

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
Y ARTES DE CHIAPAS**

CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

**MONOGRAFÍA**

**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE  
*Mugil curema* (Valenciennes, 1836) Y *Mugil  
cephalus* (Linnaeus, 1758)  
EN EL MAR MUERTO, MÉXICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTA

**ARIANA GUADALUPE RUIZ VILLANUEVA**

Tonalá, Chiapas

Enero del 2015



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
Y ARTES DE CHIAPAS**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS**

**MONOGRAFÍA**

**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE  
*Mugil curema* (Valenciennes, 1836) Y *Mugil  
cephalus* (Linnaeus, 1758)  
EN EL MAR MUERTO, MÉXICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

**PRESENTA**

**ARIANA GUADALUPE RUIZ VILLANUEVA**

Director

**M. en C. SELENE LUCERO AGUILAR GORDILLO**

Asesor (s)

**M. en C. MIGUEL ANGEL HERNANDEZ ESPINOSA**



Tonalá, Chiapas

Enero del 2015

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	III
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
III. PRESENTACIÓN SISTEMATIZADA DE LA INFORMACIÓN.....	4
3.1 SISTEMA LAGUNAR ESTUARINO MAR MUERTO.....	5
3.2 RASGOS BIOLÓGICOS.....	7
3.2.1 <i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836.....	7
3.2.2 <i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758.....	8
3.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	10
3.4 HABITAT Y DISTRIBUCIÓN.....	11
3.5 CICLO DE VIDA.....	12
3.6 ALIMENTACIÓN.....	14
3.7 CRECIMIENTO.....	15
3.8 IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	17
3.9 IMPORTANCIA ECOLÓGICA.....	19
3.10 REPRODUCCIÓN.....	19
3.10.1 PRIMERA TALLA DE MADUREZ SEXUAL.....	21
3.10.2 ESTADÍOS DE MADUREZ SEXUAL.....	23
3.10.3 PERIODO DE DESOVE.....	23
3.11 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DESARROLLO GONADAL.....	25
3.11.1 ESCALAS MACROSCOPICAS O EMPÍRICAS.....	25
3.11.2 ESCALAS MICROSCOPICAS (HISTOLÓGICA).....	28
3.11.3 ÍNDICE GONADOSOMÁTICO.....	29
3.11.4 FACTOR DE CONDICIÓN DE FULTON.....	31

3.11.5 INDICE HEPATOSOMÁTICO.....	33
IV. CONCLUSIONES.....	35
V. PROPUESTA Y RECOMENDACIONES.....	36
VI. REFERENCIA DOCUMENTALES.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Distribución de <i>Mugil cephalus</i> y <i>Mugil curema</i> (Tomado de SAGARPA, 2014).	5
<b>FIGURA 2</b>	Área de estudio Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas (Tomado de Ramos <i>et al.</i> , 2010).	6
<b>FIGURA 3</b>	Liseta, <i>Mugil curema</i> , Valenciennes, 1836.	8
<b>FIGURA 4</b>	Lisa, <i>Mugil cephalus</i> , Linnaeus, 1758.	9
<b>FIGURA 5</b>	Ciclo biológico de Mugílidos (Tomado y modificado de SAGARPA, 2014).	13
<b>FIGURA 6</b>	Observación y descripción de gónadas de <i>M. cephalus</i> para determinar el sexo, fase y estadio de maduración sexual.	26
<b>FIGURA 7</b>	Cortes histológicos de la gónada de <i>M. curema</i> , n= núcleo; nc= nucléolos (Tomado de Albieri <i>et al.</i> , 2010).	28
<b>FIGURA 8</b>	Variación del Índice Gonadosomático de <i>M. cephalus</i> en las costas de Oaxaca y Chiapas, indicando que esta especie se reproduce durante los meses de noviembre, diciembre y enero (Tomado de Ramos-Santiago <i>et al.</i> , 2010).	30
<b>FIGURA 9</b>	Variación mensual del índice Gonadosomático de <i>M. curema</i> en la Laguna de Cuyutlán, Colima (Tomado de Cabral-Solís, 1999).	31
<b>FIGURA 10</b>	Factor de condición mensual de lisa <i>M. cephalus</i> en las costas de Oaxaca y Chiapas. Se indica el periodo de mayor actividad reproductiva (Tomado de Ramos-Santiago <i>et al.</i> , 2010).	33
<b>FIGURA 11</b>	Variación mensual del índice hepatosomático de <i>M. curema</i> en la laguna de Cuyutlán, Colima (Tomado de Cabral-Solís, 1999).	34

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>SIGNIFICADOS</b>
‰	Partes por mil
Cm	Centímetros
CONAPESCA	Comisión nacional de acuacultura y pesca
FAO	Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura.
IGS	Índice gonadosomático
IHS	Índice hepatosomático
K	Factor de condición de Fulton
K	Tasa de crecimiento individual o parámetro de curvatura
L	Longitud
L <sub>∞</sub>	Longitud máxima asintótica
LT	Longitud total
NOM-016-PESC-1994	Norma Oficial Mexicana para regular la pesca de lisa y liseta en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California
PE	Peso eviscerado del organismo
PG	Peso de la gónada
PT	Peso del tracto digestivo
S	Salinidad
SAGARPA	Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación
W	Peso del organismo eviscerado

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por ser mi creador, el motor de mi vida, por no haber dejado que me rinda en ningún momento e iluminarme para salir adelante, porque todo lo que tengo, lo que puedo y lo que recibo es regalo que tú me has dado.

### **A MIS PADRES:**

Agradezco infinitamente el apoyo, la orientación que me han dado, por iluminar mi camino y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios y mi vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto han sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayudan a balancear mi vida y sobre todo gracias por el amor tan grande que me dan.

### **A MIS HERMANOS:**

Por su cariño, apoyo y comprensión.

### **A MI ABUELO:**

A ti mi querido †abuelo, gracias por a verme apoyado, cuidado y por a verme regalado esos momentos que compartimos que no los cambiaría por nada del mundo. Me quedo con tu sencillez, con tu humildad, con tu gran corazón y con mil te quiero que ahora elevare en oración a tu eterna memoria. La dicha es mía y doy gracias a dios por haberte conocido. Siempre estarás en mi corazón y en mi grato recuerdo.

### **A MIS AMIGAS:**

Consuelo sancho Martínez y Zitlalli Guadalupe Felipe Camposeco, no cambiaría todos los momentos que hemos compartido. Me hicieron pasar días de confianza y de complicidad, lograron que mis penas fueran más llevaderas y provocaron que tuviera el coraje para enfrentar mis miedos e inseguridades. Gracias por ser mis amigas y más que amigas hermanas de mi corazón.

### **A MI DIRECTORA:**

M. en C. Selene lucero Aguilar Gordillo que en todo momento me brindo asesorías, orientaciones, apoyo constante y por brindarme su valiosa amistad, infinitas gracias.

A si mismos agradezco a mi asesor el M. en C. miguel Angel Hernández Espinosa y al M. en C. Jesús Manuel López Vila quienes revisaron el manuscrito y lo enriquecieron con sus observaciones y correcciones.

## DEDICATORIAS

A dios por ser mi guía y mi protector

A mis padres Alfredo y Maribel Por sembrar en mí el espíritu de Superación.

A mi Ángel guardián †Hilbrando Por a verme enseñado que la felicidad no es una Estación de llegada Si no un modo de viajar.

A mis hermanos Gabriela e Israel, y toda mi familia por su aliento para seguir siempre adelante.

A mis hermanas de corazón Consuelo y Zitlally por enseñarme que la amistad duplica las alegrías y divide las angustias a la mitad.

# I. INTRODUCCIÓN

En México existen diversos cuerpos de agua que son considerados sitios importantes para la biodiversidad, así también, como una fuente de explotación de recursos con impacto en el ámbito económico. Esta explotación de recursos incluye a los peces, y a su vez a la familia Mugilidae, que se considera parte fundamental de la dieta de las comunidades que viven de la pesca ribereña en sistemas lagunares, bahías y esteros en la costa del Pacífico Mexicano (Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

La familia Mugilidae se distribuye en México sobre el Océano Atlántico y Pacífico con dos especies: *Mugil curema* y *M. cephalus* (Rodiles-Hernández, 2005), las cuales conforman la pesquería en los estados de Oaxaca y Chiapas (Vasconcelos *et al.*, 1996), conocidas como liseta y lisa, respectivamente.

Las lisas solían ser blancos de captura por sus gónadas, sin embargo en la actualidad la carne de estas especies forman parte esencial del alimento de las comunidades aledañas a los sistemas lagunares (Polanco *et al.*, 1987; Ibáñez-Aguirre *et al.*, 1999; McDonough *et al.*, 2003, 2005). Es por esto que durante el periodo reproductivo, donde las lisas se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García-Sandoval, 1982a), se intensifica la actividad pesquera, ya que tanto la carne como las gónadas (localmente conocida como “hueva”) alcanzan un elevado valor comercial en el mercado local y nacional (Ibáñez-Aguirre *et al.*, 1999; Gómez-Ortiz *et al.*, 2006).

Algunos estudios realizados en los Estados de Oaxaca y Chiapas, entre 1996 y 2000, sugieren que la captura comercial de estas especies se ha mantenido estable y ha variado muy poco (Álvarez-López *et al.*, 2002), sin embargo, los estudios realizados del 2001 al 2008, demuestran que existe un ligero incremento en las capturas, que podría correlacionarse con una mayor demanda del producto y buen precio en el mercado local (CONAPESCA, 2010).

Al ser especies de importancia comercial *M. cephalus* y *M. curema*, son organismos sobre los que se han realizado diversos estudios relacionados con sus hábitos alimenticios, ciclo de vida, edad, crecimiento, distribución, abundancia y aspectos reproductivos. Los estudios reproductivos incluyen a su vez, la talla de primera madurez sexual, proporción de sexos, época reproductiva, índice gonadosomático (IGS), hepatosomático (IHS) y factor de condición (K) (Ramos-Cruz, 1985, 1996; Romero y Castro-Aguirre, 1983).

Sin embargo los estudios reproductivos de *M. cephalus* y *M. curema*, aunque existen, necesitan ser actualizados, pues está bien documentado que las especies que sufren de explotación tienden a cambiar su época reproductiva, reducir la talla de primera madurez sexual, longitud total, peso, proporción de sexos, como mecanismos para sobrevivir a la presión que sufren por las actividades pesqueras (Álvarez-López *et al.*, 2002; McDonough *et al.*, 2003).

Por lo tanto existe la necesidad de incrementar los conocimientos que se tienen sobre estas especies de importancia ecológica y económica, con el fin de llevar a cabo una correcta administración de este recurso biológico-pesquero, con miras al equilibrio entre la explotación y a la preservación en el Mar muerto que comparten los estados de Chiapas y Oaxaca.

Debido a lo anterior este trabajo monográfico pretende describir la información científica hasta ahora realizada sobre los aspectos reproductivos de *M. curema* y *M. cephalus* en el Mar Muerto, México.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 objetivos generales

Describir aspectos reproductivos de *M. curema* y *M. cephalus* en el mar Muerto, México.

### 2.2 objetivos específicos

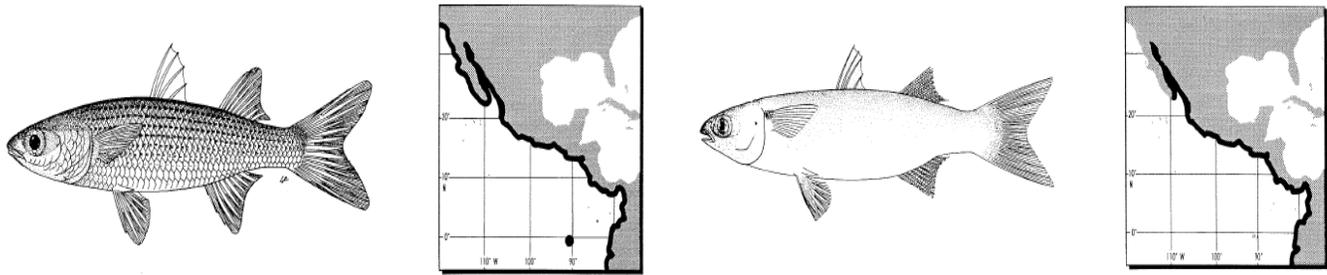
- 1.- Describir aspectos biológicos de estas especies
- 2.- Registrar los estadios de madurez sexual para ambas especies
- 3.- Describir la talla de primera madurez sexual de *M. curema* y *M. cephalus*
- 4.- Describir los métodos empleados en los estudios reproductivos de estas especies.

### III. PRESENTACIÓN SISTEMATIZADA DE LA INFORMACIÓN

La familia Mugilidae, que incluye especies dulceacuícolas y marinas, es considerada importante en la captura pesquera de diversos países, convirtiéndose en una fuente importante de alimento que conforma la dieta de los lugareños (Chávez-Herrera, 1993). En México las especies pertenecientes a esta familia, están representadas por el género *Mugil* con dos especies de importancia comercial: *Mugil curema* Linnaeus 1836, *Mugil cephalus* Valenciennes 1758, y *Mugil hospes* Jordan & Culver 1895, especies representadas en las costas del Pacífico y Atlántico Mexicano (Rodiles-Hernández, 2005).

*M. cephalus* es una especie de distribución circumtropical, pero también se presenta en muchas regiones templadas (el límite del área generalmente coincide con la isoterma superficial de 15°C) (Fig. 1). Es explotada en forma intensiva con redes de enmalle, atarrayas así como con redes de playa, ya que tiene gran importancia como recurso alimenticio donde se aprovecha la carne y las gónadas (Harrison, 1995).

*M. curema* es una especie que existe en ambas costas de América (y también en la costa Atlántica Africana); en el Pacífico Americano se extiende desde el Golfo de California hasta Chile (Fig. 1). Se captura con redes de enmalle, atarrayas y redes de playa. Al igual que *M. cephalus*, esta especie es de importancia comercial, ya que su carne y gónadas son aprovechadas como recurso alimenticio por los lugareños. Incluso se han realizado diversos estudios en Colombia sobre el cultivo de *M. curema*, con fines de producción acuícola a gran escala (Harrison, 1995).



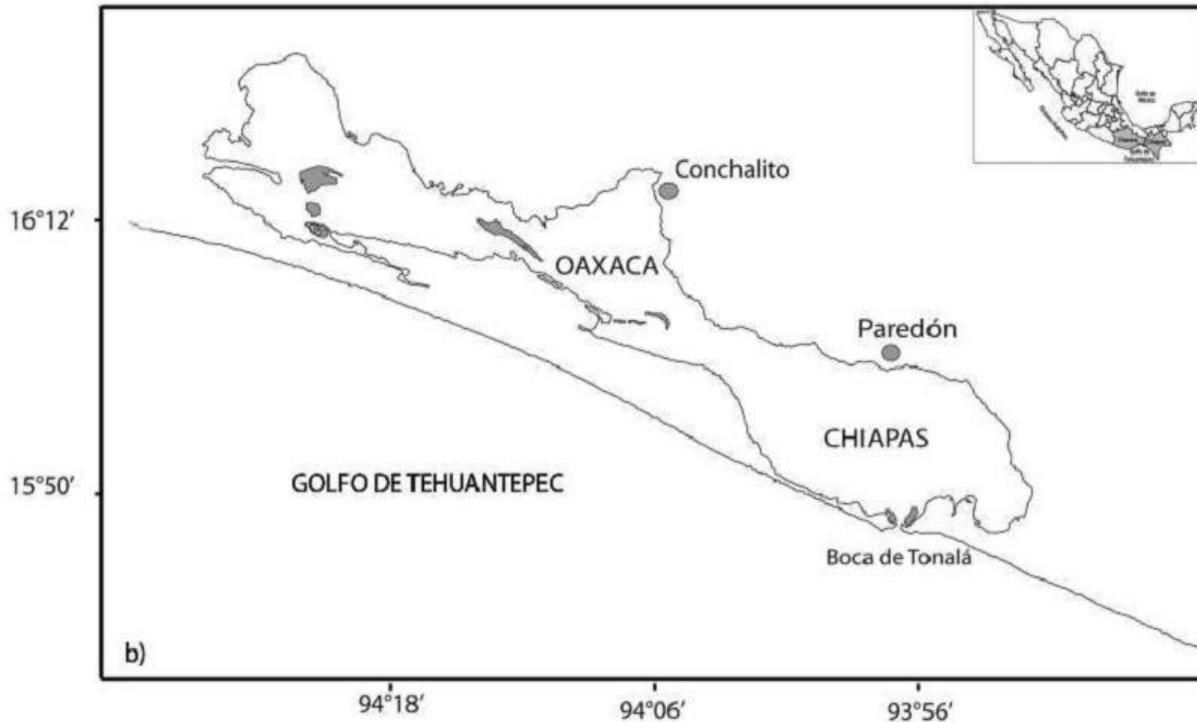
**FIGURA 1.** Distribución de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Tomado de FAO, 2000).

### 3.1 SISTEMA LAGUNAR ESTUARINO MAR MUERTO

El sistema lagunar Mar Muerto se localiza a los 15° 58' y 16° 17' de latitud Norte y los 93° 50' y 94° 25' de longitud Oeste; forma parte de Oaxaca y Chiapas (Fig. 2), con una extensión apropiada de 60 km de Este a Oeste y 12 km de Norte a Sur. La entrada de la laguna se limita por las puntas arenosas: Punta Chiapas y Punta Oaxaca (Cervantes, 1969).

La laguna realiza sus intercambios a través de la atmosfera y del fondo con muy poco contacto con las aguas marinas, ya que no hay circulación e intercambio constante (Álvarez del Villar y Díaz, 1973). El fondo es limo-arcilloso con materia orgánica a una profundidad de 1 m o más. La rodean manglares y vegetación de tipo cerrado (Bravo-Peña *et al.*, 2002).

El clima es de tipo Aw1, cálido subhúmedo (Temperatura media anual > 22°C), con una precipitación anual que oscila entre 1300 a 1700 mm<sup>3</sup>. La evaporación promedio en este sistema es de 1800 a 2900 mm<sup>3</sup>, ello derivado principalmente por la influencia de los vientos llamados “Nortes” con intensidades máximas de 20 m s<sup>-1</sup> (Steenburg *et al.*, 1998). La temperatura promedio anual es de 22 °C, teniendo sus mayor elevación en los meses de marzo, abril y mayo, principalmente (Ramírez *et al.*, 1990).



**FIGURA 2.** Área de estudio Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas (Tomado de Ramos *et al.*, 2010).

La temporada de lluvias inicia en el mes de julio y se extiende hasta el mes de octubre, presentándose la sequía intraestival entre los meses de julio y agosto. El resto del año es seco con algunas ligeras precipitaciones en enero y febrero (Tovilla-Hernández y Vázquez-Lule, 2009).

Estudios hidrológicos sugieren que el sistema lagunar es predominantemente hipersalino ( $S=51.79$  ‰ en estiaje) y sólo manifiesta características estuarinas durante la época de lluvias ( $S= 26.73$  ‰) cuando los ríos y arroyos incrementan su caudal (Zabalegui *et al.*, 1990).

Tapia *et al.* (1998), realizaron un estudio ictiofaunístico de la laguna de Mar Muerto, entre 1991 y 1993 con el objetivo de caracterizar la ictiofauna en cuanto a su composición y abundancia. Se colectaron un total de 27,971 peces representados por 29 familias, 45 géneros y 66 especies.

El mayor número de especies se presentó en la parte sureste de la laguna (cerca de la Boca de Tonalá), área con mayor influencia marina, abundante vegetación costera y mayor descarga fluvial. El menor número de especies se presenta en la parte más interna de la laguna, caracterizada por hipersalinidad en la época de secas y baja salinidad en la época de lluvias. Las especies que presentaron amplia distribución fueron *Diapterus brevirostris*, *Lile stolifera*, *Anchoa lucida*, *Anchoa mundeola*, *M. cephalus*, *M. curema*, *Atherinella guatemalensis* y *Anchovia macrolepidota* (Tapia *et al.*, 1998).

## **3.2 RASGOS BIOLÓGICOS**

### **3.2.1 *Mugil curema* Valenciennes, 1836**

La lisa *M. curema* es conocida localmente como liseta, se caracteriza por presentar un cuerpo fusiforme, de color azul verdoso en la parte dorsal, que se va difuminando gris claro plateado en el vientre y sin estrías oscuras a lo largo de las escamas, con boca chica bordeada por labios cartilagosos con una mandíbula protractil y sin lengua. Presenta una línea lateral muy delgada, aleta caudal homocerca, escama cicloidea, arco branquial con cuatro pares (60 branquiespinas alargadas aproximadamente) (Álvarez-Lajonchere, 1976; Tapia-García *et al.*, 1998; SAGARPA, 2014).

Presenta aletas pélvicas en posición abdominal, insertas por detrás de la porción media de las aletas pectorales. Con dos aletas dorsales con cuatro espinas fuertes y rígidas. Segunda aleta dorsal no adiposa. Aleta pectoral entera, sin radio, filamento sobresaliente. Aleta anal con dos o tres espinas y ocho a nueve radios; Segunda aleta dorsal y anal cubierta de escamas. La aleta anal tiene tres espinas y nueve radios (Chávez-Herrera, 1993; SAGARPA, 2014) (Fig. 3).



**FIGURA 3.** Liseta, *Mugil curema*, Valenciennes, 1836.

### **3.2.2 *Mugil cephalus* Linnaeus, 1958.**

La lisa *M. cephalus* es también conocida localmente como lisa: Tiene boca pequeña, triangular vista desde arriba, con cerradas líneas de pequeños dientes a lo largo de las mandíbulas. Presenta amplia cubierta adiposa en los ojos y ligera ranura sobre la pupila. Su cuerpo es elongado y la cabeza es ligeramente más amplia que alta. Presenta aletas pectorales cortas que no alcanzan la primera aleta dorsal. El origen de la segunda aleta dorsal es posterior al origen de la aleta anal. La línea lateral no es visible (Chávez-Herrera, 1993; SAGARPA, 2014).

La coloración del dorso de *M. cephalus* va de olivo grisáceo a café grisáceo con tintes verde oliva en la parte dorsal y blanco plateado en la parte ventral. Presenta a cada lado del cuerpo sobre la mitad superior líneas oscuras longitudinales. Los juveniles menores de (15 cm) no presentan estas líneas (Chávez-Herrera, 1993; SAGARPA, 2014) (Fig. 4).

*M. cephalus* no tiene escamas diminutas en las aletas anales y segunda dorsal, pero sí presenta las bandas longitudinales oscuras en el cuerpo y de uno o dos radios blandos menos en la aleta anal. Además *M. cephalus* tiene el cuerpo más alargado (altura cinco veces en la longitud patrón) y más cilíndrico (Álvarez-Lajonchere, 1976) que *M. curema*. Dos aletas dorsales; la primera con cuatro espinas; la segunda con 8-9 rayos suaves; el origen de la primera aleta dorsal está más cerca de la punta del hocico que de la base de la aleta caudal; origen de la segunda aleta dorsal en vertical entre un cuarto y la mitad a lo largo de la base de la aleta anal. Aleta anal con 8 rayos suaves. Aletas pectorales con 16-19 rayos; axilar pectoral mide un tercio de largo de la aleta, 2 sacos pilóricos y de 36 a 45 escamas en series laterales (Harrison, 2002; FAO, 2014).



**FIGURA 4.** Lisa, *Mugil cephalus*, Linnaeus, 1958.

### 3.3 CLASIFICACION TAXONÓMICA

Se presenta la clasificación de *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) y *M. Cephalus* (Linnaeus, 1758) para las categorías taxonómicas desde Phylum hasta familia según Berra (1981). Para las categorías de género y especie se empleó la clasificación Jordan y Everman (1896) (Ibáñez-Aguirre, 1995; Fischer *et al.*, 1995).

PHYLLUM: Chordata

SUBPHYLLUM: Vertebrata

CLASE: Actinopterygii

SUPERORDEN: Acanthopterygii

ORDEN: Mugiliformes

SUBORDEN: Mugiloidei

FAMILIA: Mugilidae

GENERO: *Mugil*

ESPECIE: *Mugil cephalus* Linnaeus 1758

NOMBRE COMUN: Lisa, lisa rayada, garrotillo y monito.

ESPECIE: *Mugil curema* Valenciennes, 1836

NOMBRE COMUN: Lebrancha, liseta, lisa blanca y mareña.

### 3.4 HABITAT Y DISTRIBUCIÓN

*M. cephalus* y *M. curema* habitan ambientes marinos, estuarinos y dulce acuícolas tanto subtropicales como tropicales. Con una distribución que va desde el Pacífico Oriental pasando por California, Estados Unidos hasta Chile, y en el Atlántico Occidental, desde Cabo Cod, Estados Unidos hasta Brasil, incluido el Golfo de México (Castro-Aguirre, 1981; Robins *et al.*, 1991). Estudios ictiofaunísticos muestran que estas especies se encuentran en las costas del estado de Chiapas, en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, los Patos-Solo Dios, así como en el sistema lagunar Mar Muerto que comparten Chiapas y Oaxaca (Tapia-García, 1998; Rodiles-Hernández, 2005; Laguna-Caballero *et al.*, 2011; Gómez-González, 2012).

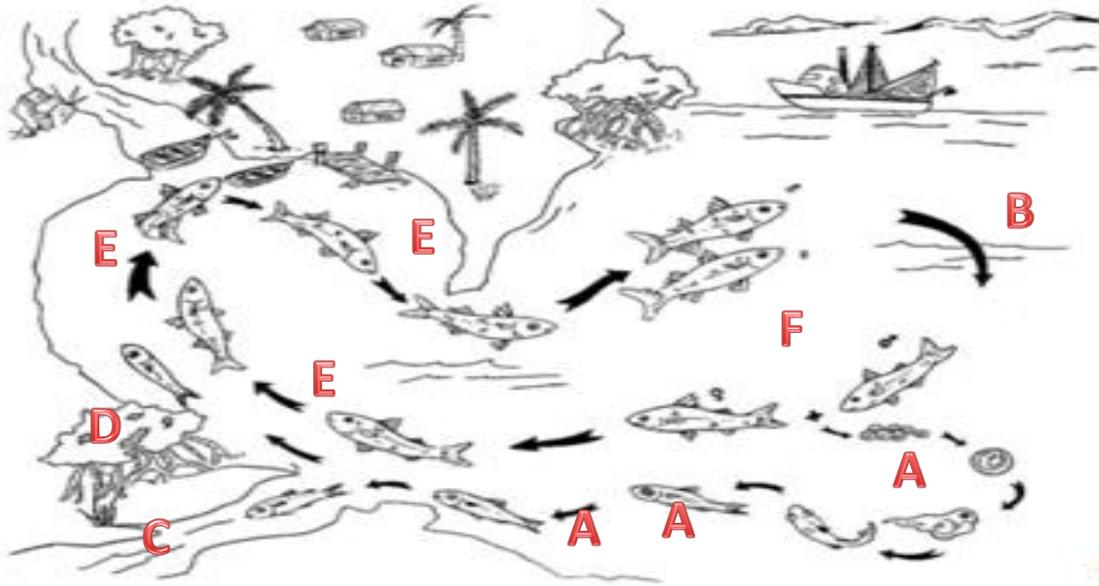
*M. cephalus* y *M. curema*, se consideran especies eurihalinas (0 a 55 ‰) y euritermas (10 a 36°C). Sin embargo se han reportado ejemplares de *M. cephalus* en intervalos de temperatura de 4.5 a 37°C y de 0 a 81 ‰ de salinidad; mientras que *M. curema* se ha encontrado en intervalos de 10 a 36°C y de 0 a 55 ‰ (López, 1982). En el caso de los adultos, estos se han encontrado en aguas de 0 a 75 ‰ de salinidad, en tanto que juveniles (< 7 cm) toleran un rango menor de salinidad. Debido a lo anterior es que a ambas especies se les puede encontrar remontando algunos ríos (Zabalegui y Contreras, 1990; Harrison, 1995).

Una de las características de estas especies es que durante sus estadios juveniles se resguardan en cuerpos de agua lodoso con vegetación, como estuarios, bahías, lagunas o ríos con mareas, ya que en estos sitios encuentran alimento, refugios, así como las condiciones idóneas para crecer y desarrollarse, para finalmente alcanzar la madurez sexual y talla requerida para su reproducción, época en la que los pescadores aprovechan para capturarlas y comercializarlas (López, 1982; Tapia-García, 1998; Ramos-Santiago *et al.*, 2010). Aunque tienen la capacidad de sobrevivir en agua dulce, su reproducción se lleva a cabo en mar abierto (Thomson, 1955; Eccles, 1992).

### **3.5 CICLO DE VIDA**

El ciclo de vida de estas especies inicia una vez que los huevos han sido fecundados, al eclosionar las larvas permanecen en aguas marinas, y la supervivencia depende en gran parte a los movimientos de las corrientes. Al crecer a una longitud total de 2 a 3 cm, las larvas y juveniles migran formando cardúmenes densos, desplazándose del mar hacia las aguas estuarinas y lagunas costeras que funcionan como áreas protegidas, donde se llevará a cabo el crecimiento hasta la fase adulta (Fig. 5) (Thomson, 1955; García-Sandoval, 1982b). El arribo de prejuveniles a las zonas protegidas se registra después de 45 a 60 días posterior al desove coincidiendo con el aumento de la temperatura que ocurre al inicio de la primavera (Santiago, 1987).

En las zonas protegidas (estuarios y en zonas bajas de agua dulce) estas especies encontrarán refugios y alimentación que les permitirán crecer y madurar sexualmente. En el caso de los adultos estos pueden encontrarse en agua dulce o salada (aguas someras) y cuando van a reproducirse migran a aguas más profundas en el mar para realizar el desove (principalmente en otoño e invierno) (Santiago, 1987; Harrison, 1995).



**FIGURA 5.** Ciclo biológico de Mugílidos. A) Huevos, larvas y juveniles; B) Aguas marinas; C) Sistema fluvial que desemboca a la laguna costera; D) Áreas protegidas; E) Laguna costera; F) Desove en aguas marinas (Tomado y modificado de SAGARPA, 2014).

Yáñez-Arancibia (1976), describe en estudios realizados en diversos sistemas lagunares de Guerrero, que *M. curema* penetra a las lagunas al abrirse las barras, en grandes cardúmenes de alrededor de 7.0 cm de longitud total promedio. Al cerrarse las barras quedan en su interior alimentándose y creciendo hasta alcanzar tallas de 23.0 cm o más de longitud total y un desarrollo gonádico de avanzado estado de maduración. Al abrirse nuevamente las barras estos adultos abandonan el sistema lagunar adentrándose en el mar para desovar en los próximos meses, posteriormente el sistema lagunar es invadido por grandes cardúmenes de juveniles que corresponderían probablemente al producto del desove del año anterior.

### 3.6 ALIMENTACION

Se considera a estas especies como detritívoras vegetales correspondiendo a un consumidor primario. Se alimentan principalmente de detritus, sedimentos finos inorgánicos y algas filamentosas. Como alimento circunstancial puede aprovechar además, ostrácodos, nemátodos, foraminíferos, microgastrópodos, anélidos, isópodos, fragmentos de vegetales y diatomeas bentónicas (Yáñez-Arancibia, 1976; Sánchez-Rueda *et al.*, 1997).

Los sedimentos son ricos en materia orgánica, diatomeas, bacterias y diversos microorganismos que constituyen el recurso alimenticio de estas especies. Además los sedimentos presentan un alto contenido de arenas cuarcíticas, que sirven para el rompimiento de las paredes celulares de los restos vegetales y de diatomeas (Sánchez-Rueda *et al.*, 1997).

Aunque con un patrón de alimentación definido y constante, estas especies pueden sufrir ligeras variaciones en su dieta, medio en el que habitan (mar o laguna costera), la estación del año, época reproductiva y la disponibilidad del alimento (Yáñez-Arancibia, 1976; Sánchez-Rueda *et al.*, 1997).

Por otra parte, estos peces se alimentan de la capa superficial del fondo empleando un mecanismo de filtrado que se encuentra en la faringe, el cual le permite separar las partículas más finas, que a su vez son mezcladas con material mucoso proveniente del esófago, donde la masa es triturada por la acción pilórica del estómago que es musculosa y actúa como molleja (Yáñez-Arancibia, 1976). En el caso de las larvas de lisa, estas se alimentan de zooplancton, por lo que, la cantidad de arena y detritus en el contenido estomacal se incrementa con la talla, por lo que son los peces maduros los que ingieren más alimento del fondo (Harrison, 1995). Es importante mencionar, que durante las migraciones de desove *M. cephalus* y *M. curema* ingieren poco o nada de alimento (Santiago, 1987).

Sánchez-Rueda *et al.* (1997), determinaron que aunque *M. cephalus* y *M. curema* presentan un espectro trófico y un hábitat muy similar, el diámetro de las partículas encontradas en el sedimento del contenido estomacal confirman el carácter selectivo de estas especies. Esto podría sugerir que estas especies se alimentan en zonas diferentes o muestran preferencia hacia ciertos tamaños de partículas, lo que evitaría la competencia interespecífica por alimento.

### 3.7 CRECIMIENTO

Determinar la longitud máxima que una especie puede llegar alcanzar nos permite determinar diversos aspectos biológicos, ecológicos y de aprovechamiento sostenible. Estudios de biodiversidad, riqueza, abundancia, edad, madurez sexual, dimorfismo, nutrición, desarrollo embrionario y programas de manejo para el cultivo de los peces necesitan conocer la longitud total que puede alcanzar la especie en estudio (Gómez-Ortiz *et al.*, 1997; Márcano *et al.*, 2002; Quiñonez-Velázquez y Mendoza-Guevara 2009). Además, estudios que correlacionan la longitud y el peso, permiten medir variaciones en grupos de peces, como indicador de las condiciones alimentarias y el desarrollo gonadal (Sparre y Venema, 1997; Márcano *et al.*, 2002).

Harrison (1995), reportó para *M. cephalus* una longitud máxima de crecimiento de 120 cm y un peso máximo de 800 gr; con un periodo de vida de 4 a 16 años y en Texas registró para *M. curema* la edad record de 13 años. Determinó también que los adultos crecen a una tasa de 3.8 a 6.4 cm por año, donde las hembras crecen con mayor rapidez con respecto a los machos de la misma edad y que fue en primavera y verano donde se registró el máximo crecimiento.

Diversos estudios realizados en México muestran diferencias en la longitud total de crecimiento de *M. curema* y *M. cephalus*, y se describen a continuación:

En el Pacífico Mexicano *M. cephalus* y *M. curema* han sido estudiadas ampliamente. En el estero del Conchalito, Baja California Sur, Quiñonez-Velázquez y Mendoza-Guevara (2009), determinaron que la mayor abundancia de organismos juveniles de *M. curema*, se presentan en invierno y primavera, con una estructura de tallas de 1.9 a 9.9 cm de longitud patrón (LP), además identificaron dos periodos de reclutamiento por año al estero, uno en invierno y otro en verano.

Estudios realizados por Gómez-Ortiz *et al.* (1997), en la zona del Golfo de México, en la Laguna Madre del estado de Tamaulipas y en la laguna de Tamiahua en el Norte del estado de Veracruz durante el periodo 1994-1995, reportaron que la talla máxima observada para *M. cephalus* en Laguna Madre fue de 47 cm; mientras que en la laguna de Tamiahua fue de 50 cm. Los parámetros de crecimiento obtenidos para esta especie en la Laguna Madre fueron: talla asintótica ( $L_{\infty}$ )= 475 a 51.1 cm y una tasa de crecimiento  $k= 0.41$  a  $0.46 \text{ año}^{-1}$ .

Ibáñez-Aguirre *et al.* 1999, determinaron en la Laguna de Tamiahua durante el periodo de abril de 1991 a marzo de 1992, en *M. cephalus* grupos de edad por lectura de escamas y otolitos, respectivamente, encontrando los siguientes grupos de edad: grupo II, talla 25.1-24.6 cm, III 28.4-28.2 cm, IV 31.7 cm, V 34.2-34.9 cm, VI 36.2-37.5 cm, VII 38 cm, VIII 39.6 cm y una  $L_{\infty} = 64.2$  cm con una tasa de crecimiento  $k = 0.099$  y longevidad de 28 años. Gómez-Ortiz *et al.* (2007), realizaron estudios en la Laguna Madre, Tamaulipas de 2004 a 2006 sobre *M. cephalus* reportando, una talla máxima de 57 cm.

Al Sur del Pacífico Mexicano en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, Ramos-Santiago *et al.* (2010), observaron que la longitud total máxima de *M. cephalus* fue de 55 cm, con un peso máximo de 1414 g; con un crecimiento tipo alométrico negativo.

En el caso de *M. curema*, Gómez *et al.* (1997), reportaron una talla máxima de 37-38 cm en Tamaulipas y Norte de Veracruz. Gallardo-Cabello *et al.* (2005), estimaron los parámetros de crecimiento para una población de *M. curema*,

localizada en laguna de Cuyutlán, Colima; utilizando el método de Prager que se ajusta mejor a la curva de crecimiento y se obtuvo una  $L_{\infty}$  de 675 cm LT y una longevidad de 15 años.

Espino-Barr *et al.* (2005), determinaron la edad de *M. curema* por medio de la lectura de escama identificando seis grupos de edad; el periodo con mayor tasa crecimiento se llevó a cabo durante los primeros meses de vida, durante el primer año creció 4.66 cm y para el quinto año 1.78 cm, estas tasas de crecimiento son más bajas que las de la laguna de Tamiahua. Meléndez-Galicia *et al.* (2010), determinaron la longitud total máxima promedio de *M. curema* que fue 27.7 cm, con un peso máximo promedio de 219.2 gr, resultados obtenidos en estudios realizados en las costas de Michoacán y con un crecimiento tipo alométrico negativo. En lo que respecta a sistema lagunar Mar Muerto, aún se están realizando los primeros estudios de Biología reproductiva de *M. curema* (Gutiérrez-Arias, 2014).

Las diferencias en el crecimiento de estos peces podrían estar influenciadas por la variabilidad ambiental, condiciones idóneas de las zonas de refugio (lagunas costeras, deltas de ríos y áreas de manglar) o columna de agua, así como la disponibilidad de alimento que determinan periodos óptimos de crecimiento y sobrevivencia dentro de un sistema lagunar, y la sobreexplotación que esta especie pudiera estar sufriendo (Yáñez-Arancibia, 1976; Baumar *et al.*, 2003; Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

### **3.8 IMPORTANCIA ECONOMICA**

En México, particularmente en el litoral del Pacífico Sur, *M. cephalus* y *M. curema* son parte fundamental de la dieta de las comunidades pesqueras aledañas a la franja costera (Polanco *et al.*, 1987; Ibáñez-Aguirre *et al.*, 1999; McDonough *et al.*, 2003, 2005). También se utilizan como cebo para una variedad de peces,

incluyendo peces de pico (familia Istiophoridae), por lo que comúnmente el precio incrementa, ya que dicho cebo se utiliza en la pesca deportiva (Ibáñez-Aguirre et al., 1999).

Durante el periodo de reproducción de noviembre a febrero, *M. curema* y *M.cephalus* se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García-Sandoval, 1982b; Santiago-Ramos et al., 2010), periodo en el que se intensifica la actividad pesquera, ya que tanto la carne como las gónadas de esta especie, localmente conocida como “hueva”, alcanzan un elevado valor comercial en el mercado local y en el nacional (Ibáñez-Aguirre et al., 1999; Gómez-Ortiz et al., 2006).

Las lisas *M. curema* y *M. cephalus* se comercializan frescas, secas, saladas o congeladas, en tanto que las huevas se comercializan frescas o ahumadas (Meléndez-Galicia et al., 2010; Santiago-Ramos et al., 2010). Este pescado también se utiliza en las prácticas medicinales chinas (Santiago-Ramos et al., 2010), por lo que es un pez comercial muy importante en muchas partes del mundo (Bester, 2004).

En los estados de Oaxaca y Chiapas las capturas comerciales del recurso variaron muy poco durante el periodo comprendido entre 1996 y 2000, sin embargo, del 2001 al 2008, se observó un ligero incremento en las capturas, lo cual puede estar relacionado con una mayor demanda del producto y al buen precio que adquiere en el mercado local (Álvarez-López et al., 2002; CONAPESCA, 2010). En 2013 la captura de *M. curema* presentó una mayor captura en agosto con 3,634.53 Kg y una disminución de captura en octubre con 558.74 Kg. En tanto que para *M. cephalus* se obtuvo en el mismo año una mayor captura en el mes de julio con 12,441.64 Kg, y una menor captura en el mes de febrero con 551.26 Kg (CONAPESCA, 2013).

La NOM-016-PESC-1994 regula la pesquería de *M. cephalus* y *M. curema* en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe (CONAPESCA, 2010).

### **3.9 IMPORTANCIA ECOLOGICA**

Los hábitos alimenticios y posición trófica en la estructura de las comunidades ictiofaunísticas determinan que *M. curema* y *M. cephalus*, en el sistema lagunar mar Muerto, presentan competencia interespecífica con otros peces consumidores primarios (detritívoros) (Sánchez-Rueda *et al.*, 1997).

Estas "lisas" sirven de alimento a otros peces, aves acuáticas y el hombre, representando un papel ecológico muy importante por su efecto de conversión de la energía potencial del detritus en energía que es aprovechada por otros niveles tróficos al ser predada la especie. Además, por su dinámica de introducirse desde el ecosistema estuarino en grandes cardúmenes de juveniles es un importante "importador de energía". A su vez, al ser predada por aves, por el hombre, y también por su dinámica de abandonar el estuario en el estadio adulto, es un importante "exportador de energía" del estuario (Ibáñez-Aguirre *et al.*, 1999; Meléndez-Galicia *et al.*, 2010).

### **3.10 REPRODUCCIÓN**

A través de la historia evolutiva de las especies, se puede observar que estas han desarrollado estrategias reproductivas con el fin de asegurar la supervivencia de su progenie. Para entender aspectos biológicos de una especie así como su ciclo de vida, es relevante conocer su talla de primera madurez y la duración del ciclo reproductivo, ya que estos son críticos para la vida y trascendencia de los organismos (Granado, 1996; Villacorta-Correa & Saint-Paul, 1999).

La reproducción es un proceso que involucra cambios somáticos y fisiológicos que se manifiestan en el caso de los peces adultos, por el desarrollo gonadal que llega a un tamaño máximo cuando se produce el desove, con el cual las gónadas

liberan su contenido de óvulos (hembras) y espermatozoides (machos), dando inicio a la primera etapa en la vida de toda una nueva generación de individuos, con la formación del huevo o cigoto (Csirke, 1980; Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

En el proceso de reproducción de *M. cephalus* y *M. curema* interviene una sola hembra, que tiende a ser más robusta y grande, y varios machos (Thomson, 1963). La fecundación es externa, los productos sexuales son expulsados libremente sobre la columna de agua y una vez por temporada. El tamaño y la edad a la que alcanzan la madurez sexual *M. cephalus* y *M. curema* varían según las diferentes áreas de estudio (Santiago, 1987).

En la laguna de Tamiahua, Veracruz, García-Sandoval (1980a), reporta que la temporada de reproducción para *M. cephalus* corresponde a los meses de diciembre, enero y febrero. Por lo que se refiere a *M. curema*, reporta que la temporada óptima para la reproducción de la especie se ubica en febrero y marzo.

En la zona del Golfo de México, en la Laguna Madre del estado de Tamaulipas y en la laguna de Tamiahua en el Norte del estado de Veracruz durante el periodo 1994-1995, con base a los resultados de la composición porcentual de los estadios de madurez gonádica, se determinó que *M. cephalus* se reproduce durante los meses de noviembre, diciembre y enero (Gómez *et al.*, 1997).

En estudios más actuales realizados de 2004 a 2006 en la Laguna Madre, Tamaulipas, el inicio de la fase de reproducción de lisa *M. cephalus* se presentó a finales del mes de octubre, incrementándose hasta principios de noviembre un 69% y después del 15 de noviembre a mediados de diciembre hasta 100%, donde los ejemplares se encuentran completamente maduros, con una talla de primera madurez sexual en machos de 32 cm LT y en hembras de 35 cm (Gómez-Ortiz *et al.*, 2007).

Al sur del Pacífico mexicano en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, Ramos-Santiago *et al.* (2010), observaron que los periodos de reproducción y madurez gonádica de lisa *M. cephalus* se lleva a cabo en los meses de noviembre, diciembre y enero.

En lo que respecta a *M. curema* en Tamaulipas y Norte de Veracruz se reproduce en febrero y marzo, con máximos en febrero (Gómez *et al.*, 1997).

En cuanto a la estrategia reproductiva ambas especies poseen iteroparidad, es decir, que tienen varias reproducciones a lo largo de su vida. Es por ello que los organismos mantienen condiciones que favorecen su supervivencia para reproducirse de nuevo o de una forma más tardía (Wooton, 1990).

### **3.10.1 PRIMERA TALLA DE MADUREZ SEXUAL**

En el caso de peces, la Talla de Madurez sexual (TMS), se expresa como la talla a la cual el 50% de los individuos (machos o hembras) tienen la capacidad de reproducirse (Nikolsky, 1963; Bagenal, 1978).

La TMS es un parámetro reproductivo básico en el análisis de pesquerías y evaluación de stock, ya que permite separar la fracción inmadura y madura de un stock de peces. A través del índice gonadosomático o examen macro y/o microscopio de las gónadas, es posible determinar la talla de madurez sexual y clasificar los peces maduros en función de las características morfo histológicas o estructurales (Oliva *et al.*, 1982, citado en Cubillos y Alarcón, 2010).

Diversos factores influyen sobre la talla de primera madurez sexual, entre estos la especie, sexo, tamaño, edad, condiciones ambientales, disponibilidad de alimento y la sobreexplotación. Sin embargo, la talla de madurez sexual es un parámetro característico de una fase en el ciclo de maduración sexual (Nikolsky, 1963; Lagler *et al.*, 1984). En el caso de los peces detritívoros, como la lisa, se reporta que la talla de primera madurez sexual la alcanza de forma tardía ya que existe una correlación con los factores ambientales y el suministro de alimento (McDonough *et al.*, 2005).

Diversos estudios han demostrado que la longitud y la edad de primera madurez sexual varían según las diferentes áreas de estudio (Santiago, 1987; Harrison, 1995; Gómez *et al.*, 1997; Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

Gómez *et al.* (1997) determinaron durante el periodo 1994-1995, que la talla de primera madurez gonádica de *M. cephalus* en machos se presentó a los 26 cm y en hembras a los 30 cm, con edades de entre 2.5 y 3 años, esto en la zona del Golfo de México, en la Laguna Madre del estado de Tamaulipas y la laguna de Tamiahua en el Norte del estado de Veracruz.

Al Sur del Pacífico Mexicano en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, Ramos-Santiago *et al.* (2010), reportaron que la talla de primera madurez de *M. cephalus* de acuerdo al índice gonadosomático fue de 32.8 cm LT para ambos sexos (de noviembre a enero), por lo que en relación al periodo de veda vigentes en esos estados de la República, recomendaron ampliar el periodo de octubre a enero para proteger los picos máximos de mayor incidencia reproductiva.

Ibáñez-Aguirre y Gallardo (2004), observaron que los machos y hembras en *M. cephalus* llegan a la madurez sexual con una talla  $37.3 \pm 0.73$  y  $37.7 \pm 0.93$  cm de LT, respectivamente mientras que para *M. curema*, la longitud media en el primer desove fue  $27.4 \pm 0.93$  y  $27.8 \pm 0.83$  cm de LT en ambos sexos.

Por otra parte, en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, Ramos-Santiago *et al.* (2010), reportaron una proporción sexual para *M. cephalus* de 2 hembras por cada macho (2H: 1M). En tanto que para *M. curema* se reportó una proporción sexual de casi 3 hembras por cada macho (2.6H: 1M) en las costas de Oaxaca y Chiapas (Ramos-Cruz, 1985).

En tanto que, Gil-López *et al.* (2006), mencionaron que *M. cephalus* mantiene una relación de una hembra por cada macho (1.1H: 1M) dentro del Sistema Lagunar Huave. Meléndez-Galicia *et al.* (2010), reportaron que en las costas de Michoacán *M. cephalus* mantiene una relación 0.6H: 1.5 M.

### 3.10.2 ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL

Se entiende por madurez sexual a la capacidad que tienen los peces para reproducirse, aunque no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción (Bagenal, 1978). Se les considera sexualmente maduros cuando las gónadas salen de su latencia y comienzan a desarrollarse, lo cual es notorio con la aparición de los ovocitos y espermatoцитos en diferentes fases de desarrollo que induce en los cambios morfológicos que sufren las gónadas (Carrillo-Ávila y Rodríguez-Pulido, 2001).

Estos cambios morfológicos que sufre la gónada pueden explicarse como fases de madurez, donde se indica el grado de madurez que presenta una gónadas femeninas o masculinas, lo que se representa en una escala de estadios o grados de maduración sexual, que dependerá específicamente de cada especie (Martínez-Espinoza, 1984).

Para esto, se ha establecido una clave de madurez gonadal por Nikolsky (1963) y modificada por Ramos-Santiago *et al.* (2010) para determinar los estadios de *M. cephalus* en la costas de Oaxaca y Chiapas y para *M. curema* en la costa de Michoacán (Meléndez-Gállica *et al.*, 2010). Esta escala incluye seis estadios, desde inmaduros (I) hasta desovados (VI) (Cuadro 1).

### 3.10.3 PERÍODO DE DESOVE

*M. cephalus* y *M. curema* son desovadores totales (reproducción estacionaria), desovan el total de su material reproductivo en un periodo del año definido y tiempo limitado que corresponde a la época de reproducción, además, en la caso de las hembras presentan ovarios con desarrollo sincrónico (Lowe-McConnell, 1987, Gosso 1989; Ramos-Santiago *et al.*, 2010), estas especies al presentar este

tipo de desove tienen que realizar migraciones para reproducirse (Greeley *et al.*, 1987; Render *et al.*, 1995; Meléndez-Galicia *et al.*, 2010)

Scotton *et al.* (1973), reportan para el caso de *M. cephalus* los periodos de desove de octubre a febrero con un pico en diciembre, en el Norte de Carolina y en la Baja. En tanto que para el norte del Golfo de México los desoves ocurren a mediados de octubre a enero, con picos en noviembre-diciembre (Thompson *et al.*, 1989; Ditty y Shaw, 1996).

En la zona del Golfo de México, en la Laguna Madre del estado de Tamaulipas y en la laguna de Tamiahua en el Norte del estado de Veracruz durante el periodo 1994-1995, con base a los resultados de la composición porcentual de los estadios de madurez gonádica, se determinó que *M. cephalus* se reproduce durante los meses de noviembre, diciembre y enero. Con porcentajes máximos de la fase de desove entre mediados de noviembre y mediados de diciembre (Gómez *et al.*, 1997).

El índice gonadosomático y las variaciones del factor de condición indican que el periodo reproductivo de la *M. cephalus* abarca los meses de noviembre, diciembre y enero en el sistema lagunar estuarino Mar Muerto, ya que posterior al periodo reproductivo se ha encontrado un incremento de organismos desovados, inmaduros y en proceso de maduración (Ramos-Santiago, 2010; Gil-López *et al.*, 2006).

En estudios realizados en la costa de Michoacán, Meléndez-Galicia *et al.*, 2010 reportaron como los meses de desove de *M. curema*, junio y agosto prolongándose hasta octubre. Lo que podría sugerir que existen diferencias reproductivas entre poblaciones de la misma especie, influenciados por las diferencias geográficas y ambientales de su hábitat.

### **3.11 METODOS PARA DE TERMINAR EL GRADO DESARROLLO GONADAL**

El conocimiento de la actividad reproductiva en los peces constituye uno de los aspectos con mayor importancia biológica, ya que esta información nos permite entender su crecimiento, ecología trófica, ciclo de vida, relación hembras-machos, dinámica de las poblaciones, entre otros aspectos biológicos de la especie (Cota-Mamani, 2012). Existen diversas formas para evaluar el grado de madurez sexual de un pez: escalas macroscópicas o empíricas, escalas microscópicas (histología), índice gonadosomático, índices corporales y factor de condición (Cuartas *et al.*, 2002; Guzmán *et al.*, 2001; Luckenbach *et al.*, 2008).

#### **3. 11. 1 ESCALAS MACROSCÓPICAS O EMPÍRICAS**

Las fases de madurez gonadal se pueden determinar a través de escalas empíricas, basadas en las características morfológicas externas de las gónadas (color, tamaño, textura, presencia o ausencia de capilares sanguíneos, peso, espacio que ocupa en la cavidad ventral) (Peredo y Sobrazo, 1993; Cota-Mamani, 2012). Para esto, se deben extraer las gónadas de *M. cephalus* y *M. curema* realizando un corte en la cavidad abdominal, introduciendo una cánula de disección para lograr un mejor corte. Posteriormente se retiran las gónadas para continuar con la clasificación macroscópica, determinar el sexo, la fase y el estado en el que se encuentra (Fig. 6).



**FIGURA 6.** Observación y descripción de gónadas de hembras de *M. cephalus* para determinar el sexo y estadio de maduración sexual.

Para determinar el sexo de ambas especies con un estadio de madurez avanzado, se observa la coloración, los machos presentan gónadas en par de color blancuzcas o grisáceas; en el caso de las hembras, la coloración es amarillenta o rosa pálido. Cuando se presenta un estadio de madurez temprano la coloración es rosa traslucida y en este momento es difícil determinar si es hembra o macho, por lo que se tiene que realizar una observación microscópica para distinguir la presencia de ovocitos.

Se han desarrollado escalas empíricas para la determinación del estadio de madurez, las que pueden aplicarse con ligeras modificaciones en diferentes especies. Para *M. cephalus* y *M. curema* Ramos-Santiago *et al.*, (2010) proponen una clave de madurez gonadal modificada de Nikolsky (1963), donde se establecen seis estadios de madures sexual (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Clave de madurez gonadal de Nikolsky (1963) modificada por Ramos-Santiago *et al.*, 2010.

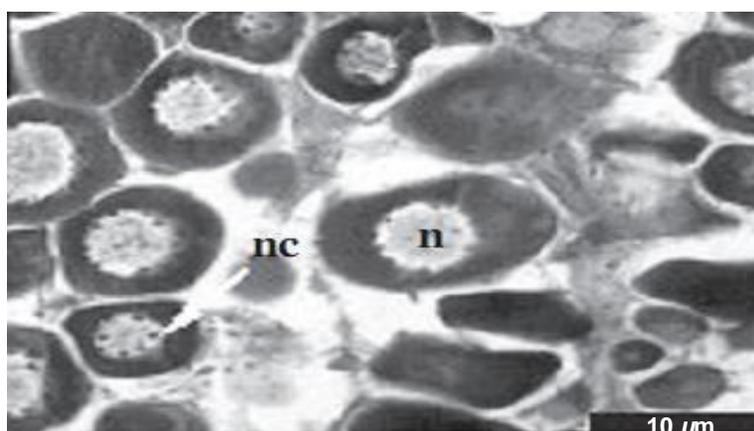
Fase	Estado	Descripción
I	Inmaduros	Individuos jóvenes que aún no han alcanzado la madurez sexual. Gónadas de tamaño muy pequeño, por lo que el sexo es indeterminado.
II	En descanso	Los productos sexuales no han alcanzado a desarrollarse. Gónadas de tamaño muy pequeño. Gónadas de hembra con los huevecillos no distinguibles a simple vista.
III	En maduración	Las gónadas, de mayor tamaño, están sufriendo un incremento muy rápido en peso. Las gónadas de macho cambian de transparentes a un color rosado pálido.
IV	Maduros	Productos sexuales maduros. Las gónadas han alcanzado su máximo peso, pero los productos sexuales no salen al exterior cuando se aplica presión al vientre.
V	En reproducción	Los productos sexuales se expulsan en respuesta a una presión ligera de la región abdominal. El peso de las gónadas decrece rápidamente desde el principio del desove a su terminación.

El método macroscópico es el más sencillo, barato y rápido, pero puede ser subjetivo. Sin embargo es eficiente cuando se tiene antecedentes previos en la coloración de las gónadas en sus diferentes estadios y diferenciación sexual de las especies en estudio. En el caso de *M. cephalus* y *M. curema* el patrón de coloración parece ser el mismo en ambas especies (Albieri *et al.*, 2010; McDonough *et al.*, 2003; Ramos-Santiago *et al.*, 2010), por lo que fácilmente se puede identificar a una hembra o macho en estadios avanzados de madurez sexual

### 3. 11. 2 ESCALAS MICROSCÓPICAS (HISTOLÓGICAS)

Los estudios histológicos se emplean en la detección de enfermedades humanas, en ganado vacuno, y en la detección de virus en crustáceos, así como para detectar cambios en los tejidos, con un gran impacto en la detección y tratamiento de enfermedades (Cuartas *et al.*, 2002; Peña-Mendoza *et al.*, 2011). Pero no solo son eficientes en la detección de enfermedades, si no se han empleado ampliamente para establecer los estadios de madurez gonadal en peces, y observar los cambios estructurales de los ovarios y de los testículos.

Este método se basa en el análisis de cortes histológicos muy finos de gónadas (4 a 7  $\mu\text{m}$  de espesor), y a partir de estos, se observan las características en el tejido inmaduro y maduro para determinar los cambios morfológicos que se presentan durante el desarrollo de los ovocitos, y clasificar los grupos de ovocitos en un respectivo estadio de maduración. Los estudios histológicos se han empleado en la determinación de estadios de madurez sexual en diversas especies: *Oreochromis niloticus*, *Centropomus poeyi*, *Sardinella aurita*, *Salmo clarki*, *Galaxias maculatus*, *M. curema*, entre otras (Fig. 7) (Albieri *et al.*, 2010; Fuentes, 1973; Guzmán *et al.*, 2001; Luckenbach *et al.*, 2008; Peña-Mendoza *et al.*, 2011; Peredo y Sobrazo, 1993).



**FIGURA 7.** Cortes histológicos de la gónada de *M. curema*, n= núcleo; nc= nucléolos (Tomado de Albieri *et al.*, 2010).

### 3. 11. 3 ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Aunque los métodos macroscópicos e histológicos son métodos eficientes para determinar los estadios de madurez, existe un método común para calcular los cambios que sufre la gónada como parte de su ciclo sexual, denominado índice gonadosomático (Iwaszkiw, 1990). Este índice se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento de la freza y varía con el estado de desarrollo de los ovocitos (Tresierra, 1993; Granado, 1996).

Gupta (1974), sugiere que el IGS es útil como medida del grado de madurez del ovario, sin embargo también es útil como indicador del período de desove en función de las respectivas fluctuaciones estacionales.

El IGS se determina en relación al peso corporal total o peso eviscerado, como se muestra a continuación:

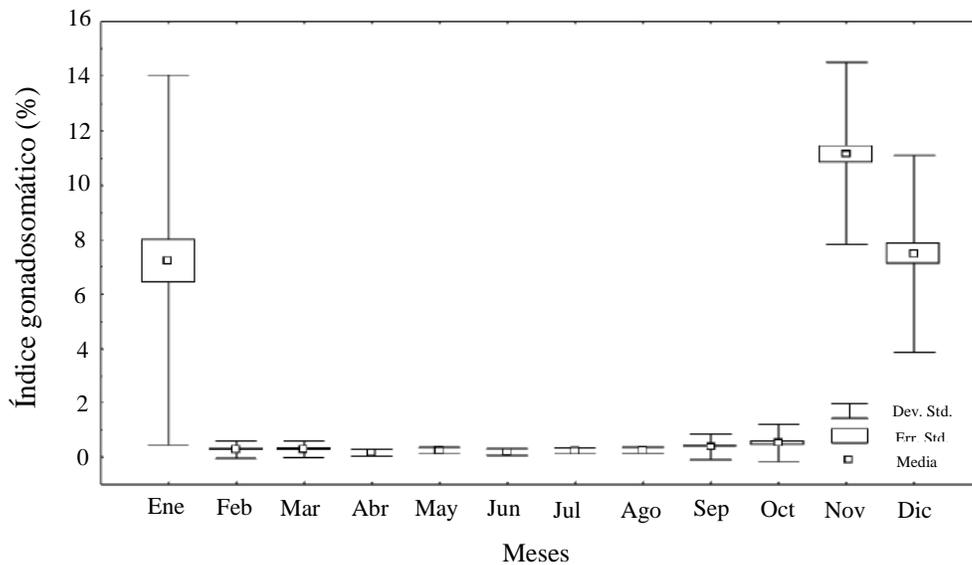
$$\text{IGS} = \text{PG} / \text{W} \times 100$$

IGS = Índice gonadosomático

PG = Peso de las gónadas.

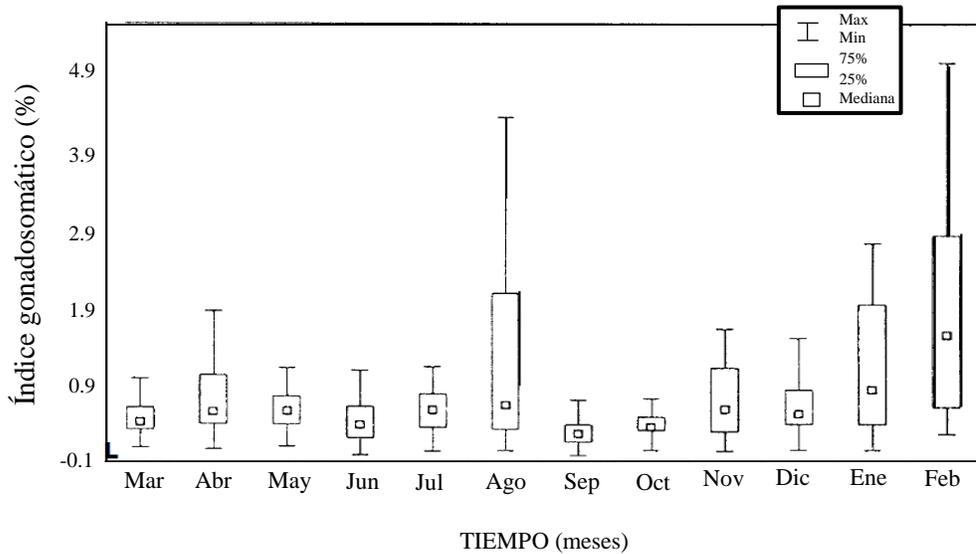
W= Peso del organismo eviscerado.

Al Sur del Pacífico mexicano en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, Ramos-Santiago *et al.* (2010), realizaron una investigación de reproducción y madurez gonádica de lisa *M. cephalus*, donde observaron que la media mensual del índice gonadosomático indicó un incremento significativo a partir de octubre, con máximos durante los meses de noviembre, diciembre y enero, así como mínimos durante el resto del año (febrero a septiembre) (Fig. 8).



**FIGURA 8.** Variación del Índice Gonadosomático de lisa *M. cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas, indicando que esta especie se reproduce durante los meses de noviembre, diciembre y enero (Tomado de Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

Cabral-Solís (1999), estudió el crecimiento y aspectos reproductivos de *M. curema* en la laguna de Cuyutlán, Colima. Donde observó un crecimiento máximo de 28.65 cm. El valor del IGS determinó que en los meses de enero, febrero y agosto se presentó el mayor número de organismos en fase de madurez V y por lo tanto la gónada presentó mayor peso, indicando dos épocas de desove: agosto y enero-febrero (Fig. 9).



**FIGURA 9.** Variación mensual del índice gonadosomático de *M. curema* en la laguna de Cuyutlán, Colima (Tomado de Cabral-Solís, 1999).

### 3. 11. 4 FACTOR DE CONDICION DE FULTON (K)

El estado fisiológico de un organismo determina en gran medida su supervivencia, ya que si este se encuentra deteriorado disminuye su movilidad, nutrición, capacidad de reproducción, crecimiento, etc. Es por ello que la condición de un organismo es un reflejo de su estado fisiológico. Para conocer y estudiar cuál es la condición de los organismos se utilizan diversos índices, uno de estos es el que se deriva de la relación talla-peso, el cual se define como índice de condición, factor ponderal, factor K o factor de condición de Fulton (Vazzoler, 1996). El factor de condición se basa en la relación entre el peso del organismo completo (P) o sin gónadas (Pc), con respecto a la talla. Y se calcula con la siguiente ecuación (Vazzoler, 1996):

$$K = P/Lt^b$$

K = Factor de condición de Fulton

P = Peso del organismo

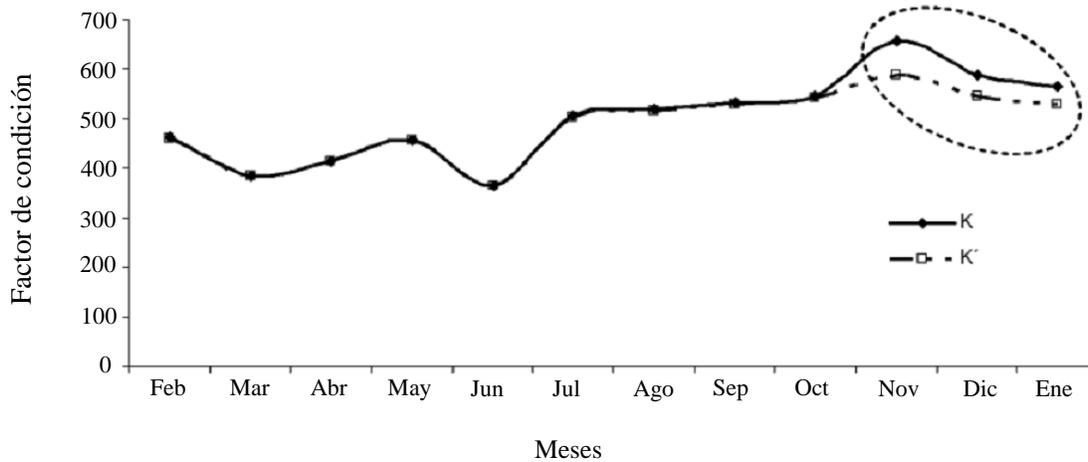
L = Longitud total del organismo

Dónde: b = pendiente de la relación longitud-peso. Cuando el factor se determina para organismos eviscerados (K'), el peso (Pc) sustituye al peso total (P). La diferencia entre el peso total y el peso de la gónada, es:  $P_c = P - P_g$ .

Las aplicaciones del factor de condición de Fulton en una población son:

- Cuando se comparan dos o más poblaciones que viven en condiciones ambientales que son similares o diferentes (densidad, disponibilidad del alimento, etc.).
- Determinar el ritmo y la maduración gonadal.
- Para poder determinar la periodicidad de la actividad trófica o de cambios poblacionales posiblemente atribuibles a variaciones en el suministro de alimentos. Variaciones en el factor de condición pueden reflejar cambios en la proporción de proteínas y lípidos (Vazzoler, 1996).

En este sentido, Ramos-Santiago *et al.* (2010), en los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, observó que el factor de condición de los ejemplares completos y sin gónadas sólo se diferencia entre noviembre y enero, lo cual sugiere que el peso de la gónada se incrementa durante este periodo y, por tanto, que existe un periodo reproductivo (Fig. 10), por lo que en este caso, existe una correlación positiva entre el IGS y el factor de condición de Fulton.



**FIGURA 10.** Factor de condición mensual de lisa *M. cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. Se indica el periodo de mayor actividad reproductiva (Tomado de Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

### 3. 11. 5 ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS)

El hígado, en el caso de los peces, permite estimar el nivel de reservas del organismo, fundamentalmente la acumulación de lípidos y la síntesis de vitelogenina, precursora del vitelo almacenado en los ovocitos durante la vitelogénesis. Por lo tanto, el índice hepatosomático sirve como índice indirecto del estado de madurez sexual, ya que se puede cuantificar los cambios cíclicos en el peso del hígado, que con frecuencia presentan una tendencia contraria a la del IGS. Sin embargo, la interpretación de los cambios cíclicos en el peso del hígado es más compleja, es por ello, que este índice es útil sólo en aquellas especies en las que el hígado juega un papel importante en la acumulación de reservas alimenticias (Love, 1970; Bohemen *et al.*, 1981; Cabral-Solís, 1999; Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

El índice hepatosomático, se calcula con el peso del hígado en proporción al peso corporal, expresado en porcentaje

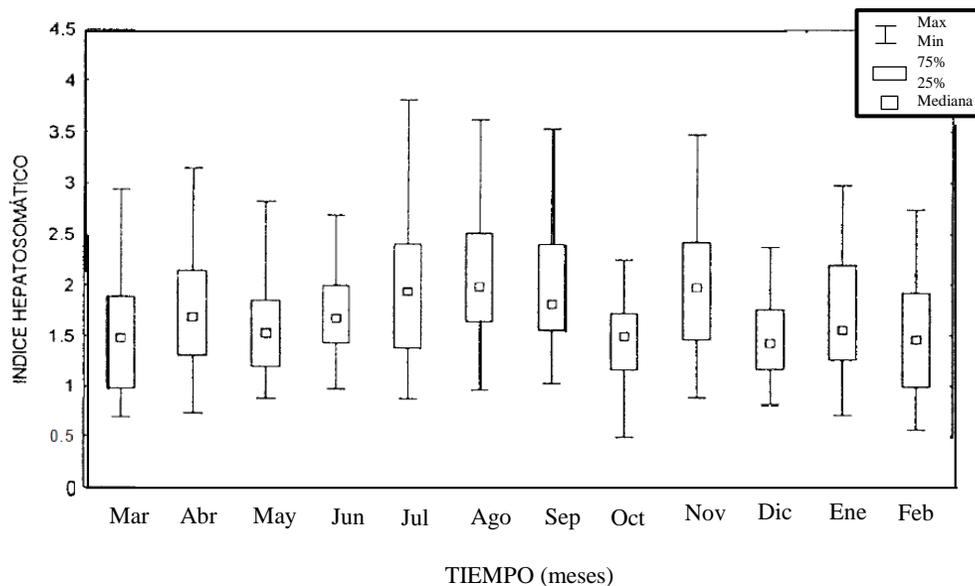
$$IHS = H/W \times 100$$

H = Peso del hígado

W = Peso del organismo eviscerado.

Cabral-Solís (1999), muestra las variaciones del IHS de *M. curema* a través del año, donde el intervalo de mayor amplitud del valor mínimo al máximo se presentó en el mes de julio que coincide con la época de reproducción, así como el mayor porcentaje de organismos sobre el valor de la mediana. En el mes de octubre se puede observar el valor mínimo calculado y el mayor porcentaje de organismos se encuentra por debajo del valor de la mediana (Fig. 11).

Se pudo observar además que el peso del hígado y la gónada en las fases previas a la madurez tienen cierta relación, ya que en el momento preciso del desove, el hígado incrementó su peso considerablemente con respecto a la gónada que comenzó a perderlo (Cabral-Solís, 1999).



**FIGURA 11.** Variación mensual del índice hepatosomático en el periodo de *M. curema* en la laguna de Cuyutlán, Colima (Tomado de Cabral-Solís, 1999).

## IV. CONCLUSIONES

- Con base en los estudios realizados en diversos sistemas lagunares de Oaxaca y Chiapas, se sabe que la proporción sexual del género *Mugil* se ve influenciada por las características ecológicas del sistema lagunar, con una tendencia que implica mayor abundancia de hembras con respecto a los machos.
- En los sistemas lagunares de Huave, Oaxaca y Mar Muerto, Chiapas, la estructura de la población de *M. cephalus* ha presentado un intervalo de tallas que varía de 27 a 55 cm de longitud total. La longitud máxima registrada fue de 55 cm de LT con un peso de 1414 gr. Esta información aún no ha sido reportada para *M. curema* en el mar muerto
- La talla promedio de primera madurez sexual reportada para *M. cephalus* fue de 32.8 cm de longitud estándar y 330.9 gr de peso total. Esta información aún no ha sido reportada para *M. curema* en el Mar Muerto. En los estudios realizados en las costas de Michoacán se determinó que la talla de primera madurez sexual de *M. curema* fue de 24.5 cm.
- El periodo reproductivo de *M. cephalus* en el Mar Muerto ocurre durante los meses de noviembre a enero; meses en los cuales alcanza la madurez sexual en fases IV y V. En el caso de *M. curema* su periodo reproductivo en el sistema no ha sido investigado y por lo tanto no existe reportes sobre su época de desove.
- Los métodos empleados con eficiencia en la biología reproductiva de *Mugil* han sido IGS, K e IHS, observación micro y macroscópica.

## V. Propuestas y recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios reproductivos de *M. curema*, ya que es una especie de importancia comercial y ecológica. Conocer aspectos de su reproducción nos permitirá realizar un buen manejo de este recurso en el Mar Muerto, lo que contribuirá al conocimiento científico, ecológico y beneficio económico de los pescadores.
- Se sugiere realizar nuevos estudios reproductivos de *M. cephalus*, con el fin de analizar si estas especies han modificado sus estrategias reproductivas y tipo de crecimiento en base a las nuevas condiciones ambientales, eventos naturales, cambios en la dinámica poblacional y explotación pesquera en el Mar Muerto.
- Actualizar el periodo de veda vigente (NOM-016-PESC-1994) de la lisa *M. cephalus*, estableciendo un periodo más amplio a partir del mes de octubre y finalizando en enero, para proteger los picos de mayor incidencia reproductiva del recurso en el área de estudio. En el caso de *M. curema* se sugiere realizar estudios reproductivos de estos organismos en el Mar Muerto, Chiapas, que nos permita determinar si los periodos de veda vigentes se ajustan a las necesidades reproductivas de estos peces.
- Crear proyectos enfocados a la conservación y producción de estas especies, ya que son parte fundamental en las actividades económicas y ecológicas de este sistema, y la disminución en la población de estas especies traería consigo un desequilibrio ecológico y económico.

## VI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Albieri, R. J., F. G. Araujo & T. P. Ribeiro. 2010. Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *J. Appl. Ichthyol.* 26: 105-109.
- Álvarez del Villar. J. y E. Díaz. 1973. Estudio bioecológico del Mar Muerto, Oax. México, IPN, Esc. Nal. Cienc. Biol. 82 p.
- Álvarez-Lajonchere, L. 1976. Contribución al estudio del ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae). Centro de Investigaciones Marinas. Fac. De Ciencias. Universidad de la Habana, Cuba. 8:28.
- Álvarez-López, B., H. A. Gil-López, O. Morales-Pacheco y J. A. de la Cruz-Hernández. 2002. Diagnóstico de la pesca ribereña de escama en las costas de Oaxaca y Chiapas. Informe Técnico. (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigación Pesquera–Salina Cruz. México. 111 p.
- Bagenal, T. B. 1973. Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. *Rapp. P. V. Recun. Cons. Int. Explor. Mer.* 164: 186-198.
- Bagenal, T. B. 1978. Aspects of fish fecundity. In: Gerking S.D (Eds).Ecology of freshwater fish production. Blackwell Oxford. 75-101 p.
- Baumar, J. M., A. Quintero, D. Bussière & J. J. Dodson. 2003. Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fishery Bulletin.* 101: 809-821.
- Berra, T. M. 1981. An Atlas of distribution of the Freshwater Fish Families of the world. Univ. Nebraska Press. 197 p.

- Bester, C. 2004. Ictiología en el Museo de Historia Natural de Florida (on-line). <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Gallery/Descript/StripedMullet/StripedMullet.html>.
- Bohemen, Ch. G. van., J. G. D. Lambert & J. Peute. 1981. Annual changes in plasma and liver in relation to vitelogenesis in the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. General and comparative. *Endocrinology*. 44: 94-96.
- Bravo-Peña, L. C., C. E. Medina-Reyna, J. V. Durand. Sitach, J. Suarez-Bohorquez y P. Jacinto-Nolasco. 2002. Evaluación de la aptitud territorial para el desarrollo de la acuicultura en el litoral oaxaqueño del Mar Muerto. Informe final. Instituto de Ecología. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oax. 106 p.
- Cabral-Solís, E. G. 1999. Estudio sobre el crecimiento y aspectos reproductivos de la lebrancha *Mugil curema* Cuvier y Valenciennes, 1836, en la laguna de Cuyutlán, Colima. Tesis de Maestría, Universidad de Colima. 90 p.
- Carrillo-Ávila, M. y J. Rodríguez-Pulido. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental. Ed. INPA. Instituto. *Nacional de pesca y acuicultura*. Colombia. 189-216 p.
- Castro-Aguirre, J. L. 1981. Especies de la Familia Scyliorhinidae (Elasmobranchii: Galeoidea) de la costa occidental de México, con especial referencia a *Cephalurus cephalus* (Gilbert). *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 24: 71-93.
- Cervantes, C. 1969. Estabilidad de la costa a la laguna del Mar Muerto, Chiapas, México. En: Ayala, C. A. y F. B. Phleger (eds.). *Lagunas Costeras, Un Simposio: Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO. 367-376 p.
- Chávez-Herrera, D. 1993. Aspectos biológicos de *Mugil curema* Cuvier valenciennes, *Mugil Cephalus* Lineo y *Mugil hospes* Jordan y Curver; en dos lagunas costeras del sur de Sinaloa. Tesis de Licenciatura. La Paz,

- Baja California Sur, México, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.  
84 p.
- CONAPESCA. 2010. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2008.  
SAGARPA. México. 166 p.
- CONAPESCA. 2013. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013.  
SAGARPA. México. 385 p.
- Contreras, F. 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecología y  
Desarrollo México, D. F. 263 p.
- Cota-Mamani, N. J. 2012. Escala de madurez gonadal del lenguado *Paralichthys  
adspersus* (Steindachener, 1867). Universidad Nacional Mayor de San  
Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Lima, Perú. 10 p.
- Csrike, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, *Doc.  
Téc Pesca*. 192:82 p.
- Cuartas, E., A. C. Díaz y A. M. Petriella. 2002. El estudio morfológico e histológico  
del hepatopáncreas del langostino *Pleoticus muelleri* (BATE)  
(CRUSTACEA, PENAEOIDEA). *Rev. Invest. Desarr. Pesq.* 15: 5-13.
- Cubillos, L. y C. Alarcón. 2010. Estimación de la talla media de madurez sexual en  
*Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de  
oxígeno. *Latin american journal of aquatic research*. 38: 178-187.
- Ditty, J. G. & R. F. Shaw. 1996. Spatial and temporal distribution of larval striped  
mullet (*Mugil cephalus*) and white mullet (*M. curema*, Family: Mugilidae) in  
the northern Gulf of Mexico, with notes on mountain mullet, *Agonostomus  
monticola*. *Bull. Mar. Sci.* 59: 271-288.
- Eccles, D. H. 1992. FAO species identification sheets for fishery purposes. Field  
guide to the freshwater fishes of Tanzania. Prepared and published with the  
support of the United Nations Development Programme (project  
URT/87/016). FAO, Rome. 145 p.

- Espino-Barr E., G. Cabral-Solís. M. Gallardo-Cabello & A. L. Ibáñez-Aguirre. 2005. Age Determination of *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (PISCES: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, Mexico. *International Journal of Zoological Research*. 1: 21-5.
- FAO 2000-2014. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated . [Cited 20 August 2014].
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneides, C. Sommer, K. Carpenter y U. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de las pescas. Pacífico Centro Oriental. Parte 2 Vol. III. 1201 p.
- Fuentes, D. 1973. Contribución al conocimiento de la biología del robalo prieto (Pisces, *Centropomus poeyi* Chávez) en el área de Alvaro, Veracruz, Mexico. *Revista de la sociedad Mexicana de Historia Natural*. 34: 369-422
- Gallardo-Cabello, M., E. Cabral-Solís, E. Espino-Barr y A. L. Ibáñez-Aguirre. 2005. Análisis del crecimiento de la lebrancha *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Hidrobiología*. 15: 321-325.
- García-Sandoval, S. 1982a. Contribución al conocimiento de la biología pesquera de Lisa (*Mugil cephalus* L.) del Norte de Veracruz y Tamaulipas. *INP-SEPESCA*. 25 p.
- García-Sandoval, S. 1982b. Evaluación de las capturas de lisa en el NE del Golfo de México. Periodo 1965-1979. (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigación Pesquera, Tampico. México. 28 p.
- García-Sandoval, S., 1980. Contribución al estudio de la pesquería de lisa (*M. cephalus* L.) en la Laguna de Tamiahua, Ver., I. N. P. del SEPES. 28p.
- Gil-López, H. A., S. Náfate-Sarmiento y A. Labastida-Che. 2006. Aspectos biológicos-pesqueros de la lisa (*Mugil cephalus*) en el Sistema Lagunar

Huave, estado de Oaxaca, México. Resúmenes III Foro Científico de Pesca Ribereña. Puerto Vallarta, Jal. México. *Instituto Nacional de la Pesca*.

Gómez-González A., E. Velázquez-Velázquez, R. Rodiles-Hernández, A. González-Díaz, A. González-Acosta y J. Castro-Aguirre. 2012. Lista sistemática de la ictiofauna en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 674-686.

Gómez-Ortíz G., F. Robles y R. Arteaga. 1997. Aportación al estudio de la biología pesquera de lisa *Mugil cephalus* en la Laguna Madre, Tamaulipas periodo 1994-95. Centro Regional de Investigación Pesquera en Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (documento interno no publicado).

Gómez-Ortiz, G., A. González-Cruz y I. Hernández-Tabares. 2006. Lisa y lebrancha en el Golfo de México y Mar Caribe. En: F. Arreguín-Sánchez, L. Beléndez-Moreno, I. M. Gómez-Humarán, R. Solana-Sensores y C. Rangel-Dávalos (eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y manejo*. Instituto Nacional de la Pesca/SAGARPA. México. 477-502 p.

Gómez-Ortiz, G., P. R., Arteaga, T. J. Balderas, y B. G. Acosta. 2007. Evaluación biológica y pesquera de las pesquerías de escama de mayor importancia comercial en la Laguna Madre, Tamaulipas. Informe de investigación. Archivo CRIP Tampico. Documento Interno.

Gosso, M. C. 1989 Aportes a la reproducción de peces del Río Paraná Medio (Paraná, Entre Ríos). El sábalo (*Prochilodus lineatus*) y el armado (*Pterodoras granulosus*). Seminario de Licenciatura. Universidad CAECE. Bs. As.

Granado, C. 1996. *Ecología de Peces*. Ed. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. 352p

- Greeley, M. S., D. R. Calder & R. A. Wallace. 1987. Oocyte growth and development in the striped mullet, *Mugil cephalus*, during seasonal ovarian recrudescence: relationship to fecundity and size at maturity. *Fish. Bull.* 85: 187-189.
- Gupta, S. 1974. Observations on the reproductive biology of *Mastasembelus armatus* (Lacepede). *J. Fish. Biol.* 6: 13-15.
- Gutiérrez, I. 2014. Biología reproductiva de lisa (*Mugil curema*) en la bahía de paredón, Chiapas. Tesis profesional para optar el título de Biólogo marino (en proceso). Centro de Investigaciones Costeras, UNICACH, México.
- Guzmán, R., F. Arocha y G. Gómez. 2001. Tipo de desove de la sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el nororiente de Venezuela: Resultados preliminares. *Zootecnia Trop.* 19: 173-183
- Harrison, I. J., 1995. Mugilidae. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V. Niem (eds.) Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Rome. 1293-1298 p.
- Harrison, I. J., 2002. Mugilidae. Mulletts. In: K.E. Carpenter (ed.) FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 2: Bony fishes part 1, Acipenseridae to Grammatidae. 1071-1085 p.
- Ibáñez-Aguirre, A. L., M. Gallardo-Cabello. 2004 Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae) from coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science.* 75 (1): 37-49
- Ibáñez-Aguirre, A. L., M. Gallardo-Cabello & X. Chiappa Carrara. 1999. Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus* and white mullet, *M. curema* (PISCES: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin.* 97: 861-872.

- Ibañez-Aguirre, A. L., 1995. Algunos aspectos de la dinámica de las poblaciones de *Mugil cephalus* (Linneo, 1358) y *M. curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de doctorado en ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México 216 p
- Iwaszkiw, J. 1990. Biología reproductiva. *Ecognición*, Suplemento especial. Instituto de Limnología Dr. Raúl Ringuelet. La Plata. 1: 25-28.
- Lagler K. F., J. Bardach, R. Millar & D. May Pasino. 1984. Ictiología. AGT, México. 489 p.
- López, C. J. 1982. Descripción de la unidad de pesquería de la Lisa (*Mugil cephalus*) Linnaeus, 1758 y de la Lebrancha (*Mugil curema*) Valenciennes, 1836 del Golfo de México. Tesis profesional para optar el título de Biólogo. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Love, R. M. 1970. The chemical biology of fishes. Academic Press, London. 547 p.
- Lowe-McConnell R. H. 1987. Ecological studies in tropical fishes communities. Cambridge Tropical Biology Series. Durham, USA. 400 p
- Luckenbach, J. A, M. Kusakabe, P. Swanson & G. Young. 2008. Unilateral ovariectomy increases egg size and reduces follicular atresia in the semelparous Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *J Exp Zool Part A*. 309: 468-476.
- Márcano, L., J. Alió y D. Altuve. 2002. Biometría y talla de primera madurez de la tonquicha, *Cynoscion jamaicensis*, de la costa norte de la península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 20: 83-109.
- Martínez-Espinoza, M. 1984. El cultivo de las especies del género *Colossoma* en América latina. FAO. Serie RLAC/84/41-PES 5. Santiago, Chile. 47 p.
- McDonough, C. J., W. A. Roumillat & C. A. Wenner. 2003. Fecundity and spawning season of striped mullet (*Mugil cephalus* L.) in South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin*. 101: 822-834.

- Mcdonough, C. J., W. A. Roumillat & C. A. Wenner. 2005. Sexual differentiation and gonad development in striped mullet (*Mugil cephalus* L.) from South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin*. 103: 601–619.
- Meléndez-Galicia, C. y A. Romero-Acosta. 2010. Evaluación biológico pesquero de lisa *Mugil curema*, en la costa de Michoacán. Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera en Pátzcuaro. *Ciencia Pesquera*. 18:1 67-77.
- Nikolsky, G. 1963. The ecology of fishes. Academic Pres. New York. 351 p.
- Oliva, J. W., W. Carvajal & A. Tresierra. 1982. Reproducción e histología de gónadas de peces. Universidad Nacional de Trujillo, Departamento de Ciencias Biológicas, *Sección de Recursos Acuáticos*. Trujillo, Perú. 93 p.
- Peña-Mendoza, B., J. Gómez-Márquez y G. García-Alberto (2011). Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera*. 19: 23-36
- Peredo, S. y C. Sobrazo. 1993. Microestructura del ovario y ovogénesis en *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842). *Biol Pesq*. 22: 23-32.
- Polanco, J. E., R. Mimbela, L. Beléndez, P. González, M. Flores, A. Pérez, N. Aguilar, R. Pérez, R. Calderón, J. Guerra, J. Romo, H. Gómez, J. Mimbela, H. Cabrera, M. Peralta, J. García y G. González. 1987. Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su administración. *Secretaría de Pesca*. México. 1061 p.
- Quiñonez-Velázquez, C. y J. A. Mendoza Guevara. 2009. Abundancia relativa, estructura de tallas y relación longitud-peso de juveniles de lisa *Mugil curema* en el estero El Conchalito, La Paz, BCS, México. *Ciencia Pesquera*. 17: 37-46.
- Ramírez, I., F. Grivel y S. Ramos. 1990. Nivel del mar, presión atmosférica y viento superficial en Salina Cruz, Oaxaca (1952-1989): informe de datos.

Informe técnico. CICESE-CIOFID9001. Grupo de mareografía. Departamento de Oceanografía física. Ensenada, B. C. 52 p.

Ramos-Cruz, M. S. 1985. Aspectos biológicos y determinación de algunos parámetros poblacionales de la lebrancha *Mugil curema* Valenciennes, en las costas de los estados de Oaxaca y Chiapas. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero. México. 74 p.

Ramos-Cruz, M. S. 1996. Crecimiento, Mortalidad y Tasa de explotación de *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), en las lagunas costeras del Golfo de Tehuantepec. *Centro Regional de Investigación Pesquera*, Salina Cruz. Boletín Interno 1: 1-4.

Ramos-Santiago E., H. A. Gil-López, A. Labastida-Che y R. Gómez-Ortega, 2010. Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera*. 18: 79-89.

Render, J. H., B. A. Thompson & R. L. Allen. 1995. Reproductive development of striped mullet in Louisiana estuarine waters with notes on the applicability of reproductive assessment methods for isochronal species. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 26-36.

Robins, C. R., R. M. Bailey, C. E. Bond, J. R. Brooker, E. A. Lachner, R. N. Lea & W. B. Scott. 1991. Common and scientific names of fishes from the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec.* 20: 183.

Rodiles-Hernández, R., A. A. González-Díaz y C. Chan-Sala. 2005. Lista de peces continentales de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 15: 245-253.

Romero, M. y J. Castro. 1983. Aspectos de la biología de la lisa (*Mugil cephalus* Linnaeus) en el Mar Muerto, Chiapas, México. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol. Méx.* 27: 95-112.

- SAGARPA. 2014. Plan de manejo pesquero de lisa (*Mugil cephalus*) y lebrancha (*Mugil curema*), en las costas de Tamaulipas y Veracruz. Diario Oficial, Cuarta sección. México. 76 p.
- Sanchez-Rueda, P., I. González, A. Ibáñez-Aguirre y A. Marquez-García. 1997. Sedimento en el contenido estomacal de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Mugiliformes:Mugilidae), en la laguna de Tamiahua, México. *Rev. Iol. Trop.* 45: 1163-1166.
- Santiago, Z. A. 1987. Determinación de la edad y Crecimiento de lisa *Mugil cephalus* Linnaeus, en el Sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oax. México. Tesis de Licenciatura. ENEP-IZTACALA, UNAM. 75 p.
- Scotton, L. N., R. E. Smith, N. S. Smith, K. S. Price & D. P. de Sylva. 1973. Pictorial guide to fish larvae of Delaware Bay: with information and bibliographies useful for the study of fish larvae. *Delaware Bay Report Series*. Vol. 7. College of Marine Studies, University of Delaware. 205 p.
- Sparre, P. & S. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales Parte I. Manual. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 306.1 Rev. 2: 420 p.
- Steenburgh, W. J., D. M. Schultz & B. A. Colle. 1998. The Structure and Evolution of Gap Outflow over the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Mon. Wea. Rev.* 126: 2673-2691.
- Tapia-García, M. y M. García-Abad. 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. En: M Tapia- García (ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- Thompson, E., J. V. Leary & W. C. Chun. 1989. Specific Detection of *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganense* by a Homologous DNA probe. *Phytopathology*. 79: 311-314.

- Thomson J. M. 1963. Synopsis of Biological data on the Grey Mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758. *División of Fisheries and Oceanography*. CSIRO, Australia.
- Thomson, J. M. 1955. The movements and migrations of mullet (*Mugil cephalus* L.). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 6: 328-329.
- Tovilla-Hernández, C. y A. D. Vázquez-Lule. Caracterización del sitio de manglar Mar Muerto, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- Tresierra, A. y Z. Culquichicón. 1993. Biología pesquera. Trujillo. Perú. 432 p.
- Vasconcelos, J., S. Sánchez y L. Schultz. 1996. La pesquería de lisa. En: A. Sánchez-Palafox, D.F. Fuentes-Castellanos y S. García-Real (eds.). *Pesquerías Relevantes de México*. XXX Aniversario del INP. México. 581-594 p.
- Vazzoler, A. 1996. Biología da reprodução da peixes teleósteos: teoría e prática. Maringá, EDUEM. São Paulo: Brasil. 169 p.
- Villacorta-Correa, M. & U. Saint-Poul. 1999. Structural indexes and sexual maturity of Tambaqui; *Colossoma macropomun* (Cuvier 1818) Characiformes in central Amazon, Brasil. *Rev. Brasil.* 59: 637-652.
- Wooton, R. J. 1990. Ecology of Teleost fishes. Ed. Chapman & Hall, London. 160 - 195p.
- Yáñez-Arancibia, A. 1976. Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de crianza, México. Alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol.* Univ. Nal, Aúton. México. 3: 93-124.

Zabalegui M., y F. Contreras. 1990. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna Mar Muerto, Oax/Chis., México. *Res. VIII Cong. Nal. Oceanogr.* 72 p.