

#### 5.4.4 Variabilidad espacial

Se puede observar que en el hábitat con vegetación sumergida hubo un mayor consumo de clorofitas, rodófitas, *Ruppia maritima* y restos de peracaridos, a diferencia del hábitat sin vegetación donde hubo un mayor consumo de restos de macroalgas, poliquetos, copepodos, tanaidaceos y detritus (Tabla 20).

En el análisis de discriminantes los 12 grupos tróficos reflejaron que las dietas tuvieron diferencias significativas a un nivel de  $P < 0.05$  ( $\lambda = 0.631$ ;  $P = 0.032$ ). Estas disimilitudes fueron debidas al consumo diferencial de plantas (*Ruppia maritima*) y restos vegetales (0.736); clorofitas (0.334); restos de peracaridos, larvas de crustáceos y huevos de artrópodos (0.300); anfípodos, isópodos y cumáceos (0.263); y copépodos (-0.215) mientras que el resto de los grupos tróficos mostraron menor importancia (de 0.114 a 0.002).

**Tabla 20.** Importancia relativa porcentual de cada uno de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales de *C. melanopus* en los dos tipos de hábitat.

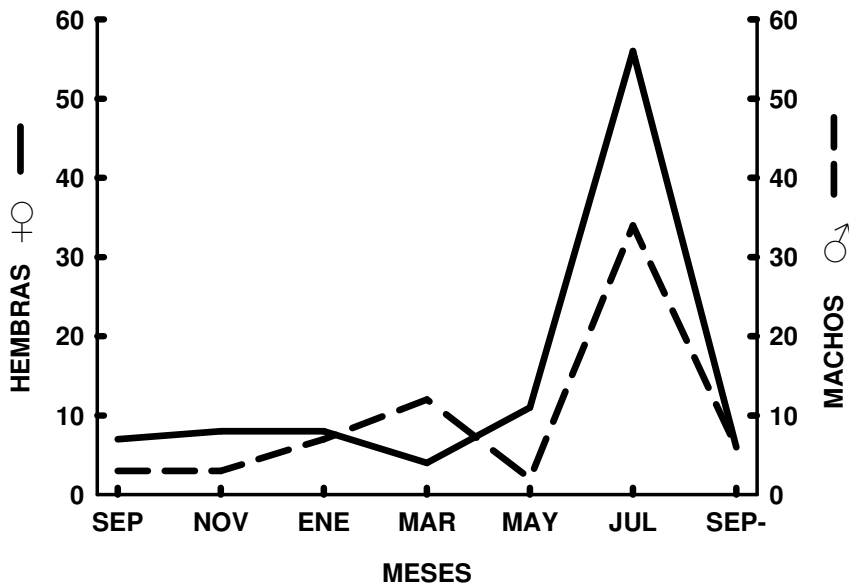
Grupos Tróficos	Importancia relativa	
	Con vegetación <i>n</i> = 33	Sin vegetación <i>n</i> = 24
<b>Plantas</b>		
Clorofila	5.96	0
Rodofita	3.82	2.40
Restos de Macroalgas	2.13	2.62
<i>Ruppia maritima</i>	7.31	0.30
<b>Invertebrados</b>		
Poliquetos	9.45	12.75
Crustáceos		
Copépodos	11.05	21.87
Tanaidáceos	6.15	6.58
Anfípodos, Isópodos y		
Cumáceos	3.62	1.17
Restos de Peracáridos	4.43	0.31
Restos de Decápodos	1.19	1.60
<b>Peces</b>		
Restos de Peces	4.22	4.22
<b>Detritus</b>	40.66	46.17

En cuanto al IR no se observaron diferencias significativas entre los tipos de hábitat ( $H = 0.150$ , g.l.=1,  $P = 0.698$ ).



## 5.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Se analizaron un total de 163 gónadas, de las cuales hubo 99 hembras (60.74%) y 64 machos (39.26%). A pesar de que se encontraron más hembras que machos, solo en el mes de marzo se observó un comportamiento inverso, teniendo un mayor número de machos en los dos tipos de hábitat (Figura 18). Así, las proporciones sexuales de hembras y machos, fueron significativamente diferentes a la relación 1:1 ( $\chi^2 = 9.773$ , g.l.= 1,  $P=0.0017$ ). Sin considerar, el mes de marzo cuando hubo mayor proporción de machos, la proporción sexual resultó significativamente igual a la relación 2:1 ( $\chi^2 = 1.87$ , g.l.=1  $P=0.392$ ).



**Figura 18.** Proporción de sexos mensual para hembras y machos en ambos tipos de hábitat.

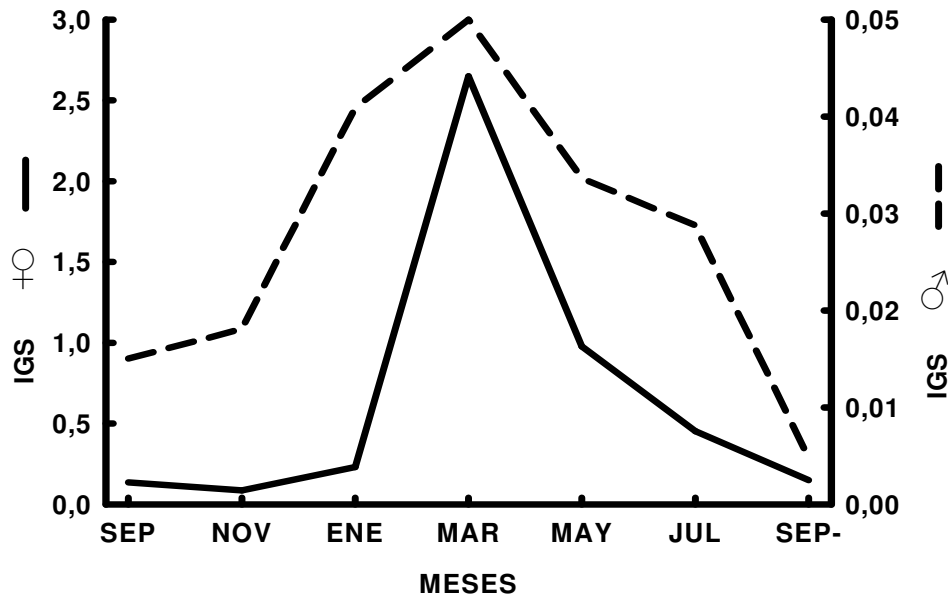
El índice gonadosomático (IGS) obtenido mostró diferencias significativas entre los sexos ( $H=78.24$ , g.l.=1,  $P<0.0001$ ), siendo mayor para las hembras ( $\bar{x}=0.514\%$ ) y menor para los machos ( $\bar{x}=0.030\%$ ). Se realizó el conteo de huevos de mayor tamaño únicamente a las hembras en estado maduro, el cual se observó solo en los meses de marzo, mayo y julio (mes en el que también se observaron gónadas desovadas). Los huevos midieron entre 7 y 8 mm de diámetro, variando su número de 6 a 19 en cada gónada.

### **5.5.1 Análisis espacial**

El análisis del índice gonadosomático mostró diferencias significativas entre los dos tipos de hábitat, tanto en hembras ( $H=5.028$ , g.l.=1,  $P=0.025$ ), como en machos ( $H=3.240$ , g.l.=1,  $P=0.072$ ), siendo en ambos casos, mayores los promedios en el hábitat con vegetación sumergida (hembras  $\bar{x}=0.519$ , machos  $\bar{x}=0.041$ ), que en el hábitat sin este tipo de vegetación (hembras  $\bar{x}=0.509$ , machos  $\bar{x}=0.015$ ).

### **5.5.2 Análisis temporal**

La variación mensual del IGS de machos y hembras (Figura 19) mostró un solo pulso máximo en el mes de marzo (aunque a diferente escala), siendo también similar este patrón para hembras y machos en ambos tipos de hábitat. Así, considerando en conjunto ambos tipos de hábitat, se encontraron diferencias significativas entre meses, tanto en hembras ( $H=24.790$ , g.l.=5,  $P<0.001$ ), como en machos ( $H=10.739$ , g.l.=5,  $P=0.057$ ).



**Figura 19.** Índice gonadosomático promedio mensual para hembras (♀) y machos (♂) en ambos tipos de hábitat.

Similarmente, en el ambiente con vegetación, las hembras mostraron diferencias significativas entre los meses ( $H=12.327$ , g.l.= 3,  $P=0.006$ ), al igual que los machos, aunque con un menor nivel de significación ( $H=7.714$ , g.l. =3  $P=0.052$ ). En el ambiente sin vegetación, las hembras también mostraron diferencias significativas ( $H=12.096$ , g.l.=4,  $P=0.017$ ), pero en los machos no se observaron diferencias ( $H=4.531$ , g.l. 4  $P=0.339$ ). El máximo IGS fue de 8.46% para una hembra del hábitat con vegetación en el mes de marzo a las 18:00 horas y de 7.36% para una hembra del hábitat sin vegetación en el mes de mayo a las 24:00 horas.

## 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 6.1 VARIABLES AMBIENTALES

#### 6.1.1 Análisis espacial

En general considerando el ciclo anual completo y ambas localidades, la temperatura osciló de 15.5 a 34.0 °C y la salinidad de 0.5 a 27.0 (Tabla 1), sin embargo, no se presentaron diferencias significativas para éstas variables ambientales entre los dos tipos de hábitat. A nivel global, sólo el oxígeno mostró diferencias significativas entre los hábitat, debido a la presencia de vegetación sumergida, la cual incrementa la concentración de oxígeno, mostrando además diferencias entre hábitat en la mayoría de los meses. Características similares se han encontrado al sur del Golfo de México, donde Lara-Domínguez *et al*, (1981) ha observado que *Cathorops melanopus* tiene una gran capacidad euritermohalina, tolerando rangos de salinidad de 0 a 26 ups y temperatura de 19 a 35°C, en particular su abundancia se asocia a un gradiente altamente correlacionado con la salinidad, la temperatura y la turbidez.

#### 6.1.2 Análisis nictímero

En el hábitat con vegetación sumergida solamente el oxígeno mostró diferencias significativas en los promedios por hora, siendo mayor la concentración durante las horas del día. Aunque los parámetros de temperatura, salinidad y el nivel del agua oscilaron durante el ciclo nictímero, no hubo diferencias significativas entre las horas. En comparación, para el hábitat sin vegetación, no hubo diferencias significativas en ninguna de las cuatro variables ambientales, no obstante, en

algunos meses se observaron las mayores concentraciones de oxígeno durante la noche. Por lo anterior, se puede considerar que a nivel nictímero, el comportamiento ambiental del sistema es homogéneo a lo largo del día.

### **6.1.3 Análisis estacional**

A diferencia del comportamiento nictímero, se observaron fuertes oscilaciones en el comportamiento estacional de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en los dos tipos de hábitat, mostrando las cuatro variables ambientales diferencias significativas entre meses ( $P_s < 0.0001$ ), tanto en la hábitat con vegetación sumergida, como en el hábitat sin este tipo de vegetación. Estas diferencias básicamente se deben al régimen de precipitación y a las características meteorológicas de la región y no a la presencia o ausencia de vegetación sumergida. La variación del oxígeno disuelto también se debe a la presencia del pasto *Ruppia maritima* que forma la vegetación sumergida y a la productividad de la laguna, la cual es mayor en época de lluvias. Así, las máximas temperaturas se observaron en mayo, julio y septiembre, mientras que la mayor salinidad se observó en mayo debido a la época de secas. El comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto fue relativamente similar entre los dos tipos de hábitat, existiendo una tendencia a presentar valores altos durante noviembre-enero y julio-septiembre, y menor en marzo-mayo. Similarmente Lara-Dominguez (1981), encontró en la laguna de Términos que durante la época de secas la salinidad es elevada y que la productividad es mayor en áreas de influencia fluvial, además que la sobresaturación de oxígeno en la época de lluvias también indica una producción neta.

## 6.2 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA

### 6.2.1 Análisis espacial

Si bien *C. melanopus* se ha reportado como una especie dominante en la laguna de Pueblo Viejo (Castillo-Rivera *et al.*, 2003; 2005), en el hábitat con vegetación sumergida no forma parte de las especies más importantes (Ortiz-Burgos, 2005), a diferencia del hábitat sin vegetación donde es clasificada como una especie dominante (Zarate-Hernández, 2003). Así, en el presente estudio se encontraron a nivel global (Tabla 3) y en la mayoría de análisis por mes (Tabla 4) valores significativamente menores de individuos ( $P_s < 0.01$ ) en el hábitat con vegetación, tanto en número ( $\bar{x} = 3.5$ , 21.2%) como en peso ( $\bar{x} = 93.3$ , 40.1%) mientras que en el hábitat sin vegetación se tuvo una proporción mucho mayor (número  $\bar{x} = 13.0$ , 78.8%, peso  $\bar{x} = 139.3$ , 59.9%).

Con relación a las variables ambientales, se encontró que se capturaron individuos en todo el intervalo de variación de la temperatura (Tabla 2), es decir que la temperatura de la laguna no limitó como una condición extrema o sub-lethal (Begon *et al.*, 1996) la presencia de *C. melanopus*, aunque a mayores temperaturas se encontró un mayor número de individuos, existiendo correlaciones significativas entre ambas variables en los dos tipos de hábitat ( $P_s < 0.1$ ; Tablas 5 y 6). Con respecto a la salinidad, la máxima concentración a la que se capturaron fue de 24, cuando en la laguna se registró hasta de 27 y el mayor número de individuos se encontró a bajas salinidades, presentándose correlaciones inversas significativas ( $P_s < 0.03$ ) de la salinidad con el peso y el número, en ambas localidades (Tablas 5 y 6). Aunque *C.*

*melanopus* se distribuye en todos los ambientes de la laguna de Términos por lo que es una especie con gran capacidad euritermohalina (Lara-Domínguez *et al.*, 1981), sin embargo, la variación estacional en la temperatura y la concentración en salinidad son factores importantes ya que en otras lagunas costeras del Pacífico Mexicano se ha encontrado que en época de secas, la salinidad y temperatura aumentan considerablemente dejando al bagre *Galeichthys caerulencens* (homólogo a *C. melanopus*) en estado de agonía (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976). Para el oxígeno se observó que la máxima concentración a la que se capturaron fue de 7.9 mg/L cuando la máxima concentración en la laguna fue de 9 mg/L, por lo que evidentemente el oxígeno tampoco es un factor limitante para la especie en la laguna de Pueblo Viejo.

### **6.2.2 Análisis nictímero**

Aunque prácticamente se observaron individuos durante todas las horas del día, en ambas localidades el mayor número de individuos se encontró durante la noche (20:00 a 04:00 hrs., Figuras 5 y 6). Sin embargo, estas diferencias entre el día y la noche no fueron significativas en todos los meses, tanto los promedios en número como peso generalmente fueron mayores durante la noche, excepto en el ciclo de marzo en el hábitat sin vegetación (Tablas 7 y 8). En este sentido, el comportamiento de *C. melanopus* en la laguna de Pueblo Viejo, es preferentemente nocturno, independientemente de la presencia de vegetación sumergida. La abundancia de la especie solo se había analizado durante el día en otras lagunas costeras (Lara-Domínguez *et al.*, 1980; Salgado-Ugarte, 1985) dejando al margen los muestreos nocturnos a pesar de que estos son los de mayor abundancia.

En general, para cada ciclo nictímero rara vez se correlacionó significativamente la abundancia en número y peso, con las variables ambientales analizadas, aunque correlaciones significativas fueron mas comunes en el hábitat sin vegetación sumergida, probablemente por que la ausencia de densos lechos de *R. maritima*, deja a los individuos a una mayor exposición de la variabilidad de los factores físico-químicos (Tablas 9 y 10). Es importante señalar, que el nivel del agua (efecto de marea), sólo en septiembre tuvo una asociación significativa con la abundancia, por lo que se puede considerar que esta variable tiene poca incidencia en el comportamiento de la especie. Por lo anterior, la variabilidad nictímera de la distribución y abundancia de *C. melanopus* en la laguna de Pueblo Viejo, parece estar principalmente gobernada por el ciclo luz-oscuridad.

### **6.2.3 Análisis estacional**

Con respecto a la variabilidad mensual (Figura 7), para ambas localidades se encontró una estacionalidad marcada significativamente por un mayor número y peso ( $P_s < 0.004$ ) en los meses de la época de lluvias, mientras que en los meses de la época de secas se tuvo una menor abundancia. La época de lluvias influye en la abundancia por la alta productividad del estuario al proporcionar una gran cantidad de alimento y una mayor protección a los organismos debido a la mayor turbidez ocasionada por las lluvias. A pesar de que en el hábitat con vegetación sumergida, las variables ambientales y la abundancia mostraron diferencias significativas entre meses, los promedios mensuales del número y peso rara vez se correlacionaron con las variables ambientales (Tabla 11). Por el contrario, en el hábitat sin vegetación sumergida (Tabla 12), existió un mayor número de correlaciones significativas entre



la abundancia y las variables ambientales, probablemente como sucedió a nivel nictímero, aunque la ausencia de vegetación deja más expuestos a los organismos, a la variabilidad estacional de los factores físico-químicos. Similarmente, en otras lagunas costeras del Golfo de México, se ha observado una mayor abundancia en época de lluvias (Amezcu-Linares y Yáñez-Arancibia, 1978; Álvarez-Guillén, *et al*, 1985). Sin embargo, también se ha observado lo contrario al tener un mayor número de individuos en época de secas (Vargas-Maldonado *et al.*, 1981).

## **6.3 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LOS ORGANISMOS**

### **6.3.1 Análisis general**

En este estudio se registró un intervalo un intervalo amplio de tallas entre 31 y 216 mm de LP. En el análisis de densidad por Kernel (EDK) se observó una distribución de frecuencia de tallas multimodal. Se reporta en otras Lagunas del Golfo de México que este intervalo de tallas es mayor de 40 a 275 mm de LP (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Yañez-Arancibia *et al.*, 1985). De manera similar en Tampamachoco las tallas de *Cathorops melanopus* se encontraron entre 45 y 275 mm de LP (Salgado-Ugarte, 1975). Posteriormente, Salgado-Ugarte *et al.* (2005) también encontró para *C. melanoopus* cuatro modas.

### **6.3.2 Análisis espacial**

En ambos tipos de hábitat se observó una estructura multimodal en las tallas, siendo las tallas menores las de mayor abundancia y las tallas mayores las de menor número de individuos. De manera similar, en la laguna de Términos se ha observado en *C. melanopus* que las tallas promedio más numerosas corresponden a los juveniles (Álvarez-Guillén, *et al.* 1985).

### **6.3.3 Análisis estacional**

Aunque durante todos los meses y en los dos tipos de hábitat se observó una estructura multimodal (tendiendo como mínimo a dos modas y como máximo seis). En el mes de julio (época de lluvias) se observó el mayor número de modas es decir, la máxima variación de todas las tallas con la presencia de juveniles como indicadores de un desove reciente. En Tampamachoco (Salgado-Ugarte, 1985) se encontró también una distribución multimodal en la frecuencia de longitudes de *C.*

*melanopus* en algunos meses En análisis posteriores Salgado-Ugarte *et al.* (1998) observaron en esta misma laguna que durante la época de secas (noviembre y enero) se registraron 4 modas en el análisis general y al separarlas por sexos se encontraron 3 modas para las hembras y 2 modas para los machos.

#### **6.3.4 Análisis nictímero**

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas entre los promedios por hora a lo largo del día durante algunos meses, indica que el comportamiento de las tallas no varía entre las horas, ya que se capturaron juveniles acompañados de adultos. En los casos donde si hubo diferencias significativas como en el mes de julio, se atribuye a que en promedio se encontró un alto número de juveniles con uno o dos adultos en cada hora, diferenciándose de otras horas donde se encontraron pocos juveniles con pocos adultos. Es decir en una muestra de las 22:00 horas se encontraron bagres de 32 mm y de 180 mm de LP. Esto no es extraño ya que se ha reportado que la especie presenta cuidados parentales (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995; Salgado-Ugarte, 1985; Lagler, 1984; Lara-Domínguez, 1981) logrando encontrar a juveniles y adultos juntos.

## 6.4 DIETA GENERAL

La dieta de *Cathorops melanopus* en laguna de Pueblo Viejo, presentó un carácter omnívoro representado principalmente por 12 grupos tróficos, los cuales de acuerdo con los comportamientos asintóticos de la Figura 17, representan fielmente la dieta global de la especie para ambos tipos de hábitat. Estos grupos tróficos incluyeron macroalgas, pastos, poliquetos, copépodos, peracáridos, restos de decápodos y peces, y detritus, mostrando preferencia por detritus, poliquetos, copépodos, tanaidáceos, pastos y restos de peces (Tabla 14). Similarmente, Castillo-Rivera (2001) reporta también una alimentación a base de crustáceos y detritus principalmente y en la laguna de Tampamachoco, Vega-Cendejas (1994) observó en la dieta un mayor porcentaje de poliquetos y una menor cantidad de detritus. Además, se ha observado que por su anatomía *C. melanopus* es de hábito omnívoro de tipo bentófago (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995) mientras que López-López *et al* (1991) ubican a la especie como un consumidor de tipo bentófago carnívoro. Asimismo, por la dieta mostrada en la laguna de Términos, se le ha considerado como un consumidor de Segundo Orden (Lara-Domínguez, 1981), los cuales se alimentan de detritus y plantas (Gerking, 1994).

### 6.4.1 Variabilidad alimenticia por sexo

Las diferencias significativas ( $P < 0.1$ ) encontradas entre hembras y machos son debidas a que consumen los mismos grupos tróficos pero en diferentes proporciones. Así las hembras consumen mayor cantidad de detritus y *Ruppia marítima* mientras que los machos tienen preferencia por los copépodos y decápodos (Tabla 15). Este comportamiento puede deberse a que los machos tienen mayor agilidad para buscar

y atrapar a las presas, a diferencia de las hembras que teniendo un mayor peso (principalmente en época de reproducción), pueden ser menos hábiles para capturar a sus presas vivas. Castillo-Rivera (2001) también observó diferencias significativas entre las dietas, encontrando para los machos un mayor consumo de detritus y organismos grandes como los peces, y para las hembras un mayor consumo de copépodos, llegando a la conclusión de que la biología reproductiva de la especie llega a modificar la dieta de los machos.

#### **6.4.2 Variabilidad ontogénica**

En el presente estudio se observó que la variación en la dieta fue mayor entre los individuos mas pequeños y los individuos de los otros grupos de talla (juveniles y adultos), existiendo diferencias significativas entre estas dietas (Tabla 17). Estas divergencias están relacionadas directamente con el tamaño de la presa y el depredador, aunque en todas las tallas se observó un alto consumo de detritus. Así, mientras los bagres mas jóvenes (40 a 80 mm de LP) se alimentaron de copépodos cuyo tamaño es de alrededor de 1 mm, los adultos de tallas mayores (de 160 a 200 mm de LP) consumieron tanaidaceos, anfípodos y decápodos cuya longitud fue de 7 a 10 mm. Los cambios ontogénicos en la dieta fueron de manera gradual y diferente de acuerdo a la talla, al principio notorios y después conforme crecen los bagres las diferencias en su alimentación fueron menos evidentes (Tabla 16). Así en la talla 2 y 3 no se observaron diferencias significativas al consumir mas detritus y poliquetos, de la misma forma sucedió con las tallas 3 y 4, a diferencia de los juveniles de talla 1 y 2 donde si hubo diferencias significativas en la alimentación. Las diferencias en la alimentación más notorias fueron entre las tallas más distantes como son la 1 y 4, la

1 y 3, así como la 2 y 4 (Tabla 17), y estuvieron principalmente determinadas (Tabla 18) por el consumo diferencial de copépodos (preferidos por los de Talla I) y poliquetos (preferidos por los de Talla 1 y 2). Similarmente, Castillo-Rivera (2001) reportó una variación ontogénica determinada por cambios progresivos, donde también existió una disminución en el consumo de copépodos y un aumento en el de decápodos, peces y detritus a medida que los individuos crecieron.

Considerando el comportamiento ontogénico del índice de repleción, la intensidad de la alimentación fue significativamente mayor en los individuos pequeños que en los grandes, lo cual se relaciona con el rápido metabolismo de los peces pequeños (en crecimiento) y en consecuencia la necesidad de una mayor demanda de recursos alimenticios.

#### **6.4.3 Variabilidad nictímera**

Las dietas entre el día y la noche (Tabla 19) fueron significativamente similares. La razón por la cual no se observaron diferencias significativas en la alimentación entre el día y la noche, pudo deberse a una digestión lenta y porque como sucede en otros peces (Gertking, 1994), los oportunistas de hábitos omnívoros consumen de acuerdo a la disponibilidad de alimento, el cual a lo largo de un día tiende a no variar en la laguna de Pueblo Viejo. Esto se ha observado al norte del Golfo de México, donde los hábitos alimenticios del bagre *Arius (=Ariopsis) felis* se ven afectados por la edad y el área pero no por la hora del día (Sheridan *et al.*, 1984).

Con respecto a la intensidad de la alimentación, aunque no existieron diferencias entre el día y la noche, el índice de repleción tendió a ser mayor durante la noche, por lo que esto junto a los patrones nictímeros de abundancia, podrían definir a la

especie como un consumidor nocturno. Asimismo, es importante señalar, que el presente es el primer reporte de la variabilidad nictímera en la conducta trófica de *C. melanopus*.

#### **6.4.4 Variabilidad espacial**

Como se ha discutido anteriormente, el consumo es (entre otras causas) de acuerdo a la disponibilidad de alimento. En este sentido, se observó que hubo una variación significativa ( $P < 0.05$ ) en la dieta de los bagres de acuerdo con el tipo de hábitat, encontrando que en el hábitat con vegetación sumergida, el consumo de plantas como *Ruppia maritima*, Clorofitas y Rodófitas tuvo mayor importancia. De manera distinta en el hábitat sin vegetación el consumo de detritus e invertebrados como poliquetos, copépodos y tanaidaceos, tuvo una mayor importancia (Tabla 20).

No obstante a estas diferencias, la intensidad de la alimentación no mostró diferencias significativas entre ambos tipos de hábitat, así la presencia o ausencia de vegetación sumergida no cambia la cantidad en el consumo de alimento aunque si cambia el tipo de alimento.

## 6.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

En el presente estudio, se encontró que el número de hembras fue mayor al de machos. Así, la proporción de sexos de *Cathorops melanopus* en la laguna de Pueblo Viejo (Figura 18), fue significativamente diferente de 1:1, pero sí se deja de considerar el pulso de machos durante el mes de marzo, la proporción sexual de la especie es significativamente igual a 2:1. Según Nikolsky, (1963) la proporción de sexos en la mayoría de los peces tiende a una relación de 1:1. Sin embargo, para *C. melanopus* ha sido diferente, en la laguna de Términos se ha encontrado que la proporción de hembras fue mayor a la de machos (Lara-Domínguez *et al.* 1981), contrario a lo observado por Salgado-Ugarte (1985), quien reporta un mayor número de machos e indeterminados.

Las gónadas de hembras inmaduras cuya LP mínima fue de 34 mm, se lograron distinguir a través del microscopio estereoscopio con luz de fondo, observando cuidadosamente sus pequeños ovocitos transparentes con un diámetro menor a 0.1 mm. Por lo anterior, si bien se debe contar el número total de huevos, en casos, como el presente, en los que se presentan diferentes tamaños, se tienen que contar por separado (Nikolsky, 1963), por lo que solo se contaron los huevos de tamaño mayor (entre 7 y 8 mm, próximos al desove), los cuales fueron pocos (de 6 a 19 por gónada) apreciándose a simple vista, considerándose una especie de baja fecundidad. En este sentido, se sabe que los peces que presentan cuidados parentales, la fecundidad es baja (Lagler *et al.*, 1984). A pesar de la fecundidad baja, la adecuación de la especie se compensa con los cuidados parentales y el gran tamaño de los huevos, permitiendo una ventaja para la larva, ya que esta será



grande, tendrá un menor número de depredadores y obtendrá sus presas con mayor facilidad (Wooton, 1990).

Debido al tamaño grande de los ovocitos, existieron diferencias significativas en el IGS de machos y hembras. Asimismo, los IGS tanto de machos como de hembras fueron significativamente mayores en el hábitat con vegetación sumergida, lo cual se puede deber a que este tipo de hábitat sea preferido por los bagres para el desove, dando la vegetación una mayor protección de los huevos. Aunque en el presente estudio no se observaron huevos portados por los machos, se puede conocer la época de reproducción por el uso del IGS (De Vlaming *et al.* 1982) y la época de desove por la presencia de juveniles en julio y septiembre (época de lluvias, con temperaturas altas y bajas salinidades). En el presente estudio se encontraron los máximos IGS en los meses de marzo y mayo (época de secas) en los dos tipos de hábitat (Figura 19), así se puede establecer el comienzo de la época de reproducción durante este período.

Aunque el IGS no se había utilizado en *C. melanopus*, Salgado-Ugarte (1985) reporta para esta especie en la laguna de Tampamachoco, que la época de reproducción abarca aproximadamente cuatro meses, basándose en el desarrollo de los ovarios (de febrero a mayo) y en la incubación de los juveniles en la cavidad orofaríngea (de mayo a agosto). Por otro lado, en la laguna de Términos se observó que la época de reproducción es de marzo a septiembre registrándose machos con huevos y larvas, el desove se presentó a salinidades bajas (menos de 12 ppm) y temperaturas altas de  $\pm 35^{\circ}\text{C}$  (Lara-Domínguez *et al.*, 1981). De igual forma, otras especies de bagre

desovan cuando la salinidad es baja (13 ppm) y las temperaturas son alrededor de los 35°C (Yáñez-Arancibia *et al.* 1976).

## 7. REFERENCIAS

- Álvarez-Guillén, H., A. Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez A.L. 1985. Ecología de la boca del Carmen, Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *An. Inst. Cien. I Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 12: 107-144.
- Amezcu Linares, F. y A. Yáñez-Arancibia 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y la estructura de las comunidades de peces. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 7(1):70-118.
- Ayala-Pérez, L. A., J. Ramos-Miranda, y Flores-Hernández D. 2003. Estructura de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*. 51(3-4): 783-794.
- Azevedo, M. C. C., F. G. Araújo, Cruz-Filho, A. G., Gomes, I. D. y Pessanha A.L.M. 1999. Spatial and temporal variation of marines catfishes on Sepetiba Bay, RJ. *Revista Brasileira de Biología*. 59(3):443-454.
- Begon, M., J. L. Harper, y Townsend C. R. 1989. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 2<sup>rd</sup>. Ed. Blackwell. Oxford.
- Begon, M., J. L. Harper y Townsend C. R. 1996. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 3<sup>rd</sup>. Ed. Blackwell Sci. Oxford.
- Campos, A. y E. Suárez. 1994. *Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y sistemática*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. CONACYT. México.
- Castillo-Rivera, M. 1995. Aspectos ecológicos de la ictiofauna de la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castillo-Rivera, M. 2001. Biología trófica de especies de peces dominantes en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, México. 192 p.

- Castillo-Rivera, M. y R. Zarate-Hernández. 2001. Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*. 11(1):75-84.
- Castillo-Rivera, M., A. Kobelkowsky y Chávez A.M. 2000. Feeding biology of the flatfish *Citharichthys spilopterus* (Bothidae) in a tropical estuary of Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. **16**(2):73-78.
- Castillo-Rivera, M., J.A. Zavala-Hurtado y Zarate-Hernández R. 2002. Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in a tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 12:167-177.
- Castillo-Rivera, M., R. Zarate, y Sanvicente-Añove L. 2003. Patrones de diversidad de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Hidrobiológica*. 13(4):289-298.
- Castillo-Rivera, M., R. Zárate y Ortiz S. 2005. Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica*, 15(2 Especial): 227-258.
- Chatterjee, S., A. S. Hadi, y Price B. 2000. *Regression Analysis by Example*. 3<sup>rd</sup> Ed, John Wiley. E.U.A.
- Contreras, F. 1985. Comparación hidrológica de tres lagunas costeras del estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia*. 2(3):47-56.
- De Vlaming, V., G. Grossman y Chapman F. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73A: 31-39.
- Devlin, R. H. y Y. Nagahama. 2002. Sex determination and sex differentiation in an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*. 208:191–364.
- Felder, D.L. 1973. An annotated key to crabs and lobsters (Decapoda:Reptantia), from coastal waters of the Northwestern Gulf of Mexico. Louisiana State University, Sea Grant Publ. LSU-SG-73-02. Louisiana.
- Fischer, W. (Ed).1978. FAO Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishery Area 31). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen*. 4<sup>a</sup>. Ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Gerking, S. D. 1994. *Feeding Ecology of fish*. Ed. Academic Press, Inc. E.U.A.
- Gosner, K.L. 1971. *Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates*. Cape Hatteras to the Bay of Fundy. John Wiley. E.U.A.
- Gosner, K.L. 1978. *A Field Guide to the Atlantic Seashore*. Houghton Mifflin Co. Boston.
- Helfman, G.S. 1993. Fish behaviour by day, night and twilight. *In*: T.J. Pitcher (Ed.). *Behaviour of Teleost Fishes*, 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman and Hall. London, pp. 479-512.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17:411-429.
- Jons, G. D., y L. E. Miranda. 1997. Ovarian weight as an index of fecundity, maturity, and spawning periodicity. *J. Fish Biol.* 50:150–156.
- Kjerfve, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. *In*: D. Wolfe (Ed.), *Estuarine Variability*. Academic Press. Nueva York, pp. 63-82.
- Kobelkowsky, D. A. y M. Castillo-Rivera. 1995. Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. *Hidrobiológica*. 5(1-2):95-103.
- Lara-Domínguez, A.L., A. Yáñez-Arancibia y Amezcua-Linares F. 1981. Biología y ecología del bagre *Arius melanopus* Günther en la laguna de términos, sur del golfo de México (pisces: ariidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. México. 8(1):267-304.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, Miller, R. R. y May-Passino D. R. 1984. *Ictiología*. 1<sup>a</sup> Ed. AGT Editor S.A. México.
- López-López, E., M. Salgado-Mejía y Guzmán del Proo. S. A. 1991. Un análisis estacional de la ictiofauna de la laguna de Tampamachoco, Ver., y sus hábitos alimentarios. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol.*, IPN, México 34: 81-107.
- Meglitsch, P.A. 1972. *Invertebrate Zoology*. Oxford University Press. Gran Bretaña.
- Mendoza-Carranza, M. 2003. The feeding habits of gafftopsail catfish *Bagre marinus* (Ariidae) in Paraiso Coast, Tabasco, México. *Hidrobiológica*. 13(2):119-126.
- Moyle, P. B., y Jr. J.J. Cech. 1996. *Fishes. An Introduction to Ichthyology*. 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice Hall. Nueva Jersey.

- Neter, J., M.H. Kutner, Nachtsheim C. J. y Wasserman W. 1996. *Applied Linear Regression Models*. 3<sup>rd</sup> Ed. Blackup. E.U.A.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. Academia Press, New York, 352 pp.
- Ortiz-Burgos, G.S. 2005. Estructura de la comunidad de peces en un ambiente con vegetación sumergida de una laguna costera tropical. Tesis de Maestría en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana. México. 104 p.
- Reguero, M. y A. García-Cubas. 1994. Moluscos de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. **20**(1):77-104.
- Rudershausen, P.J. y J.V. Locascio. 2001. Dietary Habits of the Gafftopsail Catfish, *Bagre marinus*, in Tarpon Bay and Pine Island Sound, Florida. *Gulf of Mexico Science*. 19(2):90-96.
- Salgado-Ugarte, I. H. 1985. Algunos aspectos biológicos del bagre *Arius melanopus* Gunther (Osteichthyes: Ariidae) en el sistema lagunar de Tampamachoco, Ver. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 108 p.
- Salgado-Ugarte, I. H. 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado. Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio. Tokio, Japón, 389 p.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, y Taniuchi T. 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, 16:8-19.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, y Taniuchi T. 1995a. ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 26:23-31.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, y Taniuchi T. 1995b. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, 27:5-19.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, y Taniuchi T. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 38:27-35.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y Peña-Mendoza B. 2005. *Métodos Actualizados para Análisis de Datos Biológico-Pesqueros*. 1<sup>a</sup>. Ed. FES-ZARAGOZA. UNAM. México. 240 pp.

- Salgado-Ugarte, I. H., J. Martínez-Ramírez, Mayorga Zaucedo J., Gomez-Márquez, J.L y Peña-Mendoza B. 1998. Edad y crecimiento del bagre *Cathorops melanopus* a través de histogramas suavizados en conjunto con la evaluación no paramétrica de la multimodalidad de tallas. Laboratorio de Limnología, FES ZARAGOZA UNAM. VI Congreso Nacional de Ictiología.
- Sheridan P. F., D. L. Trimm y Baker B.M. 1984. Reproduction and food habits of seven species of northern Gulf of Mexico fishes. *Contributions in Marine Science*. 27:125-204.
- Silverman, B. W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman & Hall.
- Vargas-Maldonado, I. A. Yáñez-Arancibia y Amescua-Linares F. 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, Sur del Golfo de México. México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 8(1):241-266.
- Vega-Cendejas, M. E. 1990. Interacción trófica entre los Bagres *Arius melanopus* (Agassiz, 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1976), en las costas de Celestún, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 17:271-285.
- Vega-Cendejas, M. E., M. Hernández y Arreguin-Sánchez F. 1994. Trophic interrelations in a beach seine fishery from the northwestern coast of the Yucatan peninsula, México. *Journal of Fish Biology*. 44:647-659.
- Wood, C.E. 1974. Key to the natantia (Crustacea, Decapoda) of the coastal waters on the Texas coast. *Contributions in Marine Science*. 18:35-56.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Londres.
- Wootton, R. J. 1992. *Fish Ecology*. Ed. Blakie. Chapman & Hall. Nueva York.
- Yáñez-Arancibia, A., J. Curiel-Gómez y Leyton V. 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 3 (1):125-180.


- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, A. Aguirre-León, A. Díaz-Ruíz, S. Amezcua-Linares, D. Flores-Hernández y P. Chavance. 1985. Ecología de poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: Factores que regulan las estrategias biológicas y la producción. 311-366 pp. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.), *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons. Towards and an Ecosystem Integration*. DR (R) UNAM. México.
- Yáñez-Arancibia A. y R. S. Nugent. 1977. El papel ecológico de los peces en Estuarios y Lagunas Costeras. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 4 (1):107-114.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. L. Lara-Dominguez. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*. Oldendorf. 49(3):215-230.
- Zar, J. 1996. *Bioestatistical Analysis*. 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice Hall. E.U.A.
- Zárate-Hernández M. R. 2003. Variación nictémera y estacional de la diversidad y composición de especies de peces, en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Tesis de Maestría en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, México. 86 p.

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

El día 8 de enero del 2007

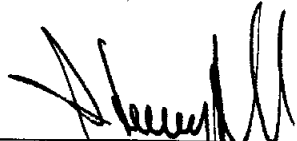
Comité Tutorial

Director de tesis: Dr. Manuel Castillo Rivera



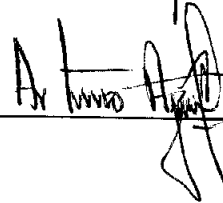
---

Asesor: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte



---

Asesor: M. en C. Arturo Aguirre León




---

Sinodal: Dra. Ana Laura Lara Domínguez



---

Sinodal: M. en C. Rocío Zarate Hernández



---