

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Estudio de la biología reproductiva del robalo blanco
(*Centropomus undecimalis*)

Estudiante

José Roberto Ordóñez Montoya

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

John Jairo Hincapié, D.Sc.

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

A mi padre, mi madre y mi hermano, José Roberto Ordóñez, Claudia Patricia Montoya y José Daniel Ordóñez por su esfuerzo, dedicación y sacrificio para capturar y transportar los robalos.

Al Grupo Granjas Marinas, por brindar el apoyo y la oportunidad de capturar los robalos en la finca camaronera San Bernardo.

A la Ing. Fernanda Oyuela, Eduardo Guillen, Nelson Fortín y Celso Rodríguez, por su apoyo al tomar datos durante la realización de este proyecto.

Contenido

Agradecimientos.....	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros.....	6
Índice de Figura.....	7
Índice de Anexos.....	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos.....	13
Localización.....	13
Captura de ejemplares.....	13
Diseción y toma de datos.....	14
Determinación de sexo y grado de madurez.....	14
Índices biológicos.....	16
Análisis estadístico.....	18
Resultados y Discusión.....	19
Composición de la captura (sexo y especie).....	19
Estructura de tallas y pesos.....	20
Madurez gonádica.....	21

	5
Índice Gonadosomático y Hepatosomático.....	23
Relación Longitud-Peso.....	24
Factor de Condición de Fulton.....	26
Correlaciones.....	28
Conclusiones.....	30
Recomendaciones.....	31
Referencias.....	32
Anexos.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Identificación del grado de madurez gonádica de ovarios para <i>Centropomus undecimalis</i> .	15
Cuadro 2 Identificación del grado de madurez gonádica de testículos para <i>Centropomus undecimalis</i>	15
Cuadro 3 Sexo, longitud total, ancho y peso total de los ejemplares del género <i>Centropomus</i> analizados en este estudio.....	21
Cuadro 4 Grado de madurez gonádica de los ejemplares del género <i>Centropomus</i> analizados en este estudio.	22
Cuadro 5 Índice Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) de los ejemplares del género <i>Centropomus</i> analizados en este estudio	23
Cuadro 6 Factor de Condición de Fulton (K) de los ejemplares del género <i>Centropomus</i> analizados en este estudio.....	27
Cuadro 7 Correlación entre Longitud Total con: Ancho, Peso de la Gónada, Peso del Hígado y Peso del Corazón de peces del género <i>Centropomus</i>	29
Cuadro 8 Correlación entre Peso Total con: Ancho, Peso de la Gónada, Peso del Hígado y Peso del Corazón de peces del género <i>Centropomus</i>	29

Índice de Figura

Figura 1 Relación longitud-peso de los robalos capturados en la finca San Bernardo.....	25
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Proceso de aclimatación de los robalos al llegar a Zamorano	36
Anexo B Ejemplares de <i>C. undecimalis</i> en el tanque que fueron transportados	37
Anexo C Ejemplares de <i>C. undecimalis</i> en cautiverio en la Unidad de Acuacultura, Zamorano	38
Anexo D Testículos de <i>C. undecimalis</i> en estadio ii (en desarrollo) de madurez gonádica	39
Anexo E Testículos de <i>C. undecimalis</i> en estadio i (inmaduro) de madurez gonádica	40
Anexo F Ejemplar hembra, <i>Centropomus medius</i>	41
Anexo G Agallas, intestinos, gónadas y corazón de un ejemplar macho de <i>C. undecimalis</i>	42

Resumen

El robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) es un pez eurihalino y carnívoro, con un alto valor comercial y deportivo. La disección y toma de datos se realizó en la Unidad de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. De enero a marzo del 2021 se capturaron 20 ejemplares del género *Centropomus* en la finca camaronera San Bernardo, Choluteca, Honduras. Los ejemplares fueron trasladados a la Unidad de Acuicultura, para mantenerlos en cautiverio. Al momento de tomar datos, se identificó a cada individuo y se realizó una disección; se registraron los siguientes datos: longitud total, estándar y de horquilla, peso total, ancho, peso del hígado, intestinos, gónada, agalla y corazón. La muestra estuvo constituida por 19 ejemplares machos (*C. undecimalis*) y un ejemplar hembra (*C. medius*). Se identificó el grado de madurez gonádica; el 68 % de los machos se encontraba en el estadio i y el 32 % en el estadio ii; la hembra se encontraba en el estadio i. Se calculó el Índice Gonadosomático y Hepatosomático, Relación Longitud-Peso y Factor de Condición de Fulton. El IGS promedio fue de 0.081 %; el IHS de 0.87 % y el Factor de Condición de 0.805 %. Se calculó la relación longitud-peso, y se obtuvo un valor de $b = 2.814$. Se demostró que existe una correlación positiva significativa ($P \leq 0.05$) entre la longitud y el peso totales con el ancho, peso de la gónada, hígado y corazón. El robalo blanco y robalo paleta poseen una biología reproductiva muy parecida a la de las demás especies de la familia Centropomidae.

Palabras clave: Correlación, factor de condición de Fulton, índice gonadosomático, índice hepatosomático, madurez gonádica, relación longitud-peso.

Abstract

The common snook (*Centropomus undecimalis*) is a euryhaline and carnivorous fish, with a high commercial and sporting value. Dissection and data collection was carried out at the Aquaculture Unit of the Zamorano Pan-American Agricultural University. From January to March 2021, 20 specimens from the genus *Centropomus* were captured in the San Bernardo shrimp farm, located in Choluteca, Honduras. The specimens were transferred to the Aquaculture Unit to be kept in captivity. At the time of data collection, each individual was identified, and a dissection was performed; the following data were recorded: total length, standard and fork length, total weight, width, liver, intestines, gonad, gill and heart weight. The sample consisted of 19 male specimens (*C. undecimalis*) and one female specimen (*C. medius*). The degree of gonadic maturity was identified; 68 % of the males were in stage i and 32 % in stage ii; the female was in stage i. Gonadosomatic and Hepatosomatic Index, Length-Weight Ratio and Fulton's Condition Factor were calculated. The average GSI was 0.081 %; the HSI was 0.87 % and the Condition Factor was 0.805 %. The length-weight relationship was calculated, and a value of $b = 2.814$ was obtained. A significant positive correlation ($P \leq 0.05$) was demonstrated between total length and total weight with width, gonad, liver and heart weight. Common snook and blackfin snook have a reproductive biology very similar to the other species of the family Centropomidae.

Keywords: Correlation, Fulton's condition factor, gonadic maturity, gonadosomatic Index, hepatosomatic Index, length-weight relationship.

Introducción

El robalo blanco, *Centropomus undecimalis*, es un pez eurihalino y carnívoro perteneciente a la familia Centropomidae, que se puede encontrar en varias zonas tropicales de América, desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Brasil. Tiene un alto valor comercial y deportivo, pero más que todo en Honduras, se destaca por ser uno de los peces más cotizados en la industria alimenticia por su aroma, la textura y el buen sabor que posee la carne. Tiene un alto potencial para la acuicultura, ya que es un pez que se adapta fácilmente al confinamiento, es hermafrodita protándrico y puede tolerar diferentes niveles de salinidad (Contreras Sánchez et al. 2015).

Los peces pertenecientes a la familia Centropomidae se caracterizan por tener un hábito catadrómico, es decir, los adultos regularmente habitan en cuerpos de agua dulce o con bajos niveles de salinidad; pero en la época de desove, migran al océano, donde se lleva a cabo el desarrollo larvario y primeros estadios juveniles de este pez (Contreras Sánchez et al. 2014). El robalo blanco es un pez hermafrodita protándrico, ya que todos los miembros de su población nacen como machos, pero cambian de sexo a hembras, siendo de menor tamaño los machos, en comparación con las hembras (Maldonado García 2004).

Dada la alta demanda que posee este pez, y debido a que no se cuenta con controles o parámetros que regulen la captura de esta especie, la industria pesquera ha creado y desarrollado presión sobre esta especie y los cuerpos de agua donde habitan, e incluso, esta situación puede potencialmente llegar a convertirse en una sobreexplotación. Aunque se han hecho algunos estudios sobre el robalo, no hay mucha información disponible sobre su biología reproductiva y ciclo de vida, lo que dificulta su producción en un sistema acuícola (Zarza-Meza et al. 2005). Por lo anterior es necesario realizar estudios y experimentos acerca de la reproducción del robalo blanco, y de esa manera, poder reproducir exitosamente esta especie con el objetivo de producir peces con un enfoque comercial, y también, para aliviar la presión que ha creado la industria pesquera en los cuerpos de agua donde habita este pez. Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Generar información acerca de la biología y ciclo reproductivo del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*).
- Establecer las bases iniciales para el control reproductivo de esta especie en cautiverio y aportar información que pueda ser utilizada para implementar medidas que regulen la captura de este pez.
- Determinar el tipo de crecimiento que presentan los peces capturados en la finca San Bernardo y determinar si existe correlación entre las medidas de longitud y peso total, con el peso de los órganos de los peces.

Materiales y métodos

Localización

La disección y toma de datos se llevó a cabo en la Unidad de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada en el Valle de Yegüare, a 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

Captura de ejemplares

Entre los meses de enero, febrero y marzo de 2021, se capturaron 20 ejemplares de robalo blanco en la finca camaronera San Bernardo, perteneciente al Grupo Granjas Marinas, ubicada en Choluteca, Honduras. El arte de pesca utilizada para capturar los ejemplares de robalo blanco fue mediante el uso de cañas de pescar y señuelos de plástico.

Luego de la captura los peces fueron trasladados a la Unidad de Acuicultura en un tanque de plástico de 750 L de capacidad con agua salina proveniente de los canales de la finca. El tanque con los peces recibió oxigenación por medio de difusión, utilizando un compresor de aire, mangueras y piedras difusoras durante el traslado de cuatro horas a Zamorano.

Al llegar a Zamorano, se realizó un proceso de aclimatación en un periodo de dos horas, para igualar los parámetros de salinidad y temperatura. Luego del proceso de aclimatación se colocaron los peces en un tanque de 7,500 L de capacidad, previamente preparado con agua potable y cloruro de sodio, con un nivel de salinidad de 28 ppt.

Con el objetivo de obtener datos precisos y sin ninguna influencia debido al estrés causado por la captura y el transporte, se mantuvieron los peces en cautiverio durante una semana para observar su comportamiento y determinar si es posible adaptar ejemplares de *Centropomus undecimalis* a las condiciones de Zamorano.

Disección y toma de datos

Antes de realizar la disección, para cada individuo se registraron los siguientes datos: longitud estándar (LS), longitud total (LT), longitud de horquilla (LH), ancho del pez y peso total del pez. Cada ejemplar fue identificado con un número en secuencia, esto con el fin de mantener orden en el registro de los datos. La disección consistió en hacer un corte a lo largo del área ventral del pez, iniciando desde un costado del poro genital, hasta la base de la boca del pez; esto con el objetivo de poder extraer de manera intacta todos los órganos.

Luego de realizar la disección y extraer los órganos, se tomaron los siguientes datos: peso del hígado, peso de la gónada, peso de la agalla, peso del corazón, y peso de los intestinos. El ancho y las longitudes fueron medidas en centímetros utilizando una cinta métrica. El peso total fue medido en kilogramos, utilizando una báscula digital. Los demás pesos fueron medidos en gramos, utilizando una balanza electrónica con 0.1 gramos de precisión Ohaus Scout® STX.

Determinación de sexo y grado de madurez

Las gónadas disectadas fueron analizadas macroscópicamente y de cada una se determinó el grado de madurez y sexo utilizando como referencia la escala de maduración gonádica en peces descrita por Gómez Ortiz et al. (2015) para robalo blanco *C. undecimalis* (Cuadro 1 y 2).

Se determinó el grado de madurez y el estadio de desarrollo por medio de la observación directa de los órganos reproductores, con base en las siguientes características: color de la gónada, el grado de transparencia, el tamaño de la gónada con relación a la cavidad abdominal, el grado de vascularización y el grado de turgencia o flacidez.

Cuadro 1

Identificación del grado de madurez gonádica de ovarios para Centropomus undecimalis.

Estadio	Descripción Ovarios
Inmaduro-indefinido	Gónadas como hilos transparentes, alargados, no se distingue sexo
i (Inmaduro)	Se identifica sexo, ovario pequeño, rosáceo y translúcido
ii (En desarrollo)	Delgado, color rosa pálido, translucido, ocupa $\frac{1}{4}$ de la cavidad abdominal
iii (En desarrollo)	Ocupa la mitad de la cavidad abdominal, color beige a melón
iv (Pre-desove)	Ocupando dos tercios de la cavidad abdominal, grandes y turgentes, color amarillo pálido, notable sistema de irrigación sanguínea, al presionar salen los óvulos sin estar separados
v (Maduro-desove)	Ocupan toda la cavidad abdominal, grandes y turgentes, color amarillo pálido, a la menor presión salen los óvulos separados, se observan espacios vacíos, venas muy desarrolladas
vi (Desovado-reposo)	En reabsorción, alargados, flácidos, membrana vacía y gruesa, color rojizo, con residuos de huevecillos

Nota. Tomado de (Gómez Ortiz et al. 2015)

Cuadro 2

Identificación del grado de madurez gonádica de testículos para Centropomus undecimalis.

Estadio	Descripción Testículos
Inmaduro-indefinido	Gónadas como hilos transparentes, alargados, no se distingue sexo
i (Inmaduro)	Se identifica sexo, ligeramente blanquecino alargado, delgado
ii (En desarrollo)	Delgados, blancos, ocupa entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de la cavidad abdominal
iii (En desarrollo)	Ocupa la mitad de la cavidad abdominal, color blanco marfil
iv (Pre-desove)	Ocupan dos tercios de la cavidad abdominal, forma triangular, color blanco marfil brillante, al presionar sale el esperma
v (Maduro-desove)	Ocupan toda la cavidad abdominal, color blanco aperlado, a la menor presión sale el esperma
vi (Desovado-reposo)	Flácidos, deformes, color blanco grisáceo, gruesa, con residuos de esperma

Nota. Tomado de (Gómez Ortiz et al. 2015)

Índices biológicos

Una vez obtenidos los datos se procedió a calcular el índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS), la relación longitud-peso y el factor de condición de Fulton (K). El índice gonadosomático se calculó con la ecuación 1, de acuerdo con Tagarao (2020):

$$IGS (\%) = \left(\frac{PG}{PT} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PG = Peso de la gónada en gramos.

PT = Peso total del organismo en gramos.

El índice hepatosomático se calculó con la ecuación 2, de acuerdo con Medina et al. (2019):

$$IHS (\%) = \left(\frac{PH}{PT} \right) \times 100 \quad (2)$$

Donde:

PH = Peso del hígado en gramos.

PT = Peso total del organismo.

El índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHS) permiten comprender el ciclo reproductivo de los peces y son indicadores de movilización y utilización de reservas energéticas en el hígado y las gónadas.

El cambio en el peso del hígado representa procesos de almacenamiento y transferencia de proteínas y lípidos, vinculado con el esfuerzo reproductivo. El aumento del tamaño de las gónadas se puede ver reflejado en el aumento del IGS, presentando una correlación con el periodo reproductivo (Maldonado García 2004).

La relación longitud-peso es una regresión potencial que relaciona una medida lineal (longitud) con una de volumen (peso). Se utilizó la ecuación 3, de acuerdo con Froese (2006):

$$W = a L^b \quad (3)$$

Donde:

W = Peso total del organismo en gramos.

L = Longitud total del organismo en centímetros.

Se calcularon los valores de a y b; a es una constante y el exponente b, al transformar la ecuación en una función lineal, se convierte en la pendiente de la recta e indica si el crecimiento es isométrico o alométrico.

Debido a que la longitud es una medida lineal y el peso es igual al cubo de la talla, si el pez mantiene su forma al crecer, significa que el crecimiento es isométrico ($b=3$). Cuando $b > 3$, el pez de mayor talla ha incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando un crecimiento alométrico positivo. Por otro lado, cuando $b < 3$ el pez incrementó preferencialmente su longitud relativa más que su peso, presentado un crecimiento alométrico negativo (Froese 2006).

El factor de condición de Fulton (K) se calculó usando la ecuación 4, de acuerdo con Froese (2006):

$$K = 100 \frac{W}{L^3} \quad (4)$$

Donde:

K = Factor de condición.

W = Peso total del organismo en gramos.

L = Longitud total del organismo en centímetros.

El factor de condición de Fulton (K) permite comparar el peso de un pez o un grupo de peces en una clase de talla con el de un pez ideal que crece sin cambios de forma de acuerdo con la ley del cubo (Froese 2006).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de regresión y correlación de Pearson con un valor de significancia de $P \leq 0.05$, utilizando el paquete estadístico JMP®.

Resultados y Discusión

Composición de la captura (sexo y especie)

De enero a marzo de 2021 se capturaron un total de 20 ejemplares pertenecientes al género *Centropomus* en la finca camaronera San Bernardo, ubicada en Choluteca, Honduras. Del total de peces capturados, 19 ejemplares fueron machos y un ejemplar era hembra; la proporción de sexos se determinó de 1:19 (hembras: machos). La muestra estaba constituida de la siguiente manera: la única hembra encontrada representó el 5% de la muestra y el 95% restante fue representado por los 19 ejemplares machos

Los 19 ejemplares clasificados como machos fueron identificados como robalo blanco (*C. undecimalis*), y el ejemplar clasificado como hembra, fue identificado como robalo paleta (*C. medius*) mediante la observación de su morfología externa y comparación con bases de datos.

Esto demuestra e indica que la población del género *Centropomus* que habita en ese ecosistema artificial (canales de la finca camaronera) está constituido por una o más especies, siendo las identificadas en este estudio *C. undecimalis* y *C. medius*. No se obtuvo una muestra uniforme de peces en cuanto a la especie debido a que el método de captura fue totalmente aleatorio y no sistemático, no obstante, recopilar datos y generar información acerca de varias especies del género *Centropomus*, sirve como fundamento para futuros estudios sobre su biología, comportamiento y ciclo reproductivo.

Estructura de tallas y pesos

La muestra se integró con 20 ejemplares pertenecientes al género *Centropomus*, con un intervalo de talla de 30.5 cm a 77.5 cm de longitud total, talla promedio de 60.1 cm de longitud total, intervalo de ancho de 17 cm a 37.5 cm, ancho promedio de 28.5 cm, intervalo de peso total de 0.3 kg a 3.4 kg y peso total promedio de 1.9 kg. En el Cuadro 3 se puede observar cada ejemplar de robalo con su número de identificación, sexo, ancho, longitud total y peso.

El intervalo que se observa en el ancho, longitud total y peso, indica que la muestra estaba constituida por robalos juveniles y adultos. Este factor demuestra que dentro de la población de *Centropomus* que habita en la finca camaronera, se pueden encontrar tanto juveniles como adultos de robalo. En el caso de *C. undecimalis*, que solamente se encontraron machos dentro de la muestra, la presencia de *C. undecimalis* juveniles evidencia que también habitan hembras dentro de ese ecosistema, las cuales realizan su ciclo reproductivo junto con los machos y consecuentemente nacen juveniles de robalo.

Por otro lado, en el caso del robalo paleta, Maldonado García (2004) reporta una proporción promedio de sexos entre hembras y machos (1:2) para *C. medius*. De acuerdo con esto, se puede establecer que en condiciones ideales por cada ejemplar hembra de *C. medius* encontrado, se pueden encontrar dos ejemplares machos de *C. medius* en un ecosistema.

El individuo de menor tamaño y la única hembra presente en la muestra, fue el robalo paleta. (Rivas 1986) ha descrito el robalo paleta (*C. medius*) como un pez de tamaño medio (40 cm), alargado y algo comprimido en el dorso. Se caracteriza por tener una cabeza alargada, de perfil anterior casi recto, su maxilar alcanza el borde anterior del ojo y posee aletas pectorales más cortas que las pélvicas. En cambio, el robalo blanco es un pez de cuerpo alargado (60 cm), robusto, ligeramente comprimido y con una cabeza puntiaguda. Su piel es de color gris plateado y su vientre blanquecino.

Cuadro 3

Sexo, longitud total, ancho y peso total de los ejemplares del género Centropomus analizados en este estudio.

Pez #	Sexo	Ancho (cm)	Longitud Total (cm)	Peso Total (kg)
1	Macho	28.2	61.5	1.8
2	Macho	31.5	65.5	2.4
3	Macho	31	64.2	2.4
4	Macho	25.8	57.6	1.4
5	Macho	29.2	62.5	1.9
6	Hembra	17	30.5	0.3
7	Macho	26.9	52.2	1.3
8	Macho	26.6	55.9	1.5
9	Macho	22	44.8	0.7
10	Macho	30.5	61.3	2.1
11	Macho	20.3	41.8	0.5
12	Macho	21.2	46.5	0.8
13	Macho	29.8	64.2	2.3
14	Macho	32.2	67.3	2.4
15	Macho	31.2	67.9	2.4
16	Macho	37.5	74.2	3.3
17	Macho	30.4	67.8	2.3
18	Macho	30.8	66	2.2
19	Macho	35.6	77.5	3.4
20	Macho	31.5	72.1	2.5

Madurez gonádica

Se logró identificar el sexo y el grado de madurez gonádica para todos los individuos de la muestra (Cuadro 4). Al observar y analizar las gónadas de la hembra (*C. medius*), se logró concluir que esta se encontraba en el estadio i o inmaduro, esto debido a que los ovarios eran pequeños, de color rosáceo y translucido. La muestra estaba constituida por 19 ejemplares machos de *C. undecimalis*, del total de machos el 68% de los individuos se encontraban en el estadio i o inmaduro, ya que se lograron identificar los testículos, los cuales eran alargados, delgados y tenían un color ligeramente blanquecino. El 32% restante de individuos machos se encontraban en el estadio ii o en desarrollo, esto debido a que los testículos eran delgados, blancos y ocupaban entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de la cavidad abdominal.

Cuadro 4

Grado de madurez gonádica de los ejemplares del género Centropomus analizados en este estudio.

Pez #	Sexo	Estadio
1	Macho	i (Inmaduro)
2	Macho	i (Inmaduro)
3	Macho	i (Inmaduro)
4	Macho	i (Inmaduro)
5	Macho	i (Inmaduro)
6	Hembra	i (Inmaduro)
7	Macho	i (Inmaduro)
8	Macho	i (Inmaduro)
9	Macho	i (Inmaduro)
10	Macho	ii (En desarrollo)
11	Macho	i (Inmaduro)
12	Macho	i (Inmaduro)
13	Macho	i (Inmaduro)
14	Macho	ii (En desarrollo)
15	Macho	ii (En desarrollo)
16	Macho	i (Inmaduro)
17	Macho	ii (En desarrollo)
18	Macho	ii (En desarrollo)
19	Macho	i (Inmaduro)
20	Macho	ii (En desarrollo)

Cabe mencionar que los ejemplares del género *Centropomus* analizados en este estudio no presentaron gónadas con un grado de madurez muy avanzado, debido que, al analizar los estadios de madurez gonádica que presentaron las especies *C. undecimalis* y *C. medius*, y relacionarlos con la fecha del año en la que fueron capturados (enero a marzo), se compara con lo reportado por Perera (2006), Perera García et al. (2008), Caballero Chávez (2011) y Gómez Ortiz et al. (2015), quienes mencionan que la época reproductiva del robalo blanco y el robalo paleta es de junio a octubre, y que está fuertemente ligado con factores climáticos como la temperatura y la lluvia, ya que estos marcan el inicio de la época de reproducción cuando aumentan sus valores.

Por ende, los ejemplares del género *Centropomus* no se encontraban en su época reproductiva al momento de ser capturados y estudiados.

Índice Gonadosomático y Hepatosomático

Los índices gonadosomáticos (IGS) y hepatosomáticos (IHS) calculados para los ejemplares del género *Centropomus* capturados en la finca camaronera San Bernardo, entre los meses de enero, febrero y marzo, se pueden observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) de los ejemplares del género Centropomus analizados en este estudio.

Pez #	Sexo	IGS (%)	IHS (%)
1	Macho	0.028	1.22
2	Macho	0.033	1.48
3	Macho	0.047	1.08
4	Macho	0.022	0.95
5	Macho	0.047	1.05
6	Hembra	0.551	0.66
7	Macho	0.024	0.96
8	Macho	0.048	1.33
9	Macho	0.028	1.07
10	Macho	0.096	0.71
11	Macho	0.055	0.66
12	Macho	0.012	0.83
13	Macho	0.053	0.77
14	Macho	0.147	0.78
15	Macho	0.119	0.66
16	Macho	0.052	0.55
17	Macho	0.070	0.62
18	Macho	0.083	0.72
19	Macho	0.054	0.60
20	Macho	0.063	0.61

Al analizar los índices se puede observar que el IHS se encontraba más alto en comparación con el IGS. De acuerdo con los resultados discutidos sobre el grado de madurez y estadio de los ejemplares estudiados, se concluyó que estos no se encontraban en la época reproductiva al momento de ser capturados. La época reproductiva del género *Centropomus* se ve marcada por un incremento en el tamaño de las gónadas y una disminución en el tamaño del hígado, lo cual implica un aumento en el IGS y una disminución en el IHS.

Maldonado García (2004) en su estudio sobre la biología reproductiva del robalo, explica que durante la época reproductiva la disminución del IHS es causado por la movilización de reservas lipídicas que se sintetizan en el hígado (en especial la vitelogenina) y son liberadas en la sangre en respuesta a los estrógenos circulantes, lo que causa un incremento de las gónadas y disminución del hígado.

Roberts et al. (1999) realizaron en el robalo común (*C. undecimalis*) un estudio comparativo entre el IGS y los niveles de estradiol (E₂) y testosterona (T) durante un ciclo anual, obteniendo los valores más altos de IGS, estradiol y testosterona durante la época reproductiva (junio a octubre) y los valores más bajos durante el periodo de reposo (noviembre a abril).

Se realizó un análisis de regresión lineal para modelar la relación entre el Índice Gonadosomático y el Índice Hepatosomático, y determinar si estadísticamente el cambio en el valor de un índice (IHS), causa un efecto en el otro índice (IGS). Al realizar el análisis de regresión se obtuvo un valor de $R^2 = 0.10$; pendiente -0.0013 ± 0.0010 ; $P = 0.1918$.

Por lo tanto, estadísticamente se demostró en este estudio que no existe un efecto sobre uno de los índices, cuando uno de ellos aumenta o disminuye su valor.

Relación Longitud-Peso

La relación longitud-peso calculada para la muestra de los individuos pertenecientes al género *Centropomus* que fueron capturados en la finca camaronera se puede observar en la ecuación 5:

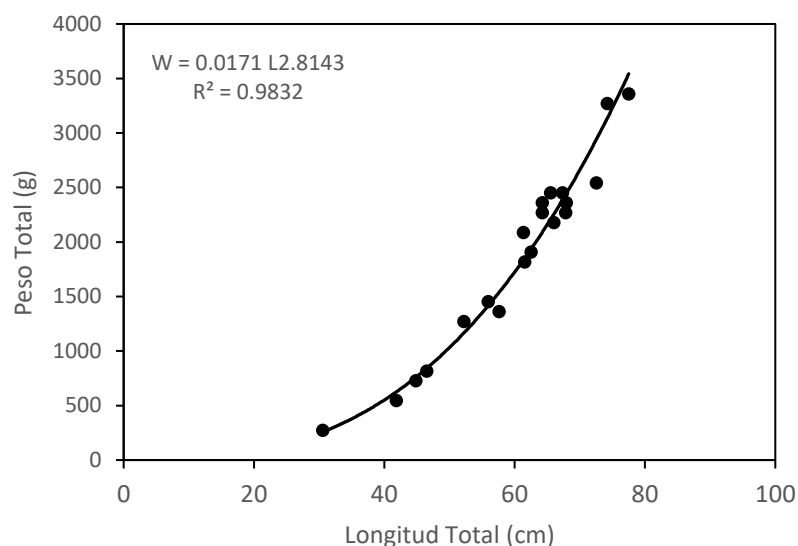
$$W = 0.0171 L^{2.814} \quad (5)$$

Al transformar la ecuación en una función lineal el exponente b de la ecuación se convirtió en la pendiente de la recta, resultando en un valor de $b = 2.814$. Según Froese (2006) cuando una población de peces muestra un valor de $b < 3$, indica que los individuos presentan un crecimiento alométrico negativo, es decir, los peces incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso.

Este tipo de crecimiento puede ser causado por la posible falta de alimento existente en el ecosistema que habitan los peces. Pero de acuerdo con los estudios de Tapia Varela et al. (2020), Perera García et al. (2008) y Aliaume et al. (2005), quienes mencionan que al calcular la relación longitud-peso de una población del género *Centropomus*, si presenta un valor del exponente b entre 2.5 a 3.5, significa que los peces muestran un crecimiento isométrico. De acuerdo con esos estudios y tomando en cuenta que el pez estudiado fue el robalo blanco, se determinó que el crecimiento que presentaron los individuos analizados en este estudio es isométrico, es decir, los individuos mantienen su forma al crecer, incrementando proporcionalmente su longitud y peso.

Figura 1

Relación longitud-peso de los robalos capturados en la finca San Bernardo.



Asimismo, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la longitud total con el peso total de los ejemplares capturados. Se obtuvo una correlación positiva alta de $r = 0.9695$, con un nivel de significancia de $P < 0.0001$. Por lo tanto, se concluyó que existe una correlación estadísticamente significativa entre la longitud total y el peso total de los peces.

Factor de Condición de Fulton

El factor de condición de Fulton (K) es el grado de bienestar de una especie con relación al ecosistema en el que viven. Es útil para comparar cambios estacionales del estado nutricional de los individuos de una población y, además, es un parámetro que puede ser utilizado para determinar la conveniencia de un determinado ambiente sobre una especie, la cual puede ser afectada fácilmente por factores externos como la sobrepesca (Segura Guevara et al. 2011).

El factor de condición de Fulton calculado para los peces del género *Centropomus* capturados en la finca camaronera, entre los meses de enero, febrero y marzo, se puede observar en el Cuadro 6. El intervalo del factor de condición que presentaron los ejemplares capturados es de 0.68% a 0.96%. Todos los individuos que fueron estudiados presentaron un valor de $K < 1\%$, no obstante, el valor promedio de K fue de 0.81%, de tal manera se puede considerar que la población que habita en ese ecosistema se encuentra próximo a condiciones óptimas.

Para evaluar el factor de condición de Fulton se considera lo siguiente: cuando $K = 1$, significa que el individuo se encuentra en condiciones óptimas de crecimiento y se categoriza como un pez normal; cuando $K > 1$ significa que el individuo posee una excelente condición con respecto al peso, implicando que dentro del ecosistema que habita hay abundancia de alimento; y si $K < 1$, significa que el individuo posee una baja condición con respecto al peso, lo que implica que no hay suficiente alimento disponible y posiblemente, está siendo afectado por factores externos, los cuales influyen en su alimentación y comportamiento.

Cuadro 6

Factor de condición de Fulton (K) de los ejemplares del género Centropomus analizados en este estudio.

Pez #	Sexo	K (%)
1	Macho	0.78
2	Macho	0.87
3	Macho	0.89
4	Macho	0.71
5	Macho	0.78
6	Hembra	0.96
7	Macho	0.89
8	Macho	0.83
9	Macho	0.81
10	Macho	0.91
11	Macho	0.75
12	Macho	0.81
13	Macho	0.86
14	Macho	0.80
15	Macho	0.75
16	Macho	0.80
17	Macho	0.73
18	Macho	0.76
19	Macho	0.72
20	Macho	0.68

Gassman et al. (2016) realizó un estudio sobre la reproducción de *C. undecimalis* y *C. ensiferus* en una laguna costera tropical, en el cual evaluó el factor de condición durante 15 meses, obteniendo valores promedios de K entre 0.9% a 1.1%. Indicó también que, durante el periodo de recuperación o reposo, se pueden observar valores más altos en comparación con los valores obtenidos durante la época reproductiva.

La finca camaronera donde habitan y fueron capturados estos ejemplares, es un ecosistema artificial, donde el objetivo principal es la producción de camarón en estanques. Dichos estanques son abastecidos con agua salina proveniente de los esteros cercanos a la finca. Los peces viven y se desarrollan en los canales que conducen el agua desde el estero hacia los estanques. Cabe mencionar que estos canales fueron diseñados únicamente para transportar agua, por lo que no cumplen con las mismas condiciones de su hábitat natural (esteros). El principal problema de un ecosistema artificial

es que posee una diversidad baja de alimento y cadenas alimentarias simples e incompletas, lo que puede explicar los resultados encontrados con respecto a factor de condición de los ejemplares estudiados.

Se realizó un análisis de correlación entre el ancho del pez con el factor de condición de Fulton. Se obtuvo una correlación negativa baja de $r = -0.2822$, con un nivel de significancia estadística de $P = 0.2279$. Se concluyó que no existe una correlación estadísticamente significativa entre el ancho del pez y el factor de condición de Fulton.

Correlaciones

Se realizaron correlaciones de Pearson para determinar si las variables analizadas están relacionadas entre ellas. Las variables analizadas fueron las siguientes: longitud total (LT), ancho del pez (A), peso total (PT), peso de la gónada (PG), peso del hígado (PH) y peso del corazón (PC). Se obtuvo una correlación positiva entre la longitud total con el ancho, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón.

Se realizó un análisis de correlación entre la longitud total con el ancho, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón (Cuadro 7). Existe una correlación muy alta entre la longitud total con el ancho y el peso del corazón, ambos con un nivel de significancia de $P < 0.0001$. Asimismo, existe una correlación moderada entre la longitud total con el peso de la gónada y el peso del hígado, con un nivel de significancia estadística de $P = 0.0215$ y 0.0008 . Por lo tanto, existe una correlación estadísticamente significativa entre la longitud total con el ancho y el peso de la gónada, hígado y corazón.

Cuadro 7

Correlación entre longitud total con: ancho, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón de peces del género Centropomus.

Variable	r	P
Ancho	0.9695	< 0.0001
Peso de la Gónada	0.5102	0.0215
Peso del Hígado	0.6876	0.0008
Peso del Corazón	0.9320	< 0.0001

Se realizó un análisis de correlación entre el peso total con el ancho, peso de la gónada, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón (Cuadro 8). Existe una correlación positiva alta entre el peso total con el ancho y el peso del corazón, ambos con un nivel de significancia estadística de $P < 0.0001$. De igual manera, existe una correlación positiva moderada entre el peso total con el peso de la gónada y el peso del hígado, con un nivel de significancia estadística de $P = 0.0080$ y 0.0007 .

Por consiguiente, existe una correlación estadísticamente significativa entre el peso total con el ancho y el peso de la gónada, hígado y corazón.

Cuadro 8

Correlación entre peso total con: ancho, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón de peces del género Centropomus.

Variable	r	P
Ancho	0.9834	< 0.0001
Peso de la Gónada	0.5747	0.0080
Peso del Hígado	0.6933	0.0007
Peso del Corazón	0.9723	< 0.0001

Conclusiones

La biología reproductiva del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) se asemeja a la de las demás especies de la familia Centropomidae.

De acuerdo con la muestra de peces obtenida, se determinó que la población de peces del género *Centropomus*, que habitan dentro los canales de la finca camaronera San Bernardo, presentan un tipo de crecimiento isométrico ya que, al crecer, incrementan proporcionalmente su longitud y peso.

La muestra de individuos analizados en este estudio, evidenciaron que existe una correlación positiva entre la longitud total y peso total con el ancho, peso de la gónada, peso del hígado y peso del corazón.

Recomendaciones

Reproducir en cautiverio el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) para comprender y observar el ciclo reproductivo de este pez.

Realizar estudios sobre la biología reproductiva el robalo blanco con un mayor número de individuos y durante un periodo de tiempo más prolongado para coincidir con la época reproductiva y la época de reposo, y de esa manera poder comparar el comportamiento y características que presenten los peces en cada época.

Llevar a cabo más estudios para generar información sobre la biología reproductiva del robalo blanco.

Referencias

- Aliaume C, Zerbi A, Miller JM. 2005. Juvenile snook species in Puerto Rico estuaries: distribution, abundance and habitat description. En: Goodwin M, Acosta A, editores. Proceedings of the Forty-Seventh Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Vol. 47. Fort Pierce, Florida: Gulf and Caribbean Fisheries Institute. p. 499–519. en; [consultado el 1 de may. de 2021]. http://aquaticcommons.org/14118/1/gcfi_47-31.pdf.
- Caballero Chávez V. 2011. Reproducción y fecundidad del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) en el suroeste de Campeche. *Ciencia Pesquera*; [consultado el 1 de may. de 2021]. 19(1):34–45. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/536950/CP19_1_-05_Reproduccion_y_fecundidad_del_robalo_blanco_en_el_suroeste_de_Campeche.pdf.
- Contreras Sánchez WM, Contreras García MDJ, Mcdonal Vera A, Hernández Vidal U, Cruz Rosado L. 2014. Avances en la inducción al desove y desarrollo embrionario en cautiverio de *Centropomus poeyi*. *Kuxulkab'*; [consultado el 20 de feb. de 2021]. 20(38):5–11. es. <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/1057>. doi:10.19136/kuxulkab.a20n38.1057.
- Contreras Sánchez WM, Contreras García MDJ, Mcdonal Vera A, Hernández Vidal U, Cruz Rosado L, Martínez García R. 2015. Manual para la producción de robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) en cautiverio. 2ª ed. Villahermosa, Tabasco, México: [sin editorial]. ISBN: 978-607-606-289-0; [consultado el 28 de sep. de 2020]. <https://pcientificas.ujat.mx/index.php/pcientificas/catalog/download/76/67/270-1?inline=1?inline=1>.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*; [consultado el 24 de abr. de 2021]. 22(4):241–253. doi:10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x.
- Gassman JP, López Rojas H, Padrón D. 2016. Reproducción de los róbalos *Centropomus undecimalis* y *C. ensiferus* (Perciformes: Centropomidae) en una laguna costera tropical. *Revista de Biología*

Tropical; [consultado el 2 de may. de 2021]. 65(1):181. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23614>. doi:10.15517/rbt.v65i1.23614.

Gómez Ortiz MG, López Navarrete H, Arteaga Peña R, Balderas Telles J, Acosta Barbosa G. 2015. Parámetros poblacionales, biológicos y pesqueros de robalo blanco *Centropomus undecimalis* del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, México. *Ciencia Pesquera*; [consultado el 4 de mar. de 2021]. 23(2):45–57. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194907/G_mez_et_al_2015.pdf.

Maldonado García MC. dic. 2004. Estudio de la biología reproductiva del robalo paleta *Centropomus medius* (Günther 1864) para su aplicación en acuicultura [Tesis Doctoral]. La Paz, México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 139 p; [consultado el 28 de sep. de 2020]. http://dspace.cibnor.mx/bitstream/handle/123456789/564/maldnado_m.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Medina M, Espinoza Y, Reyes W. 2019. Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*; [consultado el 26 de abr. de 2021]. 30(3):1018–1029. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v30n3/a04v30n3.pdf>.

Perera MA. 2006. Biología pesquera del robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Pisces: centropomidae), en el Puerto Barra de San Pedro, municipio de Centla, Tabasco [Tesis Maestría]. Villahermosa, Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 69 p; [consultado el 30 de abr. de 2021]. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000040062>.

Perera García MA, Mendoza Carranza M, Páramo Delgadillo S. 2008. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en Barra San Pedro, Centla, México. *Universidad y Ciencia*; [consultado el 2 de may. de 2021]. 24(1):49–59. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792008000400006.

- Rivas LR. 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists; [consultado el 1 de may. de 2021]. 1968(3):579–611. doi:10.2307/1444940.
- Roberts SB, Jackson LF, King W, Taylor RG, Grier HJ, Sullivan CV. 1999. Annual Reproductive Cycle of the Common Snook: Endocrine Correlates of Maturation. Transactions of the American Fisheries Society; [consultado el 2 de may. de 2021]. 128(3):436–445. <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1577/1548-8659%281999%29128%3C0436%3AARCOTC%3E2.0.CO%3B2?scroll=top&needAccess=true>.
- Segura Guevara FF, Charles William ON, Martha Lucía CO. 2011. Relación longitud-peso de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia. Acta Biológica Colombiana; [consultado el 1 de may. de 2021]. 16(1):77–86. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/12716>.
- Tagarao SM. 2020. Length-Weight Relationship (LWR), Gonadosomatic Index (GSI) and Fecundity of *Johnius borneensis* (Bleeker, 1850) from Lower Agusan River basin, Butuan City, Philippines. Journal of Aquaculture Research & Development; [consultado el 27 de abr. de 2021]. 11:598. <https://www.longdom.org/open-access/lengthweight-relationship-lwr-gonadosomatic-index-gsi-and-fecundity-of-johnius-borneensis-bleeker-1850-from-lower-agusan.pdf>.
- Tapia Varela JR, Palacios Delgado DS, Romero Bañuelos CA, Ruiz Bernés S, Padilla Noriega R, Nieto Navarro JR. 2020. Relación talla-peso y factor de condición de *Centropomus viridis* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae) en la costa norte de Nayarit. Acta Universitaria; [consultado el 2 de may. de 2021]. 30:1–7. doi:10.15174/au.2020.2123.
- Zarza-Meza EA, Berruecos-Villalobos JM, Vásquez-Peláez C, Álvarez-Torre P. 2005. Cultivo experimental de robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) y chucumite *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes: Centropomidae) en agua dulce en un estanque de concreto

en Alvarado, Veracruz, México. *Veterinaria México*; [consultado el 2 de nov. de 2020]. 37(3):327–333. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000400002.

Anexos

Anexo A

Proceso de aclimatación de los robalos al llegar a Zamorano



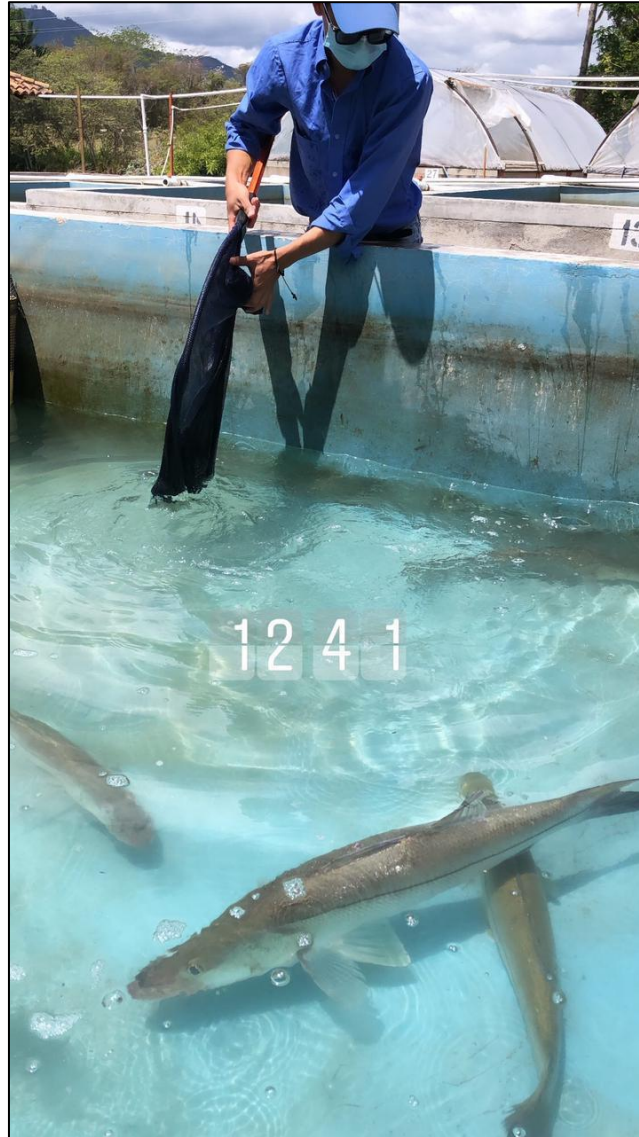
Anexo B

Ejemplares de C. undecimalis en el tanque que fueron transportados



Anexo C

Ejemplares de C. undecimalis en cautiverio en la Unidad de Acuacultura, Zamorano



Anexo D

Testículos de C. undecimalis en estadio ii (en desarrollo) de madurez gonádica



Anexo E

Testículos de C. undecimalis en estadio i (inmaduro) de madurez gonádica



Anexo F

Ejemplar hembra, Centropomus medius



Anexo G

Agallas, intestinos, gónadas y corazón de un ejemplar macho de C. undecimalis

