

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA**

**Evaluación biológica y pesquera de la población de aguja
pajarito o ballyhoo (*Hemiramphus saltator*) en el Golfo
Dulce, Pacífico Sur de Costa Rica**



Documento Técnico N° 3

Autor: Biol. Berny Marín Alpízar

Mayo 2011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO GENERAL	4
3. METODOLOGÍA	4
3.1 Biología de la especie	4
3.2 Generalidades del Estudio	6
3.2.1 Fecha y lugar del estudio	6
3.2.2 Área de estudio	6
3.2.3 Método del muestreo de campo	6
3.2.4 Análisis biológico de las muestras en el laboratorio	7
3.3 Crecimiento	10
3.3.1 Crecimiento en longitud y número	10
3.3.2 Proporción machos a hembras	11
3.3.3 Crecimiento en peso	11
3.3.4 Frecuencia por talla	11
3.3.5 Relación longitud – peso	11
3.3.6 Parámetros de crecimiento	11
3.3.7 Cálculo de la edad	12
3.4 Épocas de Desove	12
3.5 Patrón de Reclutamiento	13
3.6 Talla de primera madurez	13
3.7 Abundancia	14
3.8 Tasas de Mortalidad y de Explotación	14
3.8.1 Tasas de Mortalidad Natural	14
3.8.2 Mortalidad Total	14
3.8.3 Mortalidad por pesca	14
3.8.4 Tasa de Explotación	14
3.9 Análisis de las capturas y de la pesquería del ballyhoo.	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Crecimiento	15
4.1.1 Crecimiento en longitud y número	15
4.1.2 Proporción machos a hembras	16
4.1.3 Crecimiento en peso	17
4.1.4 Frecuencia por talla	17
4.1.5 Relación longitud – peso	19
4.1.6 Parámetros de crecimiento	20
4.1.7 Cálculo de la edad	20
4.2 Épocas de Desove	21
4.3 Patrón de Reclutamiento	23
4.4 Talla de primera madurez	24
4.5 Abundancia	25
4.6 Tasas de Mortalidad y de Explotación	26
4.7 Análisis de las capturas y de la pesquería del ballyhoo.	27
5. CONCLUSIONES	30
6. RECOMENDACIONES	32
7. AGRADECIMIENTOS	32
8. BIBLIOGRAFÍA	33

1. INTRODUCCIÓN

El Golfo Dulce está situado en el pacífico sur de Costa Rica, tiene un área aproximada de 680 kilómetros cuadrados y con características de fiordo tropical, de los que sólo se conocen cuatro en el mundo (Fargier, et al 2009). Este tiene una cuenca interior con fuertes pendientes que alcanzan una profundidad máxima de 215 metros y una cuenca exterior plana (hacia su boca) que mantiene una profundidad promedio de 60 metros. La topografía hace que la circulación del agua sea muy reducida (Quesada, M.A. y J. Cortés (2003).

Este Golfo es un sitio con poca capacidad de amortiguamiento de impactos ambientales contiene gran variedad de hábitat, desde aguas someras (manglares, intermareales y arrecifes de coral) hasta aguas casi oceánicas (las zonas profundas del interior), donde hay diversidad de invertebrados, peces, aves marinas, reptiles y poblaciones de cetáceos. Una gran cantidad de especies de peces depende de los arrecifes que tiene este golfo.

Según Campos (1989), en ese año los artes de pesca más importarte en el Golfo Dulce eran el trasmallo o red de enmalle, línea, cuerda y chinchorro, siendo las especies más importantes los pargos, macarelas, robalos y tiburón y en ese año todavía no se utilizaba el cachador o scood, ni se pescaba el ballyhoo. Esta se convierte en una especie de alto interés comercial al darse un incremento de la pesca turística y deportiva y por su alto valor comercial al utilizarse como carnada en estas pescas. El ballyhoo es un pez aguja, que se ha venido pescando formalmente desde el año 2006 y su pesca ha sido sostenible hasta ahora, pero es necesario evaluar el estado de sus poblaciones.

La pesca de esta aguja es buena en el Golfo Dulce, debido a las condiciones naturales que tiene el mismo, tales como aguas claras y tranquilas y también debido al incremento de la demanda de esta especie por parte de la pesca turística y deportiva. Por esto, en la época de verano este tipo de pesca se ha venido realizando intensivamente, cuando se dedican a pescar hasta más de 14 embarcaciones, con pescadores locales y algunos provenientes de Guanacaste.

El Golfo Dulce, al igual que otras zonas como el Golfo de Nicoya, han venido sufriendo del aumento del esfuerzo pesquero, lo cual hace que las poblaciones de peces se disminuyan y por tanto los pescadores ven disminuidas sus entradas económicas. Una de las soluciones que ha venido proponiendo el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) es la creación de Áreas Marinas de Pesca Responsable (AMPR), para lo cual estableció las regulaciones de creación en el Acuerdo N° 138-2008 y que vio sus frutos en junio 2010, cuando ese Instituto crea el AMPR del Golfo Dulce.

La Oficina Regional de Pesca del Incopeca en Golfito y los pescadores autorizados para la pesca del ballyhoo en conjunto con la Federación Costarricense de Pesca Turística, interesados en conocer el estado de las poblaciones de ballyhoo solicitaron al Departamento de investigación del Incopeca, que se que se realizara una investigación tendiente a evaluar el estado del recurso y así poder regular sus capturas. La misma, se realizó durante los años 2009 a 2001 y los resultados son presentados en el siguiente informe.

2. OBJETIVO GENERAL

Conocer el comportamiento biológico pesquero de la aguja pajarito (*Hemiramphus saltator*) en el Golfo Dulce del Pacífico costarricense para recomendar medidas de manejo.

Objetivos Específicos

1. Determinar la distribución y abundancia relativa del recurso.
2. Determinar la estructura poblacional en cuanto a tamaños, sexos y estadios de madurez sexual.
3. Determinar el comportamiento reproductivo de la especie en cuanto a épocas de desove y establecer las tallas de primera madurez para esta especie.
4. Calcular los parámetros de crecimiento y los parámetros a y b de la relación de longitud peso, con el objetivo de calcular la longitud y peso por edad.
5. Determinar las tasas de mortalidad y de explotación de la aguja pajarito y así determinar su estado actual de explotación.
6. Presentar recomendaciones de manejo del recurso.

3. METODOLOGÍA

3.1 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE.

Uno de los trabajos principales, con el cual se inició la investigación, fue el determinar cuál era la especie de ballyhoo que existía en el Golfo Dulce, ya que al parecer existían 3 especies, la de pico rojo que era pequeña, el ballyhoo azul y el verde (Foto 1). Se utilizaron las claves de la FAO (Fischer et al 1995) y también la página web de Fishbase (Froese, R. y D. Pauly. 2009), lográndose concluir que la especie pico rojo era *Hyporhamphus unifasciatus*, la cual crece hasta un máximo de 20 centímetros, lo cual la hace no comercial. Por otro lado, en cuanto a las agujas pajaritos azules y verdes son la misma especie: *Hemiramphus saltator*, la cual en su estadio juvenil es azul y vive en cardumen en el centro del Golfo Dulce, mientras que en estado adulto se vuelve solitario y vive cerca de la costa, principalmente entre Puerto Jiménez y Puntarenitas. Las capturas más importantes para los pescadores son las de ballyhoo verde, que es más grande y de mejor precio en los torneos de pesca deportiva y turística.



Foto 1: Especies de ballyhoo encontradas en el Golfo Dulce, arriba *Hyporhamphus unifasciatus* y las otras son *Hemiramphus saltator*, en medio el azul y abajo el verde.

Taxonomía:

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Beloniformes

Familia: Hemiramphidae

Género: *Hemiramphus*

Especie: *Saltator*

Nombres comunes: aguja pajarito, Pajarito volador, pez aguja, ballyhoo.

Morfología: Cuerpo alargado y delgado. Mandíbula inferior muy prolongada, mandíbula superior corta, triangular y desprovista de escamas, cresta preorbitaria (cresta por debajo del orificio nasal) ausente, ventana de la nariz en un hoyo antes del ojo. Número total de branquiespinas en el primer arco branquial: 31 a 46 (9 a 14 en la rama superior y 23 a 32 en la inferior), aletas sin espinas, las aletas dorsales y anales están en la parte posterior del cuerpo, la dorsal con 12 a 15 (generalmente 13 a 14) y la anal con 11 a 13 radios, aletas pectorales largas, sus extremos sobrepasan el borde anterior a la foseta nasal cuando se doblan hacia adelante y con 10 a 12 (generalmente 11) radios, aleta caudal profundamente ahorquillada, el lóbulo inferior mucho más largo que el superior. Con la línea lateral baja en el lado del cuerpo. Las escamas son grandes y lisas (Froese y Pauly, 2009).

Color: dorso azul oscuro, flancos y vientre blanco plateado, extremo de la mandíbula inferior rojo y por debajo de color negruzco, lóbulo superior de la aleta caudal azul-violeta con el extremo rojo, lóbulo ventral azulado. Plateado azulado en los lados de la cabeza.

Tallas: por lo menos de 40 a 45 cm de longitud total y longitud común de 33 a 35 cm.

Hábitat: Es una especie de aguas oceánicas y costeras que vive cerca de la superficie formando cardúmenes de adultos de tamaño apreciable.

Profundidad: 0 a 5 metros.

Distribución: Pacífico oriental, del Golfo de California a Chile y en las Islas Galápagos, el Coco y Malpelo.

Clima: tropical y subtropical.

Migración: Oceanódromo, emigrando a lo largo del océano pacífico, a sus diversas áreas de alimentación, las cuales pueden ser cíclicas (Froese y Pauly, 2009)

Reproducción. Son ovíparos, con larvas planctónicas. Los huevos se pegan a objetos flotantes a través de filamentos.

Alimentación: Se alimenta de pequeños peces y organismos planctónicos.

Pesca y utilización: Ha sido registrada en mercados de Panamá. En el caso de Costa Rica se utiliza principalmente como carnada en la pesca deportiva.

3.2 GENERALIDADES DEL ESTUDIO

3.2.1 Fecha y lugar del estudio.

La investigación se inició en abril 2009, fecha en que se hizo el primer muestreo de campo, continuándose con muestreos mensuales que finalizaron en abril 2001, sin embargo, por problemas logísticos, en algunos meses no se pudieron llevar a cabo los muestreos. Para la obtención de la muestra mensual, se realizó un viaje vía terrestre al Golfo Dulce, precisamente a la comunidad de Puerto Jiménez, con el fin de coordinar y participar en dos faenas de pesca dirigida y obtener la muestra requerida.

3.2.2 Área de estudio.

El área de estudio fue el Golfo Dulce (Figura 1), teniendo a Puerto Jiménez como el lugar en donde se centró la investigación, trabajando principalmente con la Asociación de Pescadores de esa comunidad. La mayoría de los muestreos de campo se realizaron en el área del polígono en verde, que mide aproximadamente 33.83 kilómetros cuadrados. En esta zona se concentran las poblaciones de ballyhoo verde, que son los adultos y solitarios y a la vez el objetivo de pesca principal de los pescadores, por tener un mayor tamaño. La zona está comprendida entre los siguientes puntos geográficos:

1: 08°32'33''N y 83°17'50.99''W	7: 08°27'32.69''N y 83°15'4.79''W
2: 08°32'33.59''N y 83°16'57.62''W	8: 08°27'20.7''N y 83°14'14.79''W
3: 08°32'7.29''N y 83°17'1.29''W	9: 08°29'16.19''N y 83°14'25.9''W
4: 08°31'19.09''N y 83°17'2.69''W	10: 08°30'53.2''N y 83°14'39.5''W
5: 08°30'7.49''N y 83°17'8.99''W	11: 08°32'24.29''N y 83°15'28.79''W
6: 08°29'34.29''N y 83°16'48''W	12: 08°32'51.19''N y 83°17'3.1''W

Por otro lado, el ballyhoo azul juvenil se concentra en el polígono en rojo (Figura 1) y este se mueve en cardumen. Para tener datos de toda la población, también se realizaron algunos muestreos en esa zona, la cual mide aproximadamente 127.49 kilómetros cuadrados y está ubicada hacia el centro del Golfo Dulce. La misma está delimitada por las siguientes coordenadas:

13: 08°30'58.61''N y 83°12'48.23''W	16: 08°40'49.53''N y 83°22'11.71''W
14: 08°32'1.75''N y 83°10'42.1''W	17: 08°39'42.81''N y 83°23'53.98''W
15: 08°36'26.99''N y 83°13'07.27''W	18: 08°33'35.68''N y 83°14'45.32''W

3.2.3 Método del muestreo de campo.

El método de pesca que se utiliza para pescar ballyhoo es muy amigable ecológicamente hablando, el cual consiste en utilizar luces durante la noche para ubicar a los peces y desde la proa de una panga que se mueve a baja velocidad, proceder a atrapar los peces, para lo cual se utiliza un scoop o cachador grande (Figura 2). El cachador consiste de un tubo de 1.27 centímetros de grueso y 2.5 metros de largo aproximadamente, el cual tiene al final un aro también de aluminio u otro metal, de 40 centímetros de diámetro y del cual cuelga una red de 0.64 centímetros de luz de malla y de 60 centímetros de alto. Este método de pesca permite únicamente capturar los individuos que el pescador necesite, en este caso mayores a los 27 centímetros y a su vez permite liberar con vida a los que no tengan esta longitud.



Figura 1: Mapa de la zona de estudio, el Golfo Dulce, en donde se presentan en el polígono rojo al área de pesca de ballyhoo azul y en el verde el área de pesca del ballyhoo verde



Figura 2: Cachador o scood utilizado para la pesca del ballyhoo en el Golfo Dulce.

Los peces eran capturados por pescadores que se dedican a la captura de este pez y en presencia de funcionarios del Departamento de Investigación Pesquera del Incopescas, quienes se aseguraron de que se pescara la muestra al azar, principalmente sin menospreciar entre pequeños y grandes. Los individuos capturados eran pasados inmediatamente a una hielera de 80 litros y cubiertos con hielo para su preservación, para ser trasladados posteriormente al laboratorio. La hora de salida fue casi siempre aproximadamente a las 7 PM y con regreso a la 1 AM del día siguiente, tiempo en el cual se colectaba una muestra mínima mensual de aproximada de 200 individuos. El tiempo dedicado a la captura y el número de individuos capturados fue siempre registrado, con el objetivo de tener una idea de la captura por unidad de esfuerzo, que en este caso nos da una idea más de abundancia que de captura.

3.2.4 Análisis biológico de las muestras en el laboratorio

En el laboratorio, a cada individuo se le midió la longitud total con un ictiómetro de un metro, la cual se tomó desde el extremo de la mandíbula inferior, hasta el extremo del

lóbulo inferior de la aleta caudal (Figura 3). Además, a cada individuo se le tomó el peso total y eviscerado con una balanza electrónica marca Ohaus de 400 gramos y 0.1 gramo de precisión. Los datos se registraron en formularios usados con ese propósito y luego digitados en una base de datos en el Programa Excel, para su análisis posterior. En total se midieron y pesaron 2905 machos y 1615 hembras y 296 individuos fueron indefinidos, o sea que no se pudo determinar su sexo, para un total de 4816 ballyhoo muestreados.



Figura 3: Forma en que se midió la longitud total a los individuos de *Hemiramphus saltator*.

Se utilizó equipo de disección y cada ejemplar fue abierto en la parte abdominal para la determinación del sexo y el estado de madurez sexual, para lo cual se preparó una escala macroscópica de madurez gonadal para hembras de esta especie, ya que no existía, y basada en la clasificación de etapas de madurez propuesta por Cubillos, 2005; IMARPE 2009 e IMARPE 2009 B). Las vísceras y las gónadas se extrajeron, anotando el peso eviscerado y en el caso de las hembras, las gónadas también se pesaron con la balanza antes descrita.

Un detalle importante en la realización de esta escala es la diferencia que existe en el contenido gonadal de machos a hembras. En el caso de los machos, este es amarillo blancuzco y de forma aplanada (figura 4) mientras que en el caso de las hembras este es tubular y con coloración que depende de su madurez.



Figura 4: Gónadas de los machos de *Hemiramphus saltator*, en donde se puede observar su forma aplanada.

La escala macroscópica preparada de madurez gonadal para hembras de aguja pajarito es la siguiente:

Estadio I.- Inmadurez Virginal

En este estadio estarían comprendidos los ejemplares juveniles, o sea aquellos, que recién inician el primer ciclo sexual y comprendería a los ejemplares cuyas longitudes totales oscilan entre los 16 y 30 cm, ya que a estas longitudes es posible determinar la

diferencia morfológica entre ovario y testículo. En la observación macroscópica, los ovarios, son tubulares delgaditos de aspecto brillante y la coloración rojiza pálida y bien pegados a la parte posterior de la cavidad visceral detrás del intestino y sobre la vejiga natatoria. En los meses que no existe pico de reproducción, también se pueden encontrar individuos con este estadio y de tallas mayores a los 30 cm.

Estadio II.- Madurante Inicial o Recuperados

En este estadio estarían comprendidos los ejemplares juveniles y aquellos ejemplares adultos que después del período de reversión ovárica y reposo, reinician un nuevo ciclo sexual, prácticamente alrededor de los 22 cm a los 32 cm de longitud total y además, los que inician su maduración. Los ovarios son más alargados, tubulares más voluminosos o turgentes y la coloración es rojo intenso, la irrigación se acentúa contienen ovocitos de tamaños muy pequeño (Figura 5).

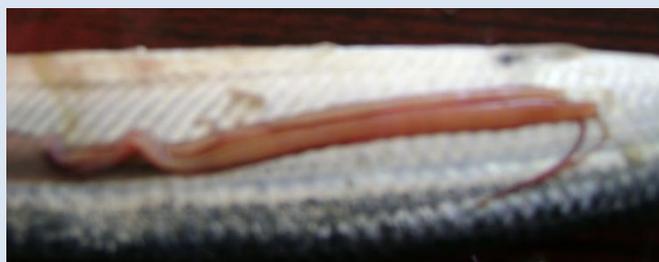


Figura 5: Gónada de una hembra de ballyhoo con estadio II de madurez. Nótese la forma tubular de cada uno de los conductos gonadales.

Estadio III.- Madurez Intermedia: Los ovarios aumentan de tamaño, conservando su forma cilíndrica y bastante turgente. La irrigación de las gónadas por arterias aumenta e incluso empiezan a extenderse, y la gónada tiene un color rojiza clara a amarilla. Se observa la masa gonadal pero a simple vista no se observan todavía los óvulos (Figura 6).



Figura 6: Contenido gonadal de una hembra de ballyhoo con estadio III de madurez. Nótese la forma tubular de cada uno de los conductos gonadales.

Estadio IV.- Madurante Avanzado o Hidratado

Los ovarios han aumentado de volumen y ocupan toda la cavidad visceral, son globuliformes, se observan los óvulos formados y translúcidos, color anaranjado intenso. Los ovarios se ven como granitos de arena (Figura 7).



Figura 7: Gónada de una hembra de aguja pajarito en estadio IV de madurez. Nótese su color amarillento y los óvulos pequeños se observan a simple vista.

Estadio V.- Liberación de Óvulos ó Parcialmente Desovante

En este, con frecuencia los óvulos salen al exterior al ejercer una pequeña presión y además se da la liberación de óvulos espontáneamente cuando el pez es sacado del agua. Las gónadas presentan coloración amarillo oscuro y sus óvulos se ven totalmente formados, formando una masa granulosa (Figura 8).



Figura 8: Contenido gonadal de una hembra de aguja pajarito con estadio V de madurez. Nótese su color amarillento a verde y los óvulos grandes se observan a simple vista

Según esta escala, los estadios I y II fueron considerados como hembras inmaduras, mientras que del III al V se determinaron como activos. Lo anterior, a utilizarse en el cálculo de la Talla de Primera Madurez.

3.3 CRECIMIENTO

3.3.1 Crecimiento en Longitud y Número.

Durante toda la investigación se capturaron y muestrearon individuos que median entre los 10 hasta los 40 centímetros (Foto 2). Se hizo el cálculo de la longitud promedio para machos y para hembras, utilizando primero filtros para separar por sexo en las base de datos de Excel y posteriormente utilizando tablas dinámicas. Esto se hizo con el objetivo de conocer si habían diferencias en tamaño entre sexo. Además, se prepararon tablas y gráficos de la distribución del número total de ballyhoo según sus tallas, con el objetivo de conocer si los individuos capturados ya habían alcanzado la talla de primera madurez.



Foto 2: Diferentes tamaños de ballyhoo muestreados en el Golfo Dulce.

3.3.2 Proporción machos hembras

Con el objetivo de conocer la proporción de machos a hembras en *Hemiramphus saltator*, se hicieron los cálculos de sus proporciones utilizando filtros y tablas dinámicas en Excel. Además, también se hicieron estas proporciones, pero por talla, para conocer si habían proporciones diferentes dependiendo del tamaño del ballyhoo.

3.3.3 Crecimiento en peso.

Utilizando el mismo procedimiento anterior en Excel, se hicieron cálculos del número de individuos según su peso, para conocer su distribución y además en cuales pesos se concentra la mayoría de individuos.

3.3.4. Frecuencias por talla

Utilizando tablas dinámicas de Excel, se prepararon las tablas de frecuencias por talla para todos los meses que duró el estudio. Estas son necesarias para realizar la mayoría de evaluación que se realizó con el Programa FISAT y que se detallará posteriormente, principalmente en el capítulo de los cálculos de los parámetros de crecimiento. Además, se seleccionó un año de muestreo, comenzando en diciembre 2009 y finalizando en noviembre 2010, el cual fue graficado con el objetivo de conocer como se iban distribuyendo las cohortes en los diferentes meses y a la vez observar de cómo iba cambiando la longitud promedio, según las cohortes y los meses.

3.3.5 Relación longitud - peso.

En el estudio de cualquier población, uno de los aspectos más importantes es el análisis de la relación que existe entre su longitud y el peso. Para esto, se graficaron todos los datos de ambas mediciones en Excel y se procedió a graficar también una línea de tendencia potencial, esto por el tipo de comportamiento que tienen estos datos. Luego, con el mismo programa se calculó su ecuación de regresión y además la correlación que existía entre los datos mediante el r cuadrado. Dos de los parámetros más importantes que se obtuvieron de la ecuación de regresión fueron a y b , los cuales nos sirven para calcular el peso de cualquier individuo, con solo contar con las tallas y utilizando la formula $P=a*L^b$, donde P es el peso, L es la longitud, a y b son los parámetros obtenidos con la ecuación de regresión. Además, a y b son necesarios, para junto con los parámetros de crecimiento realizar el cálculo de las edades de los individuos según su talla.

3.3.6. Parámetros de Crecimiento.

Un cálculo preliminar de estos parámetros y de la talla de primera madurez, se realizó en una pasantía que se realizó en el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), en donde se contó con el apoyo del Director Científico de dicho Instituto, el Dr. Renato Guevara y del Biólogo Edward Barriga, con quienes junto a mi persona se analizó la base de datos creada en Costa Rica. Posteriormente y con una base de datos más grande, se recalcularon estos parámetros estando ya en Costa Rica.

Como se detallará en el capítulo de resultados, no hubo diferencias entre las tallas de machos y hembras. Por esta razón, el cálculo de estos parámetros se realizó juntando los datos para ambos sexos. Una de los usos más importantes de los parámetros de crecimiento es el cálculo de la longitud total para cualquier talla, mediante la Ecuación de Von Bertalanffy: $L_t = L_\infty(1-e^{-K(t-t_0)})$, la cual considera lo longitud del cuerpo como una función de la edad (Sparre y Venema, 1992) y donde L_∞ es la longitud asintótica, o sea la longitud media de un pez muy viejo, K es el parámetro de curvatura que

determina la rapidez con que el pez alcanza L_{∞} . Por otro lado t es la edad y t_0 determina la edad en el cual el pez tiene una longitud cero, usualmente es negativo, ya que cuando el pez nace ya la larva tiene cierto tamaño.

Las tablas de frecuencias por talla, preparadas según capítulo 2.3.4, fueron insertadas en el Programa FISAT II, un programa creado por la FAO para la evaluación de recursos pesqueros. Con este programa y utilizando la rutina Powett Wetheral Plot, se calculó la longitud asintótica (L_{∞}). Seguidamente, utilizando L_{∞} calculada anteriormente y la rutina Elephant en el mismo programa, se procedió a calcular k . Con esta misma rutina y utilizando Plot VBGF Curve, o sea la curva de crecimiento de Von Bertalanffy, se obtuvo un gráfico, con el cual se puede conocer la posible edad que tiene *Hemiramphus saltator*. Finalmente, para el cálculo de tercer parámetro de crecimiento de la ecuación de Bertalanffy, el t_0 , se utilizó la fórmula de Pauly: $\log_{10}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \log_{10} L_{\infty} - 1,038 \log_{10} K$ y utilizando L_{∞} y k calculadas anteriormente.

3.3.7 Cálculo de la edad.

Uno de los métodos más utilizados para el cálculo de la edad es hacer el conteo de los anillos de crecimiento en otolitos, el cual es muy costoso y difícil de aplicar en peces de aguas tropicales, debido a que estos crecen todo el año y por tanto es difícil de hacer conteo de esos anillos. Otros métodos utilizados para el cálculo de la edad son el desarrollado por Bhattacharya y el de Progresión Modal, el cual se deriva de alguna manera del primero. Sin embargo, existe un método mucho más fácil para calcular la edad y es aplicable si se conocen los parámetros de crecimiento, junto con a y b que se obtengan del gráfico de talla versus peso (Capítulo 2.3.5) y este fue el que se utilizó en la evaluación que se realizó en el IMARPE. Para esto, primero se creó en Excel una columna ficticia de tallas de 0.2 centímetros de diferencia entre cada una de ellas, iniciando con edad 0 y terminando en la longitud asintótica, ya que, un pez no podría tener una longitud mayor a esta. Luego se creó una segunda columna con las tallas calculadas según la ecuación de Von Bertalanffy y con los parámetros de crecimiento calculados anteriormente y finalmente una columna de peso, utilizando la fórmula $P=a*L^b$. Con esto, podemos obtener la talla y el peso de cualquier individuo para cualquier edad, o sea, que también tenemos la edad para cualquier individuo.

3.4 ÉPOCAS DE DESOVE

El primer método consistió en graficar el número de hembras inmaduras y activas versus mes, para conocer si la aguja pajarito se reproduce todo el año y si así fuera, en que meses se dan los picos de reproducción.

El método más utilizado para determinar las épocas de reproducción es el cálculo del Índice Gonadosomático (IGS), el cual es determinado por la fórmula: $IGS = (PG/PE) * 100$ (Vazzoler, 1982) donde PG = peso de la gónada y PE = Peso Eviscerado. Este fue calculado para cada una de las hembras y luego con tablas dinámicas de Excel se calculó y se gráfico el IGS promedio versus el mes. El período de mayor actividad de desove se determina sobre la base de la variación mensual del IGS y los meses en donde el IGS es más alto corresponde a los meses de mayor desove (Canales y Leal, 2009).

El otro método que se utilizó para determinar épocas de desove fue el Índice de Condición de Fulton (Wootton, 1998), para lo cual se utilizó la fórmula: $FC = (PT/LT)^3$,

donde PT es el peso total y LT es la longitud total. Posteriormente, utilizando tablas dinámicas de programa Excel se calculó el FC promedio y se gráfico por mes.

3.5 PATRÓN DE RECLUTAMIENTO

El patrón de reclutamiento fue obtenido por medio del paquete computacional FISAT II, a partir de la proyección de datos de frecuencia de longitud obtenidos de los datos de los ballyhoo capturados y muestreados y usando los parámetros de crecimiento.

3.6 TALLA DE PRIMERA MADUREZ

Este se calculó utilizando la base de datos de solo hembras y de los meses en que estas estaban en reproducción (noviembre a abril). El primer método que se utilizó fue el cálculo de la madurez promedio por talla, el cual es utilizado en el IMARPE, Perú. Este cálculo se hizo utilizando tablas dinámicas de Excel y procediéndose posteriormente a realizar un gráfico de talla versus madurez promedio, en donde se trazó una línea horizontal que sale de la talla de madurez promedio y observar en que talla es que se cruza esta línea con el eje vertical que sale de la talla.

El segundo método que se utilizó fue el Incremento Relativo del Índice Gonadosomático (Vera, 2006), determinado por la fórmula $IR.IGS = ((IGS_{j+1} - IGS_j)/IGS_j) * 100$, donde IGS_{j+1} = IGS promedio de la clase de talla y IGS_j es el IGS promedio de la clase de talla j.

El tercer método y más utilizado es el de la proporción de madurez 0.5, o sea la talla a la cual el 50% de los individuos están maduros, cálculo que se utilizó según la metodología que utiliza el IMARPE, Perú y que se describe a continuación. Primero se utilizó la tabla de hembras inmaduras y activas producida según el capítulo 2.4 y la proporción se obtuvo dividiendo el número total de hembras activas (estadios 3 al 5), entre el total de hembras inmaduras (estadios 1 y 2), lo cual se hizo para cada talla. Al hacer un gráfico de estas proporciones por talla, se observa que existen puntos salidos de la curva, por lo que es necesario obtener un modelo de ajuste de la curva. Para esto, lo que se hizo fue obtener observaciones suavizadas (Proporciones suavizadas) mediante proporciones promedio entre la talla anterior, la posterior y la que se estaba calculando y así se continuó para cada una de las tallas. El próximo paso fue el cálculo de Z (en este caso Z no es la mortalidad total, si no que es un parámetro de cálculo del modelo teórico de la curva sigmoideal) para cada una de las tallas mediante la fórmula $Z = LN(\text{Observación suavizada}/(1-\text{observación suavizada}))$.

El paso siguiente fue un gráfico de tallas versus Z, pero solo para las Z calculadas en donde la observación suavizada era mayor a 0 y menos a 1, debido a que este cálculo está limitado por el logaritmo natural, que no existe para 1. De este gráfico se obtuvo la ecuación de regresión de donde se obtuvo a y b (son diferentes de los calculados en la relación talla versus peso). El próximo paso fue la determinación del teórico, que es una proporción teórica, basadas en a y b calculadas anteriormente y utilizando la fórmula: $T = (1/(1+EXP(-(a+(b*L))))))$. El próximo paso fue el cálculo de las diferencias de cuadrados, mediante la fórmula: $DC = (\text{Observación suavizada} - \text{Teórico})^2$, o sea, la diferencia entre las proporciones suavizadas y las proporciones teóricas, procediéndose inmediatamente a realizar la suma de las diferencias de cuadrados. A este último dato se le aplicó la rutina Solver del Programa Excel, con el objetivo de hacer una corrección de a y b y así tener un modelo teórico más ajustado a la curva de primera madurez.

3.7 ABUNDANCIA.

Una de las debilidades que tiene la presente investigación es la falta de datos de capturas de años anteriores de ballyhoo, por lo cual se hicieron varios oficios a diferentes Departamentos del Incopesca, solicitando se colecte esta información. En vista de que no existía y por tanto no podíamos tener idea de la abundancia, entonces se trabajó con las capturas y las horas que se utilizaron en obtener esa captura, para así al menos tener cierto criterio de cómo está la abundancia de esta especie. Por lo anterior se trabajó con los datos de muestreo para obtener la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), para lo cual se preparó un gráfico de captura por hora versus mes, en el cual se ploteó también la línea de captura por hora promedio y así conocer en cuales meses hubo más abundancia de ballyhoo.

3.8 TASAS DE MORTALIDAD Y DE EXPLOTACIÓN.

Es importante aclarar, que las tasas de mortalidad y de explotación se calculan en base a las capturas, las cuales, no se tenían. Sin embargo, para tener una idea, las mismas se hicieron basadas en las capturas realizadas durante los muestreos, las cuales fueron hechas por pescadores expertos en la captura del ballyhoo y en sus zonas de pesca y por tanto son un buen parámetro, principalmente por ser muestras de 2 años de investigación.

3.8.1 Tasas de Mortalidad Natural (N)

La mortalidad natural se midió utilizando el Programa FISAT y también el Programa Excel. En el caso del primero, se utilizó la rutina Pauly Equation, la cual solicita como requisito el tener la temperatura media del agua (28 °C) y además se insertaron los parámetros de crecimiento previamente calculados. Además se calculó también con la rutina Rikhter and Efanof Method, la cual solicita la edad a la cual la maduración de la especie es masiva, dándose 1.5 años (cuando la especie tiene 3 años y un 88% de los individuos están desovando).

En cuanto al Programa Excel, se calculó la mortalidad con 3 métodos. El primero fue $M1\%$ (longevidad), o sea que la mortalidad natural es igual al logaritmo natural del 1% dividido entre la edad máxima del pez capturado, en este caso 4 años. El segundo método fue el de Hewitt & Hoenig (2005), el cual establece que $M=4.22/\text{longevidad}$ y finalmente también se calculó con Hoenig (1983), donde $M=\text{EXP}(1.44-0.982*\text{LN}(\text{longevidad}))$. Una vez que se tuvieron las 5 mortalidades naturales calculadas, se obtuvo un promedio de ellas.

3.8.2 Mortalidad Total (Z)

Esta se calculó utilizando la rutina Length Converted Catch Curve del Programa FISAT, en el cual se insertaron los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y t_0 previamente calculados.

3.8.3 Mortalidad por Pesca (F)

La misma se calculó utilizando la formula $F=Z-M$, para lo cual se utilizó la mortalidad natural promedio de los cálculos antes realizados y la mortalidad total calculada según capítulo anterior.

3.8.4 Tasa de explotación (E).

La misma se cálculo utilizando la formula $E=F/Z$, donde F es la mortalidad por pesca y Z es la mortalidad total.

3.9 ANÁLISIS DE CAPTURAS Y DE LA PESQUERÍA DEL BALLYHOO.

La pesca de ballyhoo en el Golfo Dulce se inició desde hace varios años, sin embargo, la Oficina de Pesca de Golfito ni el Departamento de Estadística del Incopeca han iniciado el programa de recolección de facturas de venta de ballyhoo y su correspondiente digitación, por lo que no se tienen datos para realizar este análisis. Sin embargo, en los últimos meses, algunos pescadores entregaron facturas de venta, ya que se les informó que podían perder su licencia de pesca. Por lo anterior, se visitó la oficina de Pesca de Golfito, para revisar esas facturas y así tener conocimiento de la cantidad de ballyhoo que está capturando cada embarcación por noche. Además, se realizaron dos muestreos de captura en Puerto Jiménez a embarcaciones que pescan ballyhoo, para conocer si el ballyhoo capturado está bajo o sobre la talla de primera madurez.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 CRECIMIENTO

4.1.1 Crecimiento en Longitud y número.

En la tabla 1 se presenta la longitud promedio y máxima, según sexo, de todos los ballyhoo medidos en los 2 años de investigación. La longitud promedio y máxima para ambos sexos fueron muy parecidas, Siendo los machos (30.5 cm) levemente más largos que las hembras (30.2 cm). Esto es contrario a lo encontrado con otras especies de ballyhoo, tales como *H. brasiliensis* y *H. balao*, en las cuales las hembras son más grandes (McBride y Thurman, 2003). Por otro lado, la longitud promedio para ambos sexos fue de 30.3 centímetros. Por lo anterior, la mayoría del análisis de esta investigación se realizó juntando los individuos de ambos sexos. Finalmente, la cantidad de machos capturados fue mayor que el de las hembras (ver capítulo proporción machos hembras).

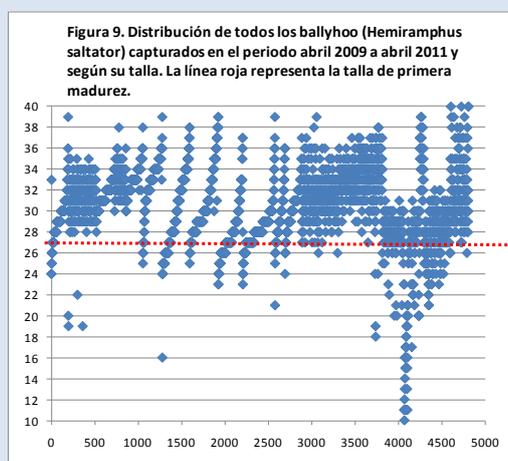
En cuanto a la captura total (en número) por talla de todos los ballyhoo muestreados, esta es presentada en la tabla 2 y gráficamente en la figura 9. Si tomamos una Talla de Primera Madurez (TPM) de 27 centímetros, entonces el 91.7% (4415 individuos) de todos los ballyhoo muestreados (4814 individuos) ya habían alcanzado esa talla.

Sexo	# Individuos muestreados	LT Promedio (cm)	LT Máxima (cm)
Hembra	1613	30.2	40
Macho	2905	30.5	39
General	4518	30.3	

Nota: en este análisis no se utilizaron los datos del muestreo de julio 2010, debido a que no se pudieron sexar al descomponerse la muestra.

Tabla 2: Número de ballyhoo *Hemiramphus saltator* capturados según talla en el periodo abril 2009 a abril 2011 en el Golfo Dulce, Costa Rica.

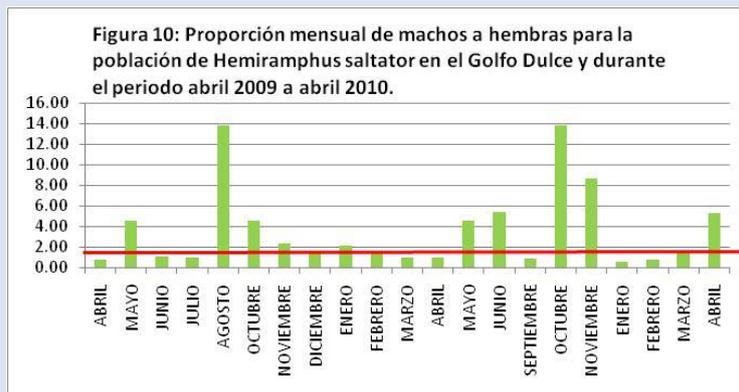
LT	N° Individuos	LT	N° Individuos	LT	N° Individuos
4	1	20	11	30	508
10	1	21	9	31	577
11	8	22	9	32	604
12	1	23	20	33	515
13	2	24	35	34	330
14	1	25	68	35	201
15	3	26	205	36	103
16	9	27	402	37	43
17	6	28	545	38	23
18	3	29	548	39	12
19	7			40	4
				Total genera	4814



4.1.2 Proporción machos hembras

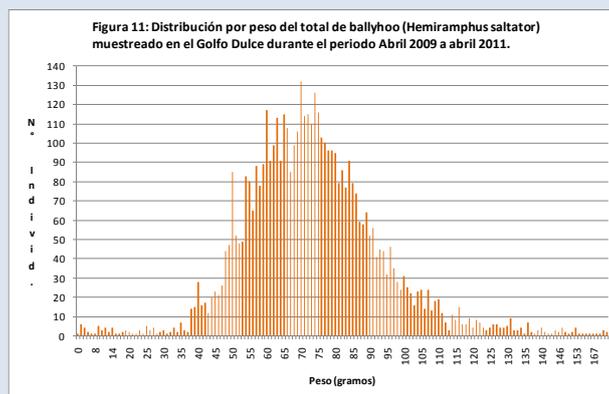
La proporción de machos a hembras de ballyhoo para el Golfo Dulce es presentada en la tabla 3 y gráficamente en la figura 10. En esta figura, la línea roja representa el promedio de todas las proporciones mensuales, el cual fue de 1.80:1. Como se observa en dicho gráfico, existen meses en los cuales existe una desproporción muy grande, los cual podría deberse a fenómenos de migración o a que exista separación entre machos y hembras de esta especie, para lo cual habría que hacer estudios más profundos. La proporción machos hembras encontrada en esta investigación es muy parecida a la encontrada para *H. brasiliensis* en México, la cual fue de 1.98:1 (Zamorano et al 2010) y aquí también se encontraron meses anormales, como lo fue junio 2004, en donde la proporción fue de 7:1. Lo anterior es contrario a la encontrada para la misma especie, pero en Florida, por McBride y Styer, 2002 (citado por Zamorano et al 2010), en la cual el número de hembras duplicó al de machos. Estos datos de nuevo exponen la posibilidad de que el ballyhoo se concentre en cardúmenes por sexo o que se den migraciones.

Tabla 3: Proporción mensual de machos a hembras para la población de <i>Hemiramphus saltator</i> en el Golfo Dulce, Costa Rica y durante el periodo abril 2009 a abril 2010								
AÑO	MES	PROPORCIÓN	AÑO	MES	PROPORCIÓN	AÑO	MES	PROPORCIÓN
2009	ABRIL	0.81	2010	ENERO	2.20	2011	ENERO	0.63
	MAYO	4.56		FEBRERO	1.66		FEBRERO	0.83
	JUNIO	1.13		MARZO	1.04		MARZO	1.60
	JULIO	0.96		ABRIL	1.00		ABRIL	5.29
	AGOSTO	13.78		MAYO	4.54		Promedio	1.80
	OCTUBRE	4.54		JUNIO	5.41			
	NOVIEMBRE	2.39		SEPTIEMBRE	0.90			
	DICIEMBRE	1.47		OCTUBRE	13.86			
				NOVIEMBRE	8.63			



4.1.3 Crecimiento en Peso

La distribución por peso del total de ballyhoo muestreado en el Golfo dulce es presentada gráficamente en la Figura 11. La mayoría de estos (4018 individuos) se concentra en los pesos que van de los 48 a los 96 gramos, lo cual representa el 83.4% de los individuos muestreados, mientras que el promedio estuvo en 73.5 gramos. Este peso es superior a los encontrados en México y en Estados Unidos para *H. Brasiliensis*, los cuales fueron de 57.14 g y 60.9 g respectivamente (Zamorano et al 2010) y por lo tanto, *H. Saltator* es más pesado que el ballyhoo estadounidense. Sin embargo, es necesario recordar, que el peso de los ballyhoo es variable y va a depender de su tamaño y de su estadio de madurez.



4.1.4 Frecuencias por talla

La tabla 2 presenta la frecuencia por talla del total de ballyhoo muestreados, lo cual a su vez es presentado gráficamente en la figura 12. La mayoría de los individuos muestreados (4435 ballyhoo que representan el 92.1%) se concentran en las tallas que van de los 26 a los 35 centímetros. Por su parte, en la tabla 14 y gráficamente en la

figura 13 es presentada la distribución de frecuencias para todos los ballyhoo muestreados en el periodo de diciembre 2009 a noviembre 2010, en los cuales se puede ver claramente como la longitud media de captura se va moviendo a partir de enero 2010, cuando inicia con una talla media de 29.7 cm y para el mes de noviembre 2010 ha alcanzado los 34.1 cm, mientras que en diciembre se da una mezcla entre dos cohortes. Esto se debe a la posible entrada al Golfo Dulce de un cohorte fuerte entre los meses de diciembre y enero, el cual comienza a ser capturado inmediatamente en los meses de verano y lo individuos que van quedando, de mayor tamaño, se continúan pescando durante todo el año, culminando su captura en el mes de noviembre, cuando su tamaño promedio a alcanzado los 34.1 cm y para diciembre se tiene una mezcla de los pocos individuos que quedaron del cohorte del año anterior, con el que está entrando.

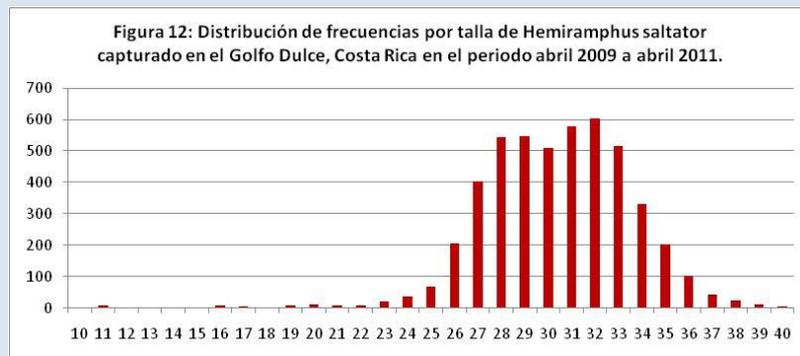


Tabla 4: Tabla de frecuencia por talla para *Hemiramphus saltator* muestreado en el periodo diciembre 2009 a noviembre 2010 en el Golfo Dulce. Se incluye la talla promedio mensual en rojo.

Mes	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	1											
17												
18											1	
19											1	
20		2										
21		2			1							
22		1										
23		4	2	1								
24	5		9	3		1					1	1
25	23	3	15	5	1							
26	42	9	60	27	4	5		2				
27	28	50	70	93	17	8	6	1			1	
28	45	94	41	101	22	19	4	6			2	
29	19	64	30	76	21	33	20	10		2	7	
30	15	21	14	38	19	32	31	40	2	5	6	1
31	23	2	10	14	13	49	46	70	13	17	14	3
32	30		12	2	5	29	37	55	45	62	20	6
33	31		13	2	5	9	23	37	40	71	47	18
34	28			3	1	5	4	8	19	48	47	16
35	15		2	2	3	3	5	7	9	10	35	15
36	6		2	3	4		7	2	4	4	21	11
37	3		2	1		1	1			1	5	4
38	2						1		1			2
39				1			1					
Total	316	252	282	372	116	194	186	238	133	220	208	77
Promed	29.7	27.9	27.9	28.3	29.4	30.3	31.3	31.4	32.8	32.8	33.3	34.1

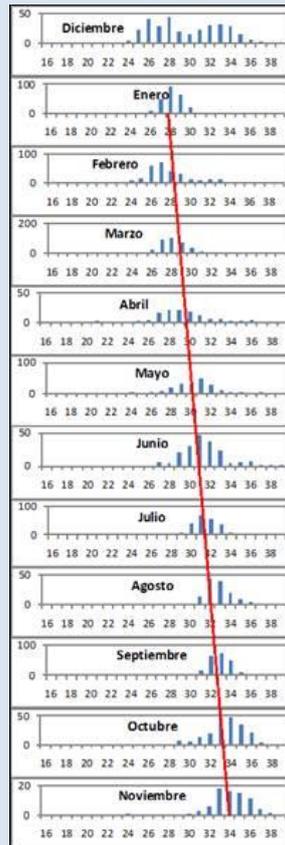


Figura 13: Distribución de frecuencias por talla para *Hemiramphus saltator* muestreado en el Golfo Dulce y en el periodo diciembre 2009 a noviembre 2010.

4.1.5 Relación Longitud – Peso.

En la figura 14 es presentada la relación longitud peso para todos los individuos de ballyhoo muestreados. La ecuación obtenida fue $P = 0.0188 * L^{2.4165}$, donde $a=2.4165$ y $b=0.0188$. Esta es la primera vez que se hace un estudio de este tipo para esta especie mientras que para *H. Brasiliensis* y *H. balao* si existen estudios en Estados Unidos (Mahmoudi y McBride, 2002), sin embargo las mismas se hicieron utilizando la longitud furcal, por lo que no permite su comparación. Estos autores también encontraron que no existen diferencias consistentes entre la relación longitud peso por sexo, lo cual refuerza más nuestro argumento de realizar este estudio, uniendo los datos de ambos sexos. Los datos de a y b de la relación longitud peso, junto con los parámetros de crecimiento son necesarios para el cálculo de la edad de *Hemiramphus saltator*, como se verá en el capítulo 3.1.7.



4.1.6 Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento calculados para *Hemiramphus saltator* y según las diferentes metodologías son presentados en la tabla 5, en la cual también se adjuntan los valores de a y b obtenidos de la Ecuación de Regresión del gráfico de longitud versus peso. No existe ningún estudio de este tipo para esta especie, con el cual comparar los resultados de esta investigación. En el caso de otras especies, el único estudio que se encontró fue hecho juntando las dos especies de ballyhoo de Florida, *H. Brasiliensis* y *H. balao* y además juntando sexos, encontrando un $K=0.587$ y L_{∞} de 32.5 cm, mientras que t_0 no fue calculado (FMRI, 2008). Estos parámetros son bastante parecidos a los encontrados para *H. saltator*, ya que el parámetro que difiere más es la longitud asintótica, sin embargo esta es calculada según la longitud furcal.

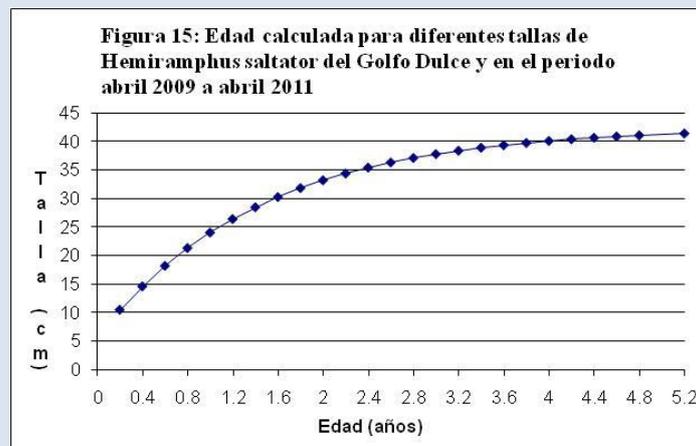
Tabla 5: Parámetros de crecimiento y valores de a y b calculados para <i>Hemiramphus saltator</i> en el Golfo Dulce y para el periodo abril 2009 a abril 2011		
Parametros	Valor	Método
L_{oo}	42.37	Powett Wetheral Plot
K	0.69	Elephant
t₀	-0.21	Ecuación Pauly
a	0.0188	Relación longitud
b	2.4165	versus peso

4.1.7 Cálculo de la edad

La edad calculada para diferentes tallas y pesos de ballyhoo es presentada en la tabla 6, en la cual se presentan en rojo los individuos mayores a 40 centímetros, de los cuales nunca se encontraron individuos de este tamaño, en los muestreos realizados en los 2 años de investigación, por lo cual se puede decir que la población de aguja pajarito del Golfo Dulce vive un máximo de 4 años y 40 cm de largo. Además se observa, que en el primer año de crecimiento los individuos están alcanzando los 24 cm de largo y 40.75 gramos de peso y todavía no están siendo capturados, si no que el ballyhoo se explota principalmente en su segundo año de crecimiento, cuando sus longitudes van de los 26 a los 34 cm (Figuras 12 y 15). Por otro lado, solamente se capturaron únicamente 716 individuos mayores a los 34 cm (14.9%), que son los individuos de edades 3 y 4. Por su parte, en la figura 15 se presenta gráficamente las diferentes edades para cada talla y en la cual se observa que a partir de los 4 años de edad, la aguja pajarito casi no crece, siendo su máximo crecimiento durante el primer año. La edad máxima encontrada para *H. saltator* de 4 años, es igual a la encontrada para *H. Brasiliensis* en Florida, pero diferente a la de *H. balao*, también en Florida, la cual fue de 2 años (McBride y Thurman, 2003; Mahmoudi y McBride, 2002) y también en ambos casos, la mayoría de las capturas se realiza durante el segundo año de vida (edad 1), cuando alcanzan un tamaño mayor a 20.9 cm de longitud furcal (McBride et al 1996).

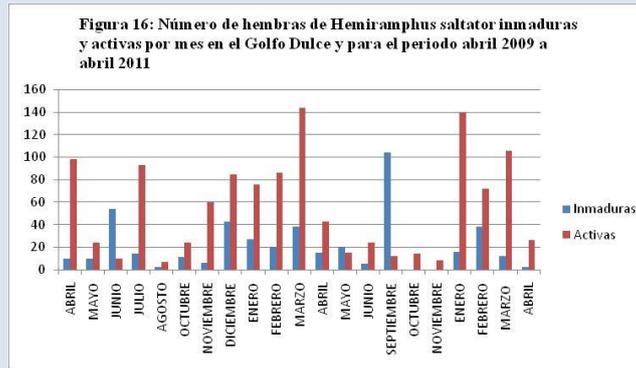
Tabla 6: Edad calculada para diferentes tallas y longitudes de Hemiramphus saltator y utilizando la ecuación de Von Bertalanfly y la ecuación de relación de longitud peso, juntos con los parámetros de crecimiento calculados para esta especie.

Edad	Talla	Peso
0.2	10.5	5.51
0.4	14.6	12.25
0.6	18.2	20.80
0.8	21.3	30.49
1	24.0	40.75
1.2	26.4	51.14
1.4	28.4	61.33
1.6	30.2	71.11
1.8	31.8	80.32
2	33.2	88.89
2.2	34.4	96.77
2.4	35.4	103.96
2.6	36.3	110.47
2.8	37.1	116.33
3	37.8	121.58
3.2	38.3	126.26
3.4	38.9	130.42
3.6	39.3	134.12
3.8	39.7	137.38
4	40.1	140.27
4.2	40.4	142.81
4.4	40.6	145.04
4.6	40.8	147.00
4.8	41.0	148.72
5	41.2	150.23
Formulas	$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$	$P = a * L^b$



4.2 Épocas de desove

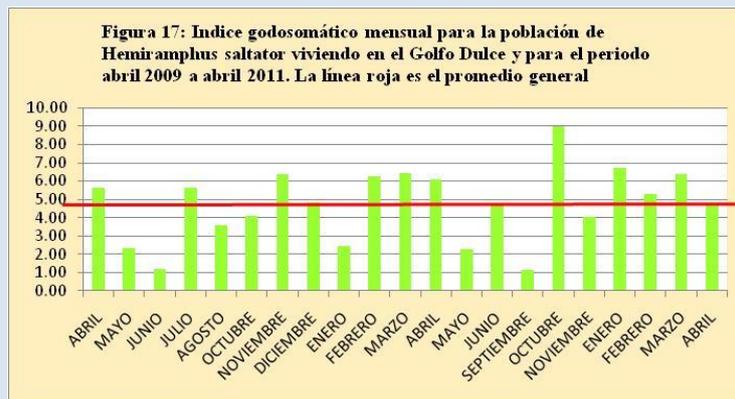
El número de hembras inmaduras y activas de ballyhoo, por mes, es presentado en la figura 17, donde se observa que existe reproducción todo el año, mientras que los picos de reproducción se da en los meses de verano, de noviembre a abril, especialmente de enero a marzo y un posible pico en julio.



En la tabla 7 y gráficamente en la figura 17 se presenta el índice gonadosomático mensual para la población de ballyhoo viviendo en el Golfo Dulce. De nuevo se encontró que la reproducción se da todo el año, pero principalmente en la época de verano y un posible pico en junio o julio, este segundo habría que comprobarlo en el futuro. En cuanto al mes de octubre 2010, se encontró que hubo una anomalía ya que la mayoría de los ballyhoo muestreados eran machos, encontrando únicamente 14 hembras, las cuales estaban en madurez 4 o 5, lo cual hizo que se elevara el índice gonadosomático. Por otro lado, si se tuviera un monitoreo mensual permanente, en el futuro se podría predecir los picos de reproducción, si inferimos que el mismo se da cuando se alcanza el IGS promedio que fue de 4.98.

Tabla 7: Índice Godosomático mensual para el ballyhoo del Golfo Dulce y para el periodo abril 2009 abril 2011.

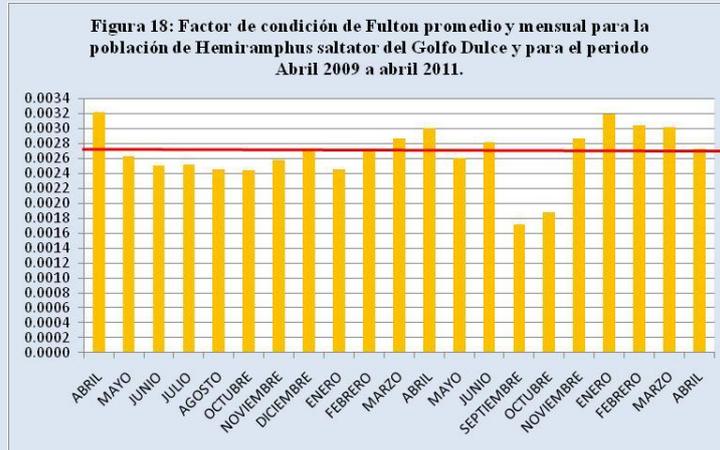
AÑO	MES	IGS PROMEDIO	AÑO	MES	IGS PROMEDIO	AÑO	MES	IGS PROMEDIO
2009	ABRIL	5.65	2010	ENERO	2.42	2011	ENERO	6.74
	MAYO	2.30		FEBRERO	6.26		FEBRERO	5.27
	JUNIO	1.16		MARZO	6.41		MARZO	6.39
	JULIO	5.66		ABRIL	6.07		ABRIL	4.64
	AGOSTO	3.56		MAYO	2.25		Promedio	4.98
	OCTUBRE	4.08		JUNIO	4.73			
	NOVIEMBRE	6.37		SEPTIEMBRE	1.12			
	DICIEMBRE	4.84		OCTUBRE	9.01			
				NOVIEMBRE	4.02			



El Factor de Condición de Fulton promedio y para la población de ballyhoo del Golfo Dulce es presentado en la figura 18, en la cual también se presenta en rojo el promedio general para todos los meses. De nuevo se observa que esta especie se reproduce en verano y en este caso parece que también en el mes de junio, lo que habría que comprobar en el futuro.

De acuerdo a los resultados de los tres métodos utilizados para determinar las épocas de reproducción, se puede concluir que la reproducción se da todo el año, aumentando en

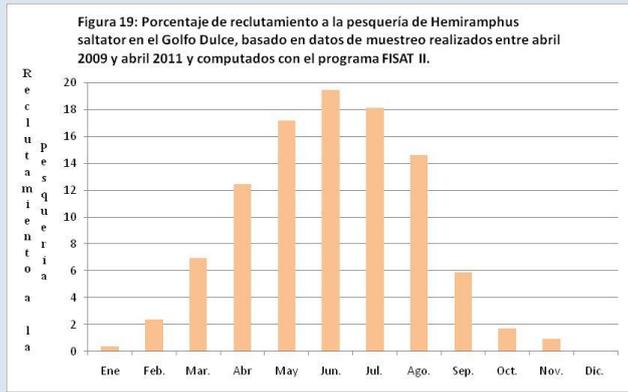
la época de verano (Noviembre a abril) con su pico entre enero a abril. Además, podría existir un pico más pequeño en los meses de junio y julio. Esta época de desove es diferente a la encontrada con *H. brasiliensis* en Florida, USA, donde su pico se da de marzo a junio, mientras que *H. balao* se reproduce de abril a agosto principalmente (McBride y Thurman, 2003; McBride et al 2003, Mahmoudi y McBride, 2002) y en el caso de ambas especies, también se reproducen todo el año.



4.3 Patrón de reclutamiento.

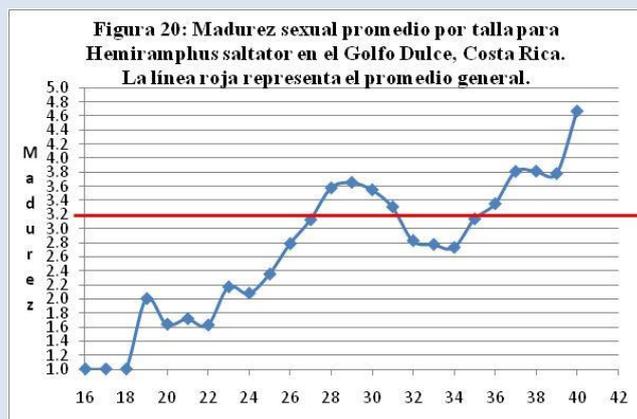
El porcentaje de reclutamiento a la pesquería del ballyhoo en el Golfo Dulce y calculado mediante el Programa FISAT II y utilizando frecuencias por talla es presentado en la figura 19. Es importante mencionar que el mismo está basado en datos de captura de los muestreos. Como se observa, el reclutamiento aumenta en marzo, llegando a su pico en mayo – julio y todavía en septiembre se da reclutamiento. En el caso de *H. brasiliensis*, una especie que tiene una talla muy parecida a *H. saltator*, este se recluta de un tamaño aproximado de 10 cm de longitud furcal (Mahmoudi y McBride, 2002) y una edad aproximada a los 3 – 4 meses (McBride et al 1996).

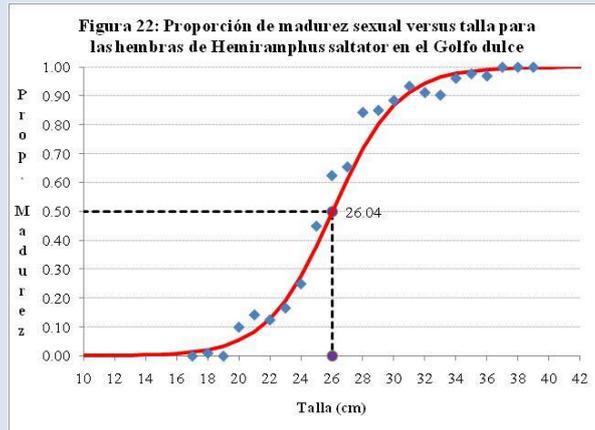
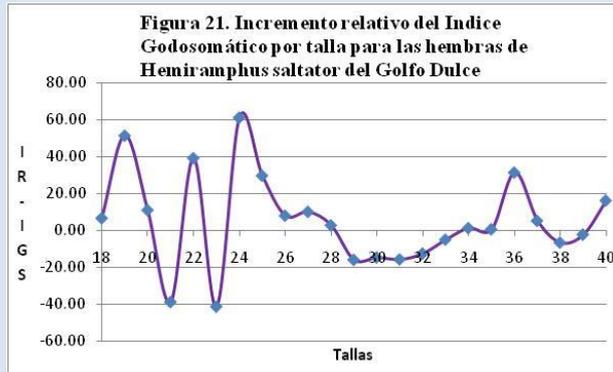
El patrón de reclutamiento de *H. saltator* es totalmente coincidente con sus épocas de reproducción, que tiene su pico de enero a abril. Si inferimos que *H. saltator* también se está reclutando a la población de unos 10 cm de longitud furcal, lo cual es aproximadamente unos 13 cm de longitud total, esto quiere decir que esa longitud la estarían alcanzando en marzo los primeros ballyhoo que se reproducen en diciembre y enero. Por otro lado, un ballyhoo dura aproximadamente otros 10 meses para alcanzar los 25-26 cm (Tabla 6) que es cuando comienzan a ser pescados con una talla pequeña, lo cual se daría en los meses de diciembre a enero y se demuestra en la tabla 4 y gráficamente en la figura 13. Por otro lado, los ballyhoo que se reprodujeron después y que por tanto su progenie se reclutó después, estos han estado siendo capturados actualmente en la época de verano, cuando las capturas aumentan en el Golfo Dulce.



4.4 Talla de primera madurez

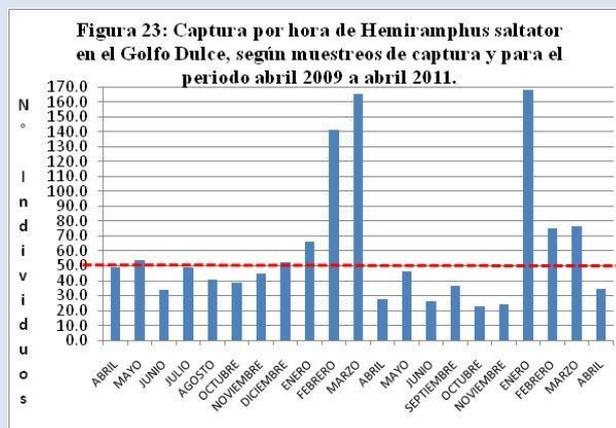
La madurez sexual promedio, para cada una de las tallas es presentada en la figura 20, donde la línea roja representa la madurez promedio general que fue de 3.2, lo cual nos da una talla de primera madurez aproximada de 27 centímetros. Por su parte, en la figura 21 es presentado el Incremento Relativo del Índice Gonadosomático para la aguja pajarito del Golfo Dulce, encontrándose que el máximo se encontró a los 24 centímetros con un incremento relativo del 60%, siendo esta la posible talla de primera madurez de esta especie. Finalmente la proporción de madurez sexual por talla para ballyhoo es presentada en la figura 22, en donde se encontró que la proporción 0.5 corresponde a 26.04, considerándose esta la talla de primera madurez. Las diferencias que se encuentran entre cada una de las metodologías es corriente en este tipo de investigación, por ejemplo Vera (2006) determinó la talla de primera madurez para la anguila *Ophichthus remiger* en Perú, utilizando el segundo y tercer método que se usaron en la presente investigación y encontrando que las mismas fueron 55 y 57.3 cm respectivamente, o sea una diferencia de 2 cm al igual que sucedió con nuestra investigación. Con respecto a *H. brasiliensis* y *H. balao*, las tallas de primera madurez calculadas fueron de 19.8 cm y 16 cm respectivamente (Mahmoudi y McBride, 2002), sin embargo estas son longitudes furcales, por tanto no se pueden comparar. En vista de que las tres tallas son parecidas y es necesario proteger al máximo la población, se escogió a 27 cm como la talla de primera madurez para *H. saltator* en el Golfo Dulce.





4.5 Abundancia

La captura por unidad de esfuerzo, como una medida de abundancia, al provenir los mismos de datos de muestreo y no de captura para la aguja pajarito, es presentada en la figura 23, donde se observa que en los meses de verano, principalmente enero a marzo es cuando la pesca es más efectiva, lo cual se debe a la mayor abundancia de esta especie, al estar entrando a la población los individuos provenientes de la reproducción del año pasado (Tabla 4 y figura 13) y su posterior reclutamiento. La línea roja en dicha figura representa el promedio de captura por hora general para todos los meses, el cual fue de 49.6 individuos por hora. Un punto importante de notar es que en los meses de febrero y marzo de 2010 y en enero 2011, se dio un aumento desmedido de la captura por hora, lo cual hizo que en los meses siguientes bajen significativamente las mismas y por tanto sea necesario regular el número de individuos capturados en esos meses, principalmente por ser meses de reproducción.



4.6 Tasas de mortalidad y de explotación.

Las tasas de mortalidad natural (M) para el ballyhoo del Golfo Dulce es presentado en la tabla 8 y para este estudio se tomará el promedio obtenido de todas las metodologías, el cual fue de 1.11. Esta es más alta que la calculada para *H. brasiliensis* en Florida, USA por Mahmoudi y McBride (2002), la cual fue de 0.75. Por su parte, la mortalidad total (Z) de la aguja pajarito del Golfo Dulce y calculada con el Programa FISAT es presentada en la figura 24 y la misma correspondió a 3.52. En la misma se observa que la edad absoluta para esta especie es de 4 años, lo cual coincide con los cálculos de edad realizados con el programa Excel. Esta Z es bastante diferente a la encontrada en las poblaciones de *H. brasiliensis*, donde se calculó un $Z=1.99$ (Mahmoudi y McBride, 2002).

Por su parte, la mortalidad por pesca (F) para *H. saltator* y utilizando los resultados de mortalidad natural y total antes anotados fue de 2.41. Esta también es bastante diferente a la encontrada para *H. brasiliensis* y por los mismos autores, que fue de 1.15. Finalmente, la tasa de explotación (E) fue de 0.68 para *H. saltator*. Con estos resultados se puede decir que la población de ballyhoo está sobre explotada. Mahmoudi y McBride (2002) exponen que cuando la mortalidad por pesca es más alta que la mortalidad natural, esto significa que la pesquería de *H. brasiliensis* está operando sobre el nivel de máximo rendimiento sostenido, lo cual a su vez es capaz de mantener la biomasa bajo el nivel de máximo rendimiento sostenible de la misma. Por su parte Sánchez et al (1998) exponen que una buena aproximación para conocer el estado de explotación del stock es saber que el rendimiento óptimo se alcanza cuando $F=M$, o sea que la fracción de muertes causadas por la pesca sea $E=0.5$ (Gulland, 1971), por lo que al *H. saltator* tener un $E=0.68$, se puede concluir que esta especie esta sobre explotada.

Tabla 8: Mortalidad natural de *Hemiramphus saltator* en el Golfo Dulce y calculado con diferentes metodologías.

Método	Mortalid Natural
M1%(longev)	1.15
Pauly(1980)	1.27
Rikhter&Efanov (1976)	0.98
Hewitt&Hoenig (2005)	1.06
Hoenig (1983)	1.08
M promedio	1.11

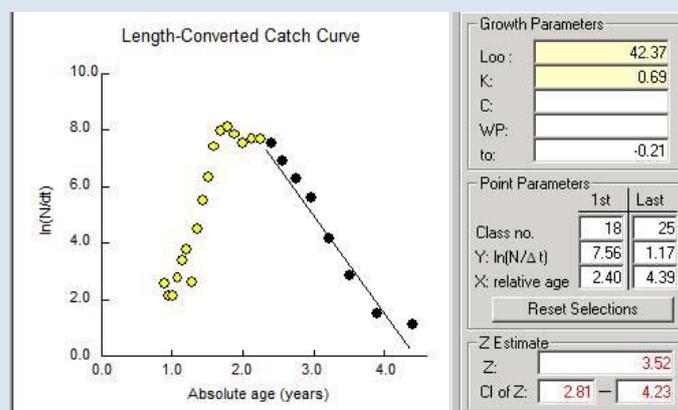


Figura 24: Tasa de mortalidad total de *Hemiramphus saltator* en el Golfo Dulce y para el periodo abril 2009 a abril 2011.

4.7 Análisis de capturas y de la pesquería del ballyhoo.

En los dos años de investigación se pudo comprobar que la población de ballyhoo del Golfo Dulce está dividida en dos, los adultos (verdes) que viven principalmente entre Pto. Jiménez hasta Puntarenitas (Figura 1) y los azules (juveniles y adultos) que viven en el centro del Golfo. En el caso de la primera, estos tienen un tamaño mucho mayor, andan solitarios o en parejas y no son tan abundantes como los segundos, por lo que sus capturas también son limitadas, sin embargo, en verano si aumenta su población, lo cual se ve en el análisis de las capturas por hora y en la facilidad que siempre existió para coleccionar una muestra durante los meses de verano. Esta ha sido la población (ballyhoo verde) en la cual se ha centrado la explotación, principalmente debido a que tienen un mayor precio. Sin embargo, en el año 2011 hubo una disminución de esta población, lo que hizo que se desviara la pesca del ballyhoo verde al azul, un signo inequívoco de la disminución del primero.

En cuanto a la segunda población (ballyhoo azul), está anda en cardúmenes a veces de hasta 500 metros de largo x 100 de ancho y posiblemente provengan de la misma cohorte. Por ser tan abundantes, es muy fácil capturar cientos de ellos en cuestión de horas, sin embargo su calidad y precio es más bajo, por lo que anteriormente no habían sido capturados. Sin embargo, en el verano pasado, debido a la escasez del verde, ya se inició la explotación del mismo y en grandes cantidades, teniendo reportes verbales de captura de hasta 2.000 ballyhoo por noche, lo cual definitivamente afecta el recurso.

En cuanto a los reportes de captura de ballyhoo, esto es una de las grandes debilidades que tiene esta investigación, ya que la Oficina de Golfito, ni el Departamento de Estadística Pesquera del Inopesca cuentan con datos de descarga de esta especie. Este problema no solo es para esta especie, si no que la falta de recolección de información estadística pesquera en el Golfo Dulce se da desde hace muchos años (Fargier, et al 2009). Por lo anterior y para tener una idea acerca de las capturas, en abril 2011 se hicieron muestreos de captura a dos embarcaciones de Puerto Jiménez que pescan ballyhoo, encontrando que la talla promedio fue de 32.75 cm y de todos los individuos muestreados (350), únicamente 4 de ellos (1.14%) medían 27 centímetros que es la talla de primera madurez para esta especie. Estas capturas fueron de ballyhoo verde y por tanto es difícil que se pesquen individuos inmaduros y no se logró muestrear capturas de ballyhoo azul, del cual, muy posiblemente la mayoría no ha alcanzado la talla de primera madurez.

Para complementar los datos de captura, se visitó la Oficina de Pesca de Golfito donde se analizaron los reportes de captura presentados en este año por los pescadores de ballyhoo. Se encontró que solo 6 embarcaciones habían entregado reportes, de estas una en una sola ocasión, dos habían entregado solo 5 reportes y otra en 9 ocasiones. Definitivamente, se conoce que en el Golfo Dulce existe mucho más pesca que lo que se está reportando, además que en la comunidad de La Palma existen 4 embarcaciones que pescan sin permiso. El promedio de captura para todas las embarcaciones fue de 369 ballyhoo por noche y con un máximo de captura reportado de 1344 ballyhoo por noche. Por otro lado, el precio de venta osciló entre 325 a 350 colones por ballyhoo. De lo anterior se puede concluir que si una embarcación captura 300 ballyhoo por noche y los vende a 350 colones, podría obtener 105.000 colones por noche, con lo cual podría pagar los gastos y vivir cómodamente, máxime si se regulan las capturas y la pesca es estable durante todo el año. Por otro lado, si la captura continúa como hasta ahora, cuando se pueden tener días de pesca muy buenos de hasta 2000 ballyhoo por noche,

esto va a sobre explotar el recurso, como ya se demostró con la tasa de explotación, máxime si ese ballyhoo es azul, sin alcanzar la talla de primera madurez.

Con respecto a la pesquería del ballyhoo en el Golfo Dulce, esta inicio formalmente en el año 2006, cuando se dieron las primeras licencias, una al Sr. Pedro Rodríguez (Tabla 6) y la otra a Fantasía Ecológica y después no se dieron más licencias hasta el año 2009, sin embargo durante todos esos años hubieron pescadores pescando en forma ilegal (según entrevistas a pescadores de ballyhoo). La pesquería se mantuvo estable durante varios años, debido a que esta tiene ciertas características que la hacen ser sostenible:

- La pesca es muy selectiva y el pescador puede capturar únicamente los individuos grandes.
- La mayoría de individuos capturados antes del 2010 eran ballyhoo verde, que ya había alcanzado la talla de primera madurez, sin embargo en el verano 2011 también se dedicaron a pescar ballyhoo azul, por la escasez del primero.
- La pesca se realiza solo en horas de la noche.
- En los días de lluvia, ya sea en época de invierno o verano, el ballyhoo no se puede pescar porque la lluvia hace difícil su localización y además este se hunde, posiblemente al bajar la salinidad.

En noviembre 2009, mediante Oficio SDGT 111-11-2009, la Subdirección General Técnica y el Departamento de Investigación del Incopesca recomiendan a la Junta Directiva que se den 8 Licencias de Pesca Comercial Exploratoria para la pesca del Ballyhoo. La Junta Directiva acoge la recomendación, pero en lugar de dar las 8 licencias, más bien da 11 licencias mediante Acuerdo Junta Directiva Incopesca AJDIP 381-2009 y aquí se comete el error de que la mayoría de licencias dadas se dieron bajo ninguna consulta a los funcionarios del Dpto. de Investigación Pesquera que estaban realizando el estudio y que conocían a los pescadores que verdaderamente pescaban ballyhoo. Como se observa en la Tabla 9, en color azul se anotan las personas a las cuales se les concedió permiso. y el error fue tan grande que algunas de esas personas ni solicitaron la licencia porque no la ocupaban y otras porque se dedican a otras actividades totalmente diferentes a la pesca. La tabla 9 fue hecha en base a información dada por los pescadores de ballyhoo, en reunión sostenida en Puerto Jiménez en el mes de abril y además en el conocimiento adquirido en 2 años de investigación en el Golfo Dulce.

La emisión de licencias en mucha cantidad y mal distribuidas se vino acompañada con el incumplimiento de la nota técnica y además con la falta de regular las capturas. En primer lugar, se estableció una longitud de captura de 27 cm, que no está clara en su medición ya que la establece desde el extremo anterior de la mandíbula superior, la cual casi no existe en el ballyhoo y además de lo confuso del término anterior en esta definición. Además, se reguló que cada embarcación debería de portar una regla o ictiómetro, lo cual no fue inspeccionado por las autoridades correspondientes, por lo que se capturaban individuos pequeños sin control. En segundo lugar, se estableció una veda en la cual más bien se permitió pescar durante los meses de reproducción y otra relacionada con la luna llena, la cual es difícil de implantar y de cumplir por parte de los pescadores. Tercero, se prohibió el uso de preservantes químicos, mientras que los pescadores de ballyhoo de Pto. Jiménez denunciaron que algunas embarcaciones estaban utilizando formalina. Cuarto, se determinó que el ballyhoo capturado debería de ser vendido con factura pre impresa y que las mismas deberían de ser presentadas mensualmente al Incopesca, lo cual tampoco se cumplió y por tanto no tenemos

estadísticas de captura. Quinto, según la legislación actual, toda embarcación de pesca artesanal debe de ser tripulada por el dueño de la embarcación, mientras que varias de las embarcaciones son tripuladas por peones.

En la Tabla 10 se presenta la recomendación técnica de las licencias de pesca que se deben eliminar y las que se deben mantener, pasando a tener únicamente 9 licencias de pesca. Si se sigue esta recomendación y otras que se anotaran posteriormente, muy posiblemente el recurso se recuperará, para lo cual es necesario hacer una nueva evaluación en unos 2 años.

Permisionario	Embarcacion	Matrícula	Observaciones
Rodríguez Chavarría, Pedro	Maradiaga	PG 5092	Según pescadores de ballyhoo él no pesca si no que tiene peones
Fantasia Ecológica	Cocodrilo XXVIII	PG 8530	No pesca
Ruiz Matarrita, Oscar	Virgen del Mar	PG 5760	Es de El Coco, no ejerce la pesca sino que usa peones.
Pereira Pereira, Omar	Sonia María	PG 6633	Tiene problemas visuales y solo pesca ocasionalmente.
Artavia Cespedes, Edwin	Dorian Ji	PG 8778	Enfermo, el que pesca es el hijo
Ceballos Ruiz, Angel	Birmark 63	PG 8779	Es chofer de bus, no usa licencia
Cedeño Alanis, Mario	Cesar Antonio	PG 9444	Ni lo conocen los pescadores
Cedeño Rodríguez, Henry A	Lobita	PG 7967	Es carpintero, no pesca o lo hace con peones.
Palomino Rodríguez, Hecto	Kika IV	GPC 9077	Es de El Coco, es intermediario, no ejerce la pesca sino que usa peones (El peruano)
Quintero, Quintero, Cirilo	Los Canarios	PG 8929	Es intermediario, pesca en forma ocasional porque es intermediario y porque su embarcación no es apropiada para la pesca del ballyhoo.
DULOMARCA S.A.			Ni no lo conocen, no se sabe si trámite la licencia
Donald Mcguinnes			No trámite la licencia.
Méndez Gutierrez, Adolfo			No trámite la licencia.
Lobo Villalobos, Eduardo			No trámite la licencia.
Murcia, Castro, Oscar	Cucucito	PG 8930	Colaboró en colecta de muestras para la investigación del Incopesca
Delgado Fonseca, Keri	Cherepillo	PG 9053	Colaboró en colecta de muestras para la investigación del Incopesca
Vargas Collado, José L.	Juancito	PG 9026	Colaboró en colecta de muestras para la investigación del Incopesca
Quiros Camacho, Olger	Los Pelones	PG 9054	Colaboró en colecta de muestras para la investigación del Incopesca
Alvarez Pérez, Cesar E.	Jefferson II	PG 9069	Colaboró en colecta de muestras para la investigación del Incopesca
Sr. Trejos			Pescador ilegal de Playa Blanca que sale con 4 pangas, todas ilegales

Tabla 10: Recomendaciones acerca de las licencia para la pesca de ballyhoo en el Golfo Dulce.	
Permisionario	Recomendaciones
Rodríguez Chavarría, Pedro	Mantener licencia solo si se compromete a pescar ballyhoo personalmente.
Fantasia Ecológica	Eliminar
Ruiz Matarrita, Oscar	Eliminar, por no pescar personalmente y para darle prioridad a los pescadores del Golfo Dulce
Pereira Pereira, Omar	Dar licencia.
Artavia Cespedes, Edwin	Dar licencia.
Ceballos Ruiz, Angel	Eliminar, no pesca
Cedeño Alanis, Mario	Eliminar, no pesca
Cedeño Rodríguez, Henry A.	Eliminar, no pesca o usa peones
Palomino Rodríguez, Hector	Eliminar, es intermediario y pesca con peones
Quintero, Quintero, Cirilo	Mantener licencia solo si se compromete a pescar ballyhoo personalmente.
DULOMARCA S.A.	Eliminar en caso de que se hubiera tramitado
Donald Mcguinnes	No trámite la licencia.
Méndez Gutierrez, Adolfo	No trámite la licencia.
Lobo Villalobos, Eduardo	No trámite la licencia.
Murcia, Castro, Oscar	Dar licencia.
Delgado Fonseca, Keri	Dar licencia.
Vargas Collado, José L.	Dar licencia.
Quiros Camacho, Olger	Dar licencia.
Alvarez Pérez, Cesar E.	Dar licencia.
Sr. Trejos	Se recomienda que se haga nota al Servicio Nacional de Guardacostas, para controlar esta pesca ilegal

5. CONCLUSIONES

1. En el Golfo Dulce viven 2 especies de ballyhoo, *Hyporhamphus unifasciatus* y *Hemiramphus saltator*. La primera no es comercial, ya que alcanza una talla máxima de 20 centímetros, mientras que la segunda se distribuye según su tamaño. Por un lado los juveniles (azul) vive en cardúmenes en el centro del Golfo Dulce, mientras que el verde o adulto vive más en pareja o solitarios, en una franja entre Pto. Jiménez y a lo largo de Puntarenitas. En estos últimos es que se centra las capturas por su mayor tamaño y a la vez mejor precio.
2. La longitud promedio entre machos (30.5 cm) y hembras (30.2 cm) de *Hemiramphus saltator* es muy parecida.
3. Según las capturas de muestreos, el 91.7% de los ballyhoo muestreados ya habían alcanzado la talla de primera madurez. Lo anterior es coincidente con los pocos muestreos de captura realizados, los cuales fueron dirigidos a ballyhoo verde. Sin embargo, no se pudieron realizar muestreos a las capturas de ballyhoo azul, el cual, por ser más pequeño, si se capturan muchos individuos que no han alcanzado la talla de primera madurez.
4. La proporción de machos a hembras de *H. saltator* fue de 1.98:1, la cual fue muy parecida a la encontrada con *H. brasiliensis* en México, pero diferente a la encontrada con esta última especie en Florida, USA.
5. La mayoría (83.4%) de los ballyhoo capturados se concentra entre los pesos que van de los 48 a los 96 gramos, mientras que el promedio fue de 73.5 gramos.
6. La mayoría de las aguja pajarito muestreadas (92.1%) se concentran en las tallas que van de los 26 a los 35 centímetros, con un promedio de 30.2 centímetros.
7. Entre los meses de diciembre y enero se da la entrada en el Golfo Dulce de una cohorte de ballyhoo, el cual es el fruto de la reproducción que se da en los meses de verano del año anterior, o sea que estos individuos tienen cerca de un año de edad. Esta cohorte es pescada durante todo el año y ya para noviembre se están capturando los últimos individuos del mismo.
8. La ecuación de regresión de longitud vs. peso para *H. saltator* fue $P= 0.0188 * L^{2.4165}$, donde $a=2.4165$ y $b=0.0188$.

9. Los parámetros de crecimiento para el ballyhoo fueron: Longitud asintótica de 42.37 cm, el parámetro de curvatura K fue de 0.69, mientras que la edad de longitud cero (t_0) fue -0.21 años.
10. Los ballyhoo más grandes encontrados durante los 2 años de investigación fue de 40 cm, a los cuales se les calculó una edad aproximada a los 4 años, edad en la cual prácticamente ya no están creciendo. Se encontró además que el ballyhoo de un año de edad ha alcanzado los 24 cm de largo y 40.75 gramos de peso y todavía no están siendo capturados, lo cual ocurre principalmente en su segundo año de crecimiento, cuando las longitudes van de los 26 a los 34 cm. Finalmente, en esta investigación también se encontró que de los individuos de edad 3, o sea mayores a los 34 cm, solo se capturaron 716 individuos.
11. Según lo encontrado con la aplicación de 3 métodos diferentes, la aguja pajarito se reproduce todo el año, aumentando su reproducción en los meses de verano, de noviembre a abril y con un pico entre enero y abril y uno posible y más pequeño entre junio y julio.
12. El Índice Gonadosomático Promedio del ballyhoo fue de 4.98. Este dato es importante porque si se lleva un monitoreo continuo de esta especie, en el momento que el IGS promedio se eleve a este valor, entonces se sabría que estamos entrando en los picos de reproducción de la especie y por tanto se podrían ejecutar las vedas.
13. El patrón de reclutamiento de *H. saltator* se comienza a elevar a partir del mes de marzo, teniendo un pico entre los meses de mayo a agosto. Estos individuos que se están reclutando provienen de la reproducción que se da en los meses del verano anterior y que serán pescados con una edad de un año en el verano siguiente.
14. La talla de primera madurez para la aguja pajarito se definió en 27 centímetros de longitud estándar, lo cual quiere decir que no se deberían de pescar individuos más pequeños a esta talla, como ocurrió en el verano 2010 – 2011.
15. Se encontró que la abundancia de ballyhoo en el Golfo Dulce es mayor en los meses de enero a marzo, producto de la entrada a la población de los ballyhoo provenientes de la reproducción del año anterior. En estos meses se logra capturar hasta 2000 individuos por noche, pero el promedio fue de 49.6 individuos por hora, promedio que baja significativamente en los meses de invierno.
16. Utilizando los datos de mortalidad natural, total y por pesca calculadas en esta investigación, se encontró que la tasa de explotación actual del ballyhoo es de 0.68, lo cual quiere decir que la población está sobre explotada y por tanto se deben de dictar pautas de manejo urgentes, que conlleven a utilizar el recurso de una manera más sostenible.
17. Las licencias de pesca para ballyhoo dadas entre los años 2009 y 2011 fueron emitidas sin consultar al Dpto. de Investigación Pesquera, lo que hizo que se dieran licencias a personas que no eran pescadores de ballyhoo.
18. Los principales problemas que se tienen actualmente para manejar la pesquería de aguja pajarito son los siguientes: primero, se dieron muchas licencias y mal dadas, segundo, se está dando la pesca ilegal por algunas embarcaciones. Tercero, el control y vigilancia que se hace hacia la pesca de ballyhoo no es el mejor, ya que existe pesca ilegal, los tamaños de captura no son respetados y se conoce del uso de químicos como la formalina, etc. Cuarto: Debido a que no existían conocimientos biológicos de *Hemiramphus saltator*, entonces se estableció una veda equivocada con lo cual no se protegieron los picos de reproducción y quinto, por sobre explotación del ballyhoo, ya que se pasó de pescar del adulto verde al azul, que es el juvenil y del cual se llegó a pescar demasiada cantidad por noche, lo cual no había ocurrido en años anteriores. Lo anterior se vio reflejado en una tasa de

explotación que demuestra la sobre explotación del recurso y la necesidad de regular las capturas.

6. RECOMENDACIONES

1. Se deben de dar únicamente 9 licencias de pesca para ballyhoo, eliminando las embarcaciones que pescan en forma ilegal. En el caso de las 2 embarcaciones que vienen a pescar ballyhoo en el Golfo Dulce desde Playas del Coco y durante la época de verano, se recomienda su eliminación, ya que sus dueños utilizan peones, siendo contrario en cuanto al concepto de pesca artesanal de pequeña escala. Por otro lado, es importante aplicar el concepto de Fishing Righths o derechos pesqueros, en los cuales cada comunidad pesca los recursos que están cercanos a la misma, así los protegen para ellos mismos. Esto ha sido el éxito del sistema de pesca japonesa y que se aplica hoy día en muchos países asiáticos, Chile y otros.
2. El Servicio Nacional de Guardacostas debe de inspeccionar a las embarcaciones que pescan ballyhoo, para que cumplan con su nota técnica y además para comprobar que las embarcaciones sean tripuladas por su dueño.
3. Se recomienda que se establezca como talla mínima de captura los 27 cm de longitud estándar, o sea, la que va desde el final de la mandíbula de abajo hasta el final del lóbulo también de abajo de la aleta caudal. Esta medida corresponde a la talla de primera madurez.
4. Es necesario llevar a cabo operativos conjuntos entre el Servicio Nacional de Guardacostas y el Incopesca, en el Golfo Dulce y durante los torneos de pesca tendientes a decomisar todo el ballyhoo que no cumpla con la talla de primera madurez.
5. Se recomienda una veda de los 2 meses principales del pico de reproducción, en este caso febrero y marzo. Es importante que los meses sean continuos, ya que en el primer mes el ballyhoo se va a establecer y relajar en el Golfo Dulce, después de que fue pescado intensamente en los meses de noviembre a finales de enero y la máxima reproducción se daría en el segundo mes de veda. Además, se deberá de vedar el mes de julio, donde existe un pico de reproducción no tan fuerte como el de verano. Estas fechas deben de ser comunicadas a las marinas que organizan torneos de pesca, para que sincronicen estos torneos con las vedas o para que busquen carnadas alternativas.
6. Se recomienda establecer cuotas de captura de ballyhoo de 300 ballyhoo por noche, con lo cual el pescador tiene su ganancia económica, pero también ayuda a mantener las capturas constantes durante todo el año. Para esto, es importante que las Autoridades competentes vigilen el cumplimiento de esta cuota, además que se deberá de confrontar esta información con las facturas de venta del ballyhoo y el transportado a los torneos de pesca.
7. La Oficina de Pesca de Golfito debe de establecer un sistema de recolección de las facturas de venta de ballyhoo a las 9 embarcaciones que se recomienda la licencia y la recomendación de eliminación de la licencia si no se cumple con este requisito. Lo anterior, con el objetivo de poder hacer estudios más profundos como biomasa, etc. y así poder continuar emitiendo pautas de manejo de la especie que conlleven a explotación sostenible.

7. AGRADECIMIENTOS.

Se agradece profundamente al Dr. Renato Guevara, Director científico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y al Msc. Edward Barriga, biólogo de ese Instituto por haberme guiado en la preparación de este estudio y por haber compartido sus conocimientos adquiridos a lo largo de muchos años de investigación pesquera.

Se agradece también a los compañeros y compañeras del Departamento de Desarrollo e Investigación del Inopesca, por su ayuda en la colección y proceso de las muestras biológicas de ballyhoo y en la revisión de este documento.

Un agradecimiento profundo a los verdaderos pescadores de ballyhoo del Golfo Dulce: Chilo, Kero, Collado, Suricato, Pelón y Murcia, quienes siempre colaboraron en este proyecto. Se anotan con sus apodos, debido a que los considero mis amigos y gracias por su participación continúa en la colecta de la muestra de ballyhoo y por compartir sus conocimientos pesqueros.

Agradecimiento profundo al Sr. Donald McGuines, por su apoyo constante a esta investigación, ya fuera en la coordinación de muestreos y del hotel, como en la coordinación del financiamiento para realizar los muestreos. Además se agradece al personal del Hotel Parrot Bay por su fina atención.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Campos, Jorge. 1989. Evaluación de la Pesca Artesanal en el Golfo Dulce. Informe final de investigación realizada bajo Convenio Cooperativo MAG-UCR. Centro de Investigaciones Marinas y Limnología, UCR. 191 P.
- Canales, M., y E. Leal. 2009. Parámetros de historia de vida de la anchoveta *Engraulis ringens*, en la zona centro norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 44, Núm. 1, abril 2009. Pp. 173-179.
- Cubillos, Luis. 2005. *Biología Pesquera y Evaluación de Stock. Guía de Estudio para Curso de Biología Pesquera.* Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción, Chile. 206 P.
- Fargier, L., H.J. Hartmann y H. Molina. 2009. Desarrollo de un Proceso de Monitoreo Participativo en las Comunidades Pesqueras de Bahía Pavones (Golfo Dulce) en el Pacífico Sur de Costa Rica. Informe de Invesigacion. Instituto de Litorales y de Medio Ambiente, U. La Rochelle, Francia. 16 p.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados - Parte I. Roma, FAO. Vol. II: 647-1200 p.
- FMRI. 2008. Ballyhoo, *Hemiramphus brasiliensis* and *H. balao*. Reporte de Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida, USA. 4 p.
- Froese, R. y D. Pauly. Editores. 2009. FishBase.World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión 09/2009.
- Gullan, J.A. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Documento técnico de pesca 323.
- Gullan, J.A. 1971. *Fish Resources of the Ocean.* Editorial: Fishing New Books, Londres, Inglaterra. 255 p.

- IMARPE. 2009. Protocolo para el Cálculo de la Talla de Primera Madurez Gonadal. Instituto del Mar del Perú, Dirección de Investigaciones de Recursos Pelágicos, Neríticos y Oceánicos. Unidad de Biología Pesquera. 4 p.
- IMARPE. 2009 B. Protocolo para el Seguimiento del Proceso Reproductivo del Anchoveta. Instituto del Mar del Perú, Dirección de Investigaciones de Recursos Pelágicos, Neríticos y Oceánicos. Unidad de Biología Pesquera. 19 p.
- Laevastu, T. 1971. Manual de métodos de biología pesquera (FAO), Editorial Acribia, Zaragoza, España. 243 P.
- Mahmoudi, B., y R. McBride. 2002. A review of Florida's halfbeak bait fishery and halfbeak biology, and a preliminary stock assessment. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida. 45 p.
- McBride, R.S., J. Styer y R. Hudson. 2003. Spawning cycles and habitats for ballyhoo and balao (Hemiramphidae: Hemiramphus) in South Florida. *Fish. Bull.* 101:583-589.
- McBride, R.S., L. Foushee y B. Mahmoudi. 1996. Florida's halfbeak, *Hemiramphus* spp., bait fishery. *Mar. Fish. Rev.* 58:29-38.
- McBride, R.S., y P.E. Thurman. 2003. Reproductive biology of *Hemiramphus brasiliensis* and *H. Balao* (Hemiramphidae): maturation, spawning frequency and fecundity. *Biol. Bull.* 204:57-67.
- Quesada M.A. y J. Cortés (2003). Características hidrográficas y biológicas de la zona marino-costera del Golfo Dulce y Península de Osa. Informe Final, The Nature Conservancy, Costa Rica. 105 pp.
- Sánchez, C.M., M. Rueda y A. Santos Martínez. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Ciencia*: Vol. XXII, Número 85, Diciembre de 1998. Pag 507 – 517.
- Sparre P. y S.C. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 306.1 Rev. 1. Valparaiso, Escuela de Ciencias del Mar, UCV. XXX P.
- Vazzoler, A. E. 1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. Reproducción y Crecimiento. Brasilia, Brasil: CNPq. Programa Nacional de Zoología, 1982. p. 107
- Vera, Manuel. 2006. Talla de Primera Madurez y Época de Desove de anguila común *Ophichthus remiger* en el Litoral de la Región de Tumbes. Estudio presentado en el Seminario Virtual de las Ciencias del Mar. Centro Regional de Investigación Pesquera y Acuicola, Tumbes. Instituto del Mar del Perú. 8 p.
- Wootton, R. (Ed.) 1998. Ecology of teleost fishes. 2da edición. Chapman y Hall eds. Londres. 404 pp.