



**INCOPESCA**  
Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura

**EDAD Y CRECIMIENTO DE DORADO  
(*Coryphaena hippurus*) CAPTURADO  
POR LA FLOTA PALANGRERA  
COSTARRICENSE EN AGUAS DEL  
OCÉANO PACÍFICO**



INFORME FINAL  
ENERO, 2020

## **PARTICIPANTES:**

### **INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA**

**Biol. José Miguel Carvajal (INCOPECA)**

**Lic. Fernando Mejía Arana (INCOPECA)**

**Biol. Daniel Bermúdez M. (INCOPECA)**

### **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL- CENTROINTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

**Dra. Sofía Ortega García (IPN-CICIMAR)**

**Dr. Ulianov Jakes Cota (IPN-CICIMAR)**

**Dr. Rubén Rodríguez Sánchez (IPN-CICIMAR)**

# EDAD Y CRECIMIENTO DEL DORADO (*Coryphaena hippurus*) CAPTURADO POR LA FLOTA PALANGRERA EN AGUAS DEL PACÍFICO COSTARRICENSE

## RESUMEN

En Costa Rica las principales capturas y descargas de dorado son realizadas en el Pacífico Costarricense por las flotas de pesca deportiva y comercial. Las embarcaciones de pesca comercial pueden ser de pequeña, mediana o avanzada escala, dependiendo de su autonomía, siendo el arte de pesca el palangre. Aunque el dorado se pesca todo el año, las capturas más altas se registran de octubre a enero. A pesar de la importancia social y económica de este recurso, poco se conoce sobre su biología básica que pudiera coadyuvar a la evaluación de las existencias de la población para definir medidas de manejo que aseguren la sustentabilidad del recurso. En este estudio se presentan resultados de edad y crecimiento individual a través del uso de otolitos sagittae. Se muestrearon un total de 363 organismos (215 hembras y 148 machos) provenientes de la captura de la flota comercial de mediana y larga escala durante enero de 2017 y enero de 2018. El intervalo de longitud furcal para hembras y machos fue de 72-134 cm y 77-122 cm, respectivamente. Aunque se aplicaron los modelos de Gompertz y el Logístico, el de von Bertalanffy fue el que tuvo un mejor ajuste. Los parámetros obtenidos para machos fueron:  $L_{\infty} = 147.01$ ,  $k = 0.87$  y  $t_0 = -0.55$  y para hembras:  $L_{\infty} = 116.33$ ,  $k = 1.57$  y  $t_0 = 0.50$ , con diferencias significativas entre machos y hembras. Este estudio es un primer paso que permitirá contribuir a la evaluación futura de la población de dorado en el Océano Pacífico Oriental.

## INTRODUCCIÓN

El dorado *Coryphaena hippurus* es una especie epipelágica altamente migratoria, habitante de mares tropicales y subtropicales, y su distribución se encuentra limitada por la isoterma de los 20 °C, entre los 40° N y 40° S en ambos hemisferios (Oro, 1999). Dada su amplia distribución soporta importantes pesquerías comerciales y deportivas. Las capturas mayores se dan en áreas con temperatura superficial del mar de 28 a 30 °C, sugiriendo que la distribución y

abundancia de este recurso están influenciadas por cambios interanuales y estacionales de la temperatura superficial del mar y la distancia a los frentes térmicos (Kleisner, 2009; Zúñiga-Flores *et al.*, 2008).

En el Pacífico Oriental, esta especie se captura a lo largo de su distribución tanto por la flota comercial pequeña, mediana y avanzada escala como por la flota deportiva. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reporta que del 2015 al 2017 la captura mundial de dorado disminuyó en un 31% pasando de 125,000 t a 86,000 t, respectivamente. Perú se ha mantenido en el primer lugar de las capturas de dorado y junto con Ecuador contribuyeron con más del 50% del total mundial del 2015 al 2017 (FAO, 2020). Su captura es marcadamente estacional, y en estos países ocurre de octubre hasta marzo aproximadamente (Aires-da-Silva *et al.*, 2016).

Costa Rica, ha conservado el séptimo lugar de la lista de países que capturan esta especie, donde casi el total del dorado capturado proviene del Pacífico Costarricense (FAO, 2020). Durante el 2018 el dorado desembarcado fue de 2,741.13 toneladas (INCOPESCA, 2019). En Costa Rica el dorado es un recurso de exportación, durante 2015 exportó a Estados Unidos 687 t de dorado fresco y 156 t de filete de dorado congelado (INCOPESCA, 2015).

La flota comercial costarricense utiliza principalmente palangre de superficie como arte de pesca y como arte complementario un palo de fibra de vidrio conocido comúnmente como “Green Stick” o palo verde (Ross-Salazar, 2014; Anónimo 2019). Las principales comunidades pesqueras del Pacífico Costarricense son Cuajiniquil, Puntarenas, Quepos y Golfito. Las embarcaciones que capturan este recurso ya sea de manera incidental o dirigida son las de pesca deportiva y las de pesca comercial. De esta última se encuentran registrados aproximadamente 350 embarcaciones, que varían en longitud de 12 a 25 m y se

clasifican como: A) Pequeña escala: se practica la pesca a bordo de una embarcación hasta un máximo de tres millas náuticas a partir de la costa; B) Mediana escala: embarcaciones con capacidad para pescar hasta un máximo de cuarenta millas náuticas a partir de la costa. En su mayoría cuentan con equipos hidráulicos modernos para recobrar el palangre. La duración de los viajes varía entre 8 y 25 días, utilizan hielo para conservar el producto capturado; C) Avanzada escala: embarcaciones con capacidad para operar a una distancia superior a las 40 millas náuticas y son capaces de mantener el producto congelado (Carvajal-Rodríguez, 2014; Anónimo 2019).

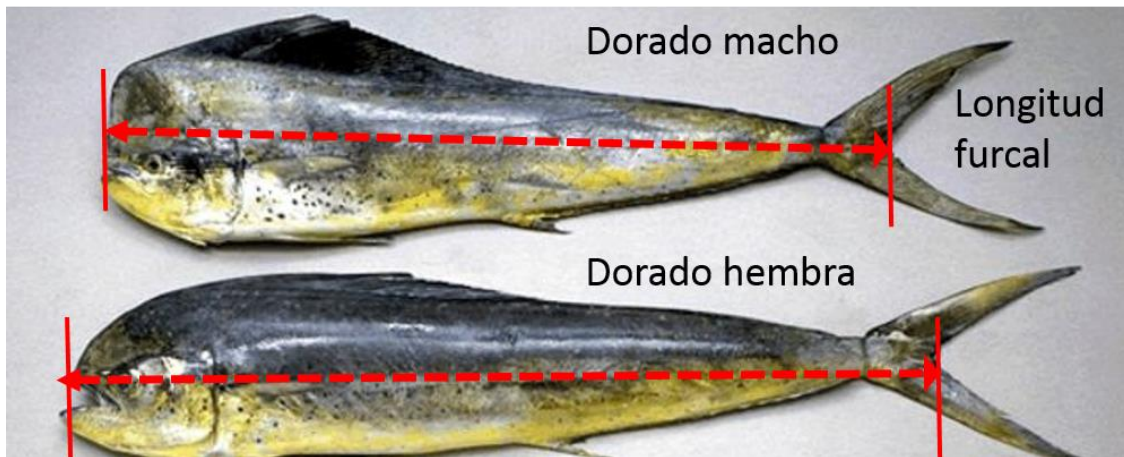
A pesar de la importancia socioeconómica que representa este recurso, no existe información biológica básica en la región que ayude a establecer medidas de manejo.

La pesquería multiespecífica de palangre en Costa Rica, tiene como uno de sus objetivos la captura de dorado. Estudios recientes de esta pesquería han expuesto la necesidad de información del recurso (Valle-Esquivel *et al.*, 2018). Considerando que las estimaciones de la edad y parámetros de crecimiento individual son aspectos clave en toda regulación pesquera, en el presente reporte se presentan los resultados de estas estimaciones.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Muestreo**

Durante los meses de enero/2017 y enero/2018 se llevaron a cabo muestreos biológicos de dorados desembarcados por la flota comercial de mediana y avanzada escala que operan a lo largo del Pacífico Costarricense. De cada individuo se registró la longitud furcal ( $LF \pm 0.1$  cm) y el peso total ( $PT \pm 0.1$  kg) y se determinó el sexo por observación del dimorfismo sexual que presentan machos y hembras (Fig. 1).



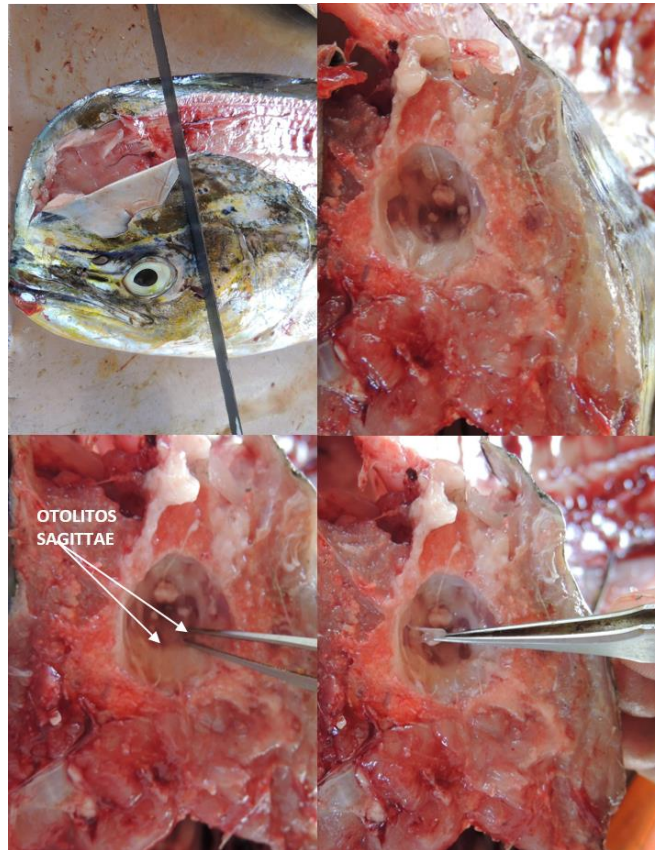
**Figura 1.** Dimorfismo sexual que presentan los dorados macho y hembra.

Una vez etiquetadas con la localidad de captura, *LF* y sexo, las cabezas de los organismos medidos fueron congeladas para su posterior traslado al Laboratorio de INCOPESCA. Para esta parte del proyecto se contó con la invaluable colaboración del personal de la exportadora Frumar de Costa Rica.

En el laboratorio, las cabezas fueron descongeladas para poder cortarlas y extraer los otolitos sagittae (Figs. 2 y 3), mismos que fueron colocados en viales con agua previamente etiquetados para su transporte al Laboratorio de Biología y Oceanografía Pesquera del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional para continuar su procesamiento.



**Figura 2.** Procesamiento de descongelado y preparación para corte de las cabezas de dorado.



**Figura 3.** Corte de las cabezas de dorado y extracción de los otolitos sagittae.

## Procesamiento en el laboratorio

En el laboratorio, los otolitos fueron limpiados con ayuda de agujas y pinzas de disección (Fig. 4), secados, etiquetados y almacenados secos en viales de plástico. El otolito sagitta derecho de cada individuo fue embebido en resina cristal de poliéster y se dejó endurecer y secar por un período de 24 horas. Posteriormente se obtuvieron cortes transversales (0.6 mm de grosor) que incluyeron el núcleo de estos utilizando una cortadora de baja velocidad (marca Buehler, modelo 11-1280-160) equipada de un disco con filo de diamante (Diamond Wafering Blade, serie 15HC) (Fig. 5).



**Figura 4.** Limpieza de los otolitos.

Para poder exponer el núcleo de los otolitos y observar las marcas de crecimiento con claridad, los cortes transversales de los otolitos fueron montados en portaobjetos de vidrio utilizando medio de montaje histológico Cytoseal y se



pulieron a mano con lijas micrométricas de grano de tamaño decreciente (15 – 3  $\mu\text{m}$ , Buehler diamond lapping film disc), para el acabado final se utilizó pasta de alúmina de 0.3  $\mu\text{m}$  (Buehler MicroPolish Alumina) y lijas micrométricas de 0.3  $\mu\text{m}$  (Buehler Microcloth) (Fig. 5).

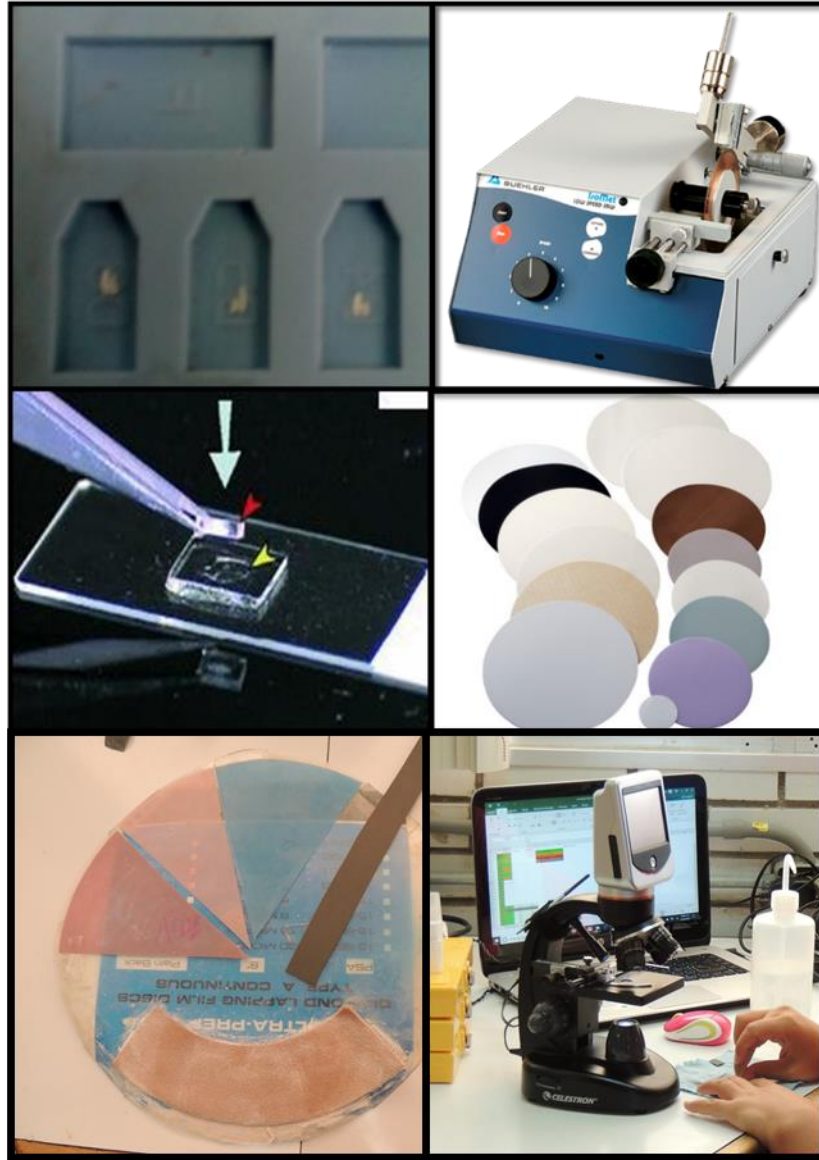


Figura 5. Inclusión en resina, corte, montaje y pulido de otolitos de dorado.

Dos lectores de manera independiente y sin conocimiento previo de la longitud y peso de los peces, observaron y contaron las marcas de crecimiento diarias contenidas en los otolitos directamente sobre los cortes transversales (Fig. 6). El conteo de marcas de crecimiento se realizó en el lado dorsal desde el núcleo hasta el borde externo del otolito sobre el mismo transecto.



**Figura 6.** Marcas de crecimiento en un corte transversal pulido de otolito de dorado

### **Análisis estadístico**

Para conocer la estructura de tallas de los organismos desembarcados, los datos de longitud furcal fueron agrupados en intervalos de 5 cm y se generaron histogramas de frecuencias para machos y hembras por separado. Para evaluar diferencias en la estructura de tallas entre machos y hembras se utilizó análisis de varianza.

Para evaluar la precisión entre los conteos efectuados de manera independiente por cada lector se calculó el coeficiente de variación (Chang, 1982):

$$CV_j = 100\% * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j}$$

donde  $CV_j$  es el coeficiente de variación estimado para el  $j$ -ésimo pez,  $X_{ij}$  es la  $i$ -ésima estimación de edad del  $j$ -ésimo pez,  $X_j$  es la edad promedio del  $j$ -ésimo pez, y  $R$  es el número de veces que se estimó la edad de cada pez. Valores de CV inferiores al 10% se consideran adecuados (Morison *et al.*, 1998).

Los datos de longitud y edad derivados del conteo de marcas de crecimiento en otolitos fueron utilizados para estimar los parámetros de crecimiento individual por medio de tres modelos candidatos:

1. Modelo estándar de crecimiento individual de von Bertalanffy (Estándar VB; von Bertalanffy, 1938):

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

2. Modelo de crecimiento Logístico (Ricker, 1975):

$$L_t = L_\infty (1 + e^{-k_2(t-t_2)})^{-1}$$

3. Modelo de crecimiento de Gompertz (Gompertz, 1825):

$$L_t = L_\infty e(-e^{-k_3(t-t_3)})$$

donde  $L_t$  es la longitud a la edad  $t$ ,  $L_\infty$  es la longitud promedio máxima,  $k$  es el coeficiente de crecimiento,  $t_0$  es la edad hipotética cuando la longitud es igual a 0,  $t$  es la edad,  $k_2$  es la tasa de crecimiento relativo,  $t_2$  es el punto de inflexión de la curva sigmoidea,  $t_3$  es  $\ln \lambda/k_3$ ,  $\lambda$  es la tasa de crecimiento relativo inicial teórica a la edad 0,  $k_3$  es la tasa de disminución exponencial de la tasa de crecimiento relativa con la edad.

Los parámetros de los cuatro modelos candidato fueron estimados minimizando el negativo de la log-verosimilitud (método de verosimilitud máxima) con el algoritmo de Newton suponiendo una estructura de error aditivo (Haddon, 2011). Para la selección del modelo se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC, Akaike, 1973; Burnham y Anderson, 2002):

$$AIC = 2LL + 2p$$

donde  $LL$  es el negativo de la log-verosimilitud y  $p$  es el número de parámetros de cada modelo. El modelo con el AIC más pequeño fue seleccionado como el mejor (Haddon, 2011).

Para evaluar diferencias en los parámetros de crecimiento individual entre sexos se utilizó la prueba de razón de verosimilitud ([“likelihood ratio test”]: Kimura, 1980).

Para transformar las estimaciones de crecimiento en longitud a crecimiento en peso, los parámetros de la relación longitud-peso fueron estimados mediante la ecuación alométrica:

$$PT = aLF^b$$

donde:

$PT$  = Peso total del pez en kg

$LF$  = Longitud furcal del pez en cm

$a$  = Intercepto

$b$  = Pendiente (coeficiente de alometría)

Los parámetros de la relación longitud-peso fueron estimados para machos, hembras y sexos combinados, y mediante análisis de covarianza se evaluó si existían diferencias entre ellos. Adicionalmente se aplicó la prueba  $t$  de Student

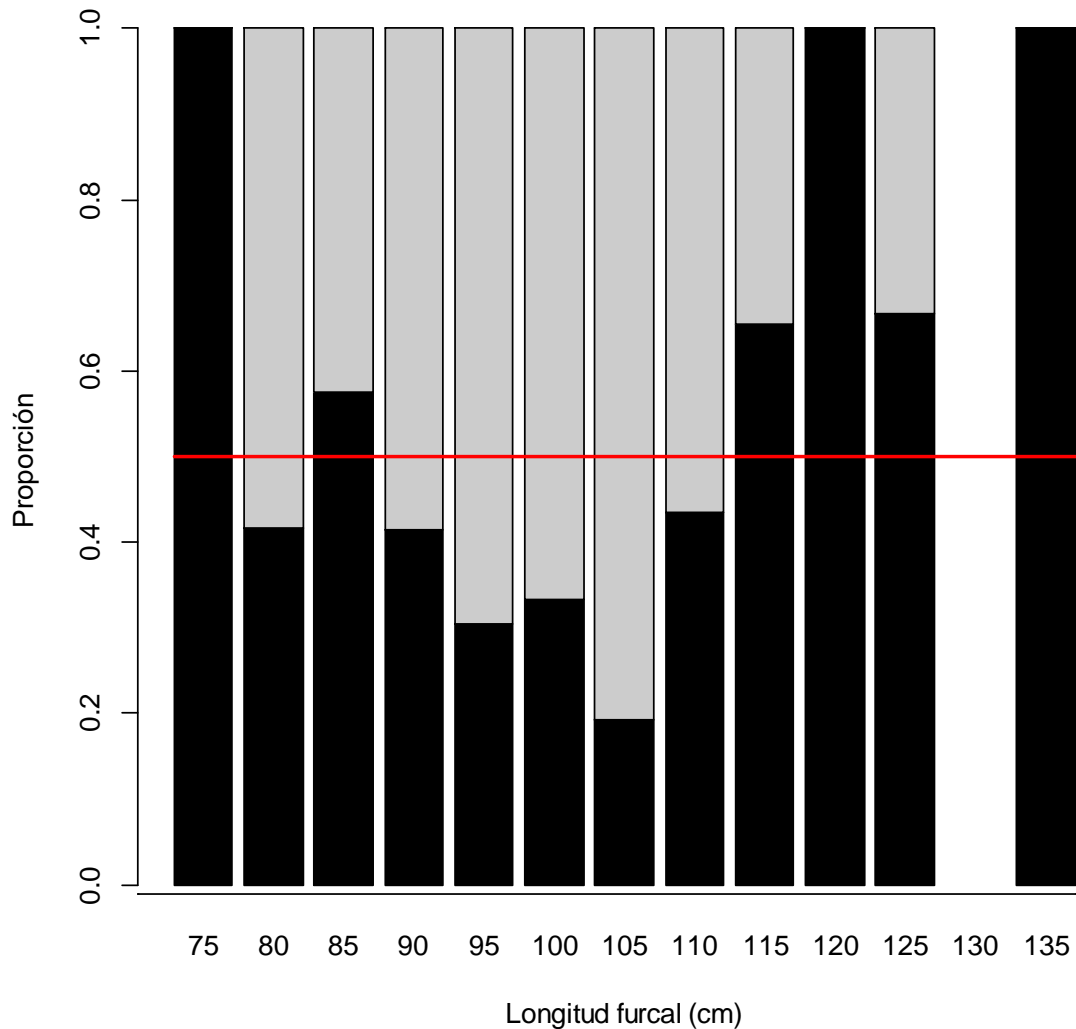
(Zar, 2010) para evaluar si el valor de  $b$  de las diferentes relaciones longitud-peso fue significativamente diferente del valor teórico de crecimiento isométrico ( $=3$ ). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2019).

## RESULTADOS

En enero/2017 y enero/2018 se midieron un total de 363 dorados (215 hembras y 148 machos). La proporción de sexos para todo el periodo de estudio fue 0.68:1 (m:h), la cual fue significativamente diferente de la proporción 1:1 (prueba binomial exacto,  $p < 0.05$ ). De forma general, la proporción de hembras fue mayor a la de los machos en organismos menores a 110 cm  $LF$  y la proporción de machos fue mayor a la de las hembras en organismos mayores a 110 cm  $LF$  (Tabla 1, Fig. 7).

**Tabla 1.** Proporción de sexos por intervalo de longitud furcal del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

Longitud (cm)	Frecuencia		Proporción (m:h)	$p$
	Machos	Hembras		
71 - 75	5	0	-	-
76 - 80	10	14	1:1.4	> 0.05
81 - 85	19	14	1:0.73	> 0.05
86 - 90	12	17	1:1.41	> 0.05
91 - 95	17	39	1:2.29	< 0.05
96 - 100	20	40	1:2	< 0.05
101 - 105	12	50	1:4.16	< 0.05
106 - 110	23	30	1:1.30	> 0.05
111 - 115	19	10	1:0.52	> 0.05
116 - 120	8	0	-	-
121 - 125	2	1	1:0.5	> 0.05
126 - 130	0	0	-	-
131 - 135	1	0	-	-

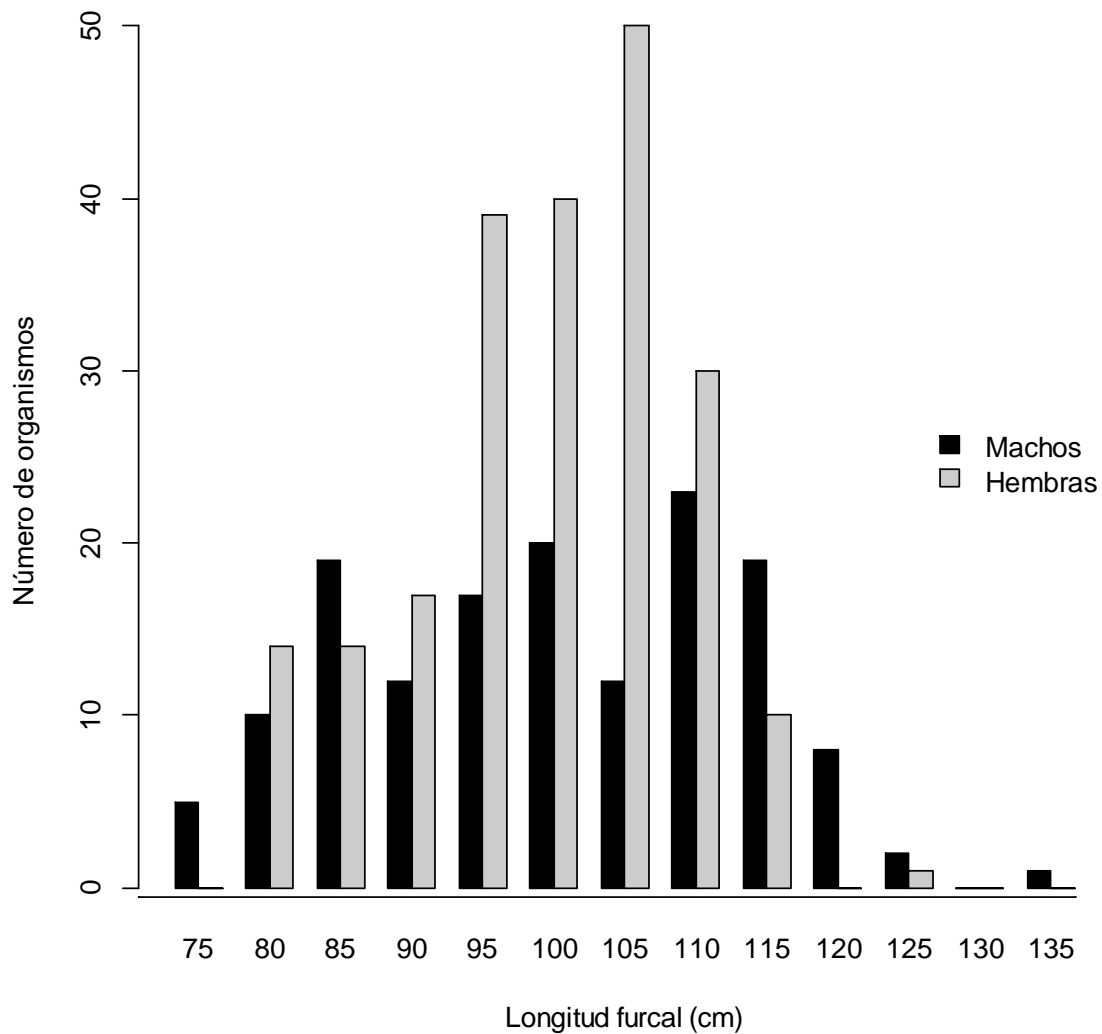


**Figura 7.** Proporción de sexos por intervalo de longitud furcal del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018. La línea roja representa la proporción 1:1. Las barras negras representan a los machos y las barras grises a las hembras.

El intervalo de longitudes de los machos fue de 72 a 134 cm *LF* con una longitud promedio de  $97.89 \pm 1.08$  cm y el intervalo de longitudes de las hembras fue de 77 a 122 cm *LF* con una longitud promedio de  $97.38 \pm 0.62$  cm, siendo

ligeramente más amplio el intervalo de longitudes y más grandes los machos (Fig. 8).

La distribución de frecuencias fue unimodal, con el 60% de los machos entre 90 y 115 LF y el 81% de las hembras entre 85 y 110 cm LF.



**Figura 8.** Histograma de frecuencias de longitud furcal del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

El análisis de varianza reveló que no existen diferencias significativas en la longitud promedio entre machos y hembras ( $F_{(1,361)} = 0.193, p > 0.05$ ).

El intervalo de pesos de los machos fue de 2.49 a 20 kg y el de las hembras fue 2.23 a 11.66 kg. El peso promedio de los machos ( $7.13 \pm 0.23$ ) fue significativamente más grande que el de las hembras ( $6.06 \pm 0.10$ ) ( $F_{(1,361)} = 21.28, p < 0.05$ ).

De los 363 dorados medidos, se logró recolectar otolitos en 234 de ellos, el par de otolitos sagittae en 79 y un solo otolito sagitta en 155. Un otolito de cada uno de los 234 organismos fue procesado para el conteo de marcas de crecimiento, se trató de procesar el otolito derecho, pero en algunos organismos no se contó con ese otolito y se procesó el izquierdo. En el 15% (37) de los 234 otolitos analizados no fue posible realizar el conteo de marcas de crecimiento por diferentes razones que incluyen: cortes quebrados, cortes sobrepulidos en los que se perdió el núcleo y cortes con marcas de crecimiento ilegibles.

Las edades estimadas de los machos fueron de 127 días (0.34 años, 79 cm *LF*) a 464 días (1.27 años, 105 cm *LF*) y las de las hembras fueron de 162 días (0.44 años, 79 cm *LF*) a 364 días (0.99 años, 105 cm *LF*). De forma general, fue posible realizar el conteo de marcas de crecimiento diarias en otolitos de peces menores a 105 cm *LF*, en peces mayores a esta longitud no fue posible realizar el conteo de marcas ya que no pudieron ser diferenciadas, por lo que estos peces no se incluyeron en la estimación de los parámetros de crecimiento individual. La concordancia de los conteos entre los dos lectores fue alto, indicado por el valor bajo del coeficiente de variación ( $CV = 9.81$ ), lo que denota consistencia en los conteos.

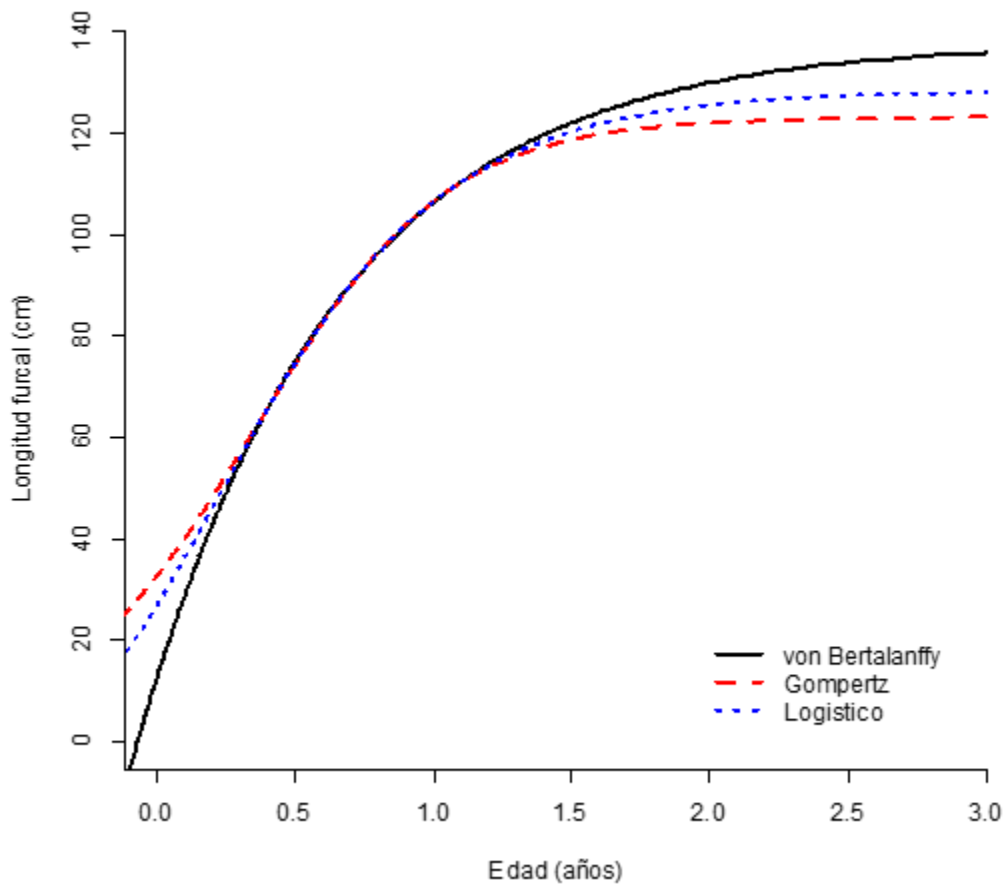


Los parámetros estimados para cada uno de los 3 modelos de crecimiento individual (machos y hembras combinados) se presentan en la Tabla 3, así como su valor de AIC y las curvas de crecimiento ajustadas a los datos se muestran en la figura 10. De acuerdo con los valores de AIC, el modelo de von Bertalanffy (modelo con el AIC más bajo) es el que describe mejor el crecimiento individual de la especie.

**Tabla 2.** Parámetros de los modelos de crecimiento individual (von Bertalanffy, Gompertz y Logístico) para machos y hembras combinados del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

Modelo	$L_{\infty}$	$K$	$t_i$	AIC
von Bertalanffy	137.88	1.37	-0.068	1281.03
Gompertz	128.36	2.12	0.21	1318.46
Logístico	123.05	2.88	0.35	1299.83

En la tabla 3 se presentan los parámetros del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy para machos y hembras por separado. La prueba de razón de verosimilitud indicó diferencias en los parámetros de crecimiento entre machos y hembras, donde los machos alcanzan valores de  $L_{\infty}$  mayores y valores de  $k$  menores que las hembras. Los parámetros de crecimiento individual del modelo de von Bertalanffy tanto para machos como para hembras, indicaron que son organismos de crecimiento acelerado durante el primer año de vida ya que alcanzan alrededor del 75% de su longitud máxima promedio.



**Figura 10.** Curvas de crecimiento individual para machos y hembras combinados del dorado (*Coryphaena hippurus*) muestreado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

**Tabla 3.** Parámetros del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy para machos y hembras por separado del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

Sexo	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$
Machos	147.01	0.87	-0.55
Hembras	116.33	1.57	0.50

Son muchos los esfuerzos que se han realizado por estimar la edad y los parámetros de crecimiento individual del dorado en el pacífico sureste. Algunos de los trabajos en los que se estimaron parámetros de crecimiento individual de la especie se presentan en la tabla 4. Aunque no se realizaron pruebas estadísticas, estos parámetros difieren de los estimados en el presente estudio, probablemente debido a que se analizaron intervalos de tallas diferentes, se utilizaron diferentes métodos de estimación, que incluyen otolitos, escamas y análisis de frecuencia de tallas, además de que son de períodos y áreas diferentes.

Dado que el dorado es una especie altamente migratoria, para poder establecer medidas de manejo es necesario determinar si las actividades de pesca en el Océano Pacífico Oriental (OPO) están incidiendo en una o más poblaciones y definir si es necesario un manejo regional. No obstante, a la fecha existe incertidumbre respecto a alguna estructura poblacional del dorado en el OPO y los estudios genéticos disponibles no han sido concluyentes más allá de la existencia de más de una población, aunque han indicado una alta variabilidad genética (Díaz-Jaimes *et al.*, 2002; Rocha-Olivares *et al.*, 2006). El estudio más reciente al respecto, sugiere que puede haber subpoblaciones costeras y oceánicas (Téllez y Caballero, 2017).

Si consideramos una sola población, se podría esperar que no existan diferencias en los parámetros de crecimiento al comparar organismos de diferentes regiones del OPO donde se distribuye el dorado. Por lo que es recomendable hacer comparaciones de este tipo de estudios cuidando utilizar la misma metodología y criterios para estimar la edad, como sería utilizar la misma estructura dura (e.g., otolitos y escamas), los mismos modelos de crecimiento individual y sobre todo hacer comparaciones del mismo intervalo de tallas de cada sexo entre regiones. Este estudio es uno de muchos esfuerzos para estimar la edad y los parámetros de crecimiento individual del dorado en el OPO, que son base para la regulación de cualquier recurso pesquero con enfoque de uso sustentable. Sin embargo, es necesario continuar realizando estas estimaciones buscando siempre recolectar muestras de al menos un ciclo anual completo y cubrir todo el intervalo de tallas, con representación de organismos chicos, medianos y grandes. Desafortunadamente en el presente estudio solo se contó con muestras de enero/2017 y enero/2018 y no se pudo estimar la edad a organismos mayores de 105 cm *LF* por las razones planteadas previamente.

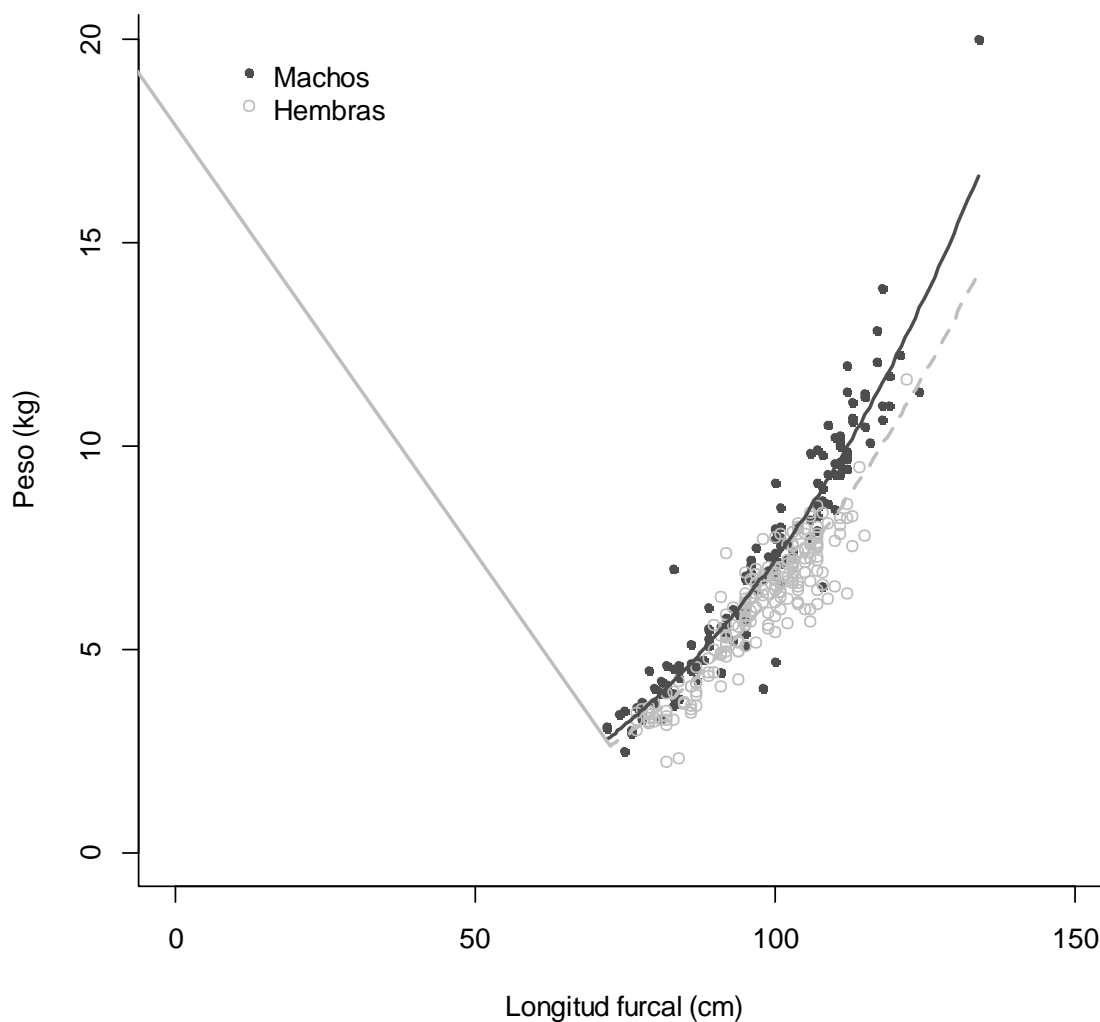
**Tabla 4.** Parámetros del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy del dorado (*Coryphaena hippurus*) reportados en la literatura.

$L_{\infty}$	$k$	$t_0$	Sexo	Longitud (cm)	Edad (años)	Método	Área	Período	Autores																																																																															
148.94	1.075	-0.081	Hembras	80 - 141 LT	0-3	Otolitos (marcas diarias)	Perú	2010	Goicochea et al., 2010																																																																															
169.75	0.893	-0.115	Machos	100 - 157 LT	0-3					161.9	0.998	-0.4	Hembras	65 - 155 LT	0-2	Frecuencia de tallas	Perú	2007	Solano-Sare et al., 2008	145.8	1.5	-0.52	Machos	0-3	148.92	1.081	-0.076	Hembras	79 - 141 LT	0-3	Otolitos (marcas diarias)	Perú	2006-2008	Solano et al., 2015	169.75	0.0893	-0.115	Machos	100 - 157 LT	0-3	111	1.57	-0.028	Hembras	38 - 153 LF	0.5 - 2.5	Escamas (marcas semestrales)	Ecuador	2010-2011	Bravo-Vásquez y Balarezo-Cedeño, 2012.	120	1.49	-0.006	Machos	38 - 190 LF	142	0.91	-0.56	Hembras	25 - 145 LF	0-3	Escamas (marcas semestrales)	Esmeraldas, Ecuador	2008-2012	Zúñiga-Flores y Rivadeneira-Cagua, 2014	137.6	1.29	-0.39	Machos	0-3	125.8	0.9	-0.7	Hembras	0-2.5	Manta, Ecuador	141.8	0.73	-0.68	Machos	0-3.5	142.5	0.51	-1.13	Hembras	0-2.5	Santa Rosa - Anconcito, Ecuador	165.7
161.9	0.998	-0.4	Hembras	65 - 155 LT	0-2	Frecuencia de tallas	Perú	2007	Solano-Sare et al., 2008																																																																															
145.8	1.5	-0.52	Machos		0-3					148.92	1.081	-0.076	Hembras	79 - 141 LT	0-3	Otolitos (marcas diarias)	Perú	2006-2008	Solano et al., 2015	169.75	0.0893	-0.115	Machos	100 - 157 LT	0-3	111	1.57	-0.028	Hembras	38 - 153 LF	0.5 - 2.5	Escamas (marcas semestrales)	Ecuador	2010-2011	Bravo-Vásquez y Balarezo-Cedeño, 2012.	120	1.49	-0.006	Machos	38 - 190 LF	142	0.91	-0.56	Hembras	25 - 145 LF	0-3	Escamas (marcas semestrales)	Esmeraldas, Ecuador	2008-2012	Zúñiga-Flores y Rivadeneira-Cagua, 2014	137.6	1.29	-0.39	Machos	0-3	125.8	0.9	-0.7	Hembras		0-2.5		Manta, Ecuador			141.8	0.73	-0.68	Machos	0-3.5	142.5	0.51	-1.13	Hembras	0-2.5	Santa Rosa - Anconcito, Ecuador	165.7	0.43	-1.03	Machos	0-3							
148.92	1.081	-0.076	Hembras	79 - 141 LT	0-3	Otolitos (marcas diarias)	Perú	2006-2008	Solano et al., 2015																																																																															
169.75	0.0893	-0.115	Machos	100 - 157 LT	0-3					111	1.57	-0.028	Hembras	38 - 153 LF	0.5 - 2.5	Escamas (marcas semestrales)	Ecuador	2010-2011	Bravo-Vásquez y Balarezo-Cedeño, 2012.	120	1.49	-0.006	Machos	38 - 190 LF	142	0.91	-0.56	Hembras	25 - 145 LF	0-3	Escamas (marcas semestrales)	Esmeraldas, Ecuador	2008-2012	Zúñiga-Flores y Rivadeneira-Cagua, 2014	137.6	1.29	-0.39	Machos	0-3	125.8	0.9	-0.7	Hembras	0-2.5		Manta, Ecuador		141.8			0.73	-0.68	Machos	0-3.5	142.5	0.51	-1.13	Hembras	0-2.5		Santa Rosa - Anconcito, Ecuador		165.7			0.43	-1.03	Machos	0-3																			
111	1.57	-0.028	Hembras	38 - 153 LF	0.5 - 2.5	Escamas (marcas semestrales)	Ecuador	2010-2011	Bravo-Vásquez y Balarezo-Cedeño, 2012.																																																																															
120	1.49	-0.006	Machos	38 - 190 LF						142	0.91	-0.56	Hembras	25 - 145 LF	0-3	Escamas (marcas semestrales)	Esmeraldas, Ecuador	2008-2012	Zúñiga-Flores y Rivadeneira-Cagua, 2014	137.6	1.29	-0.39	Machos	0-3	125.8	0.9	-0.7	Hembras		0-2.5		Manta, Ecuador			141.8	0.73	-0.68	Machos	0-3.5	142.5	0.51	-1.13	Hembras	0-2.5		Santa Rosa - Anconcito, Ecuador		165.7			0.43	-1.03	Machos	0-3																																		
142	0.91	-0.56	Hembras	25 - 145 LF	0-3	Escamas (marcas semestrales)	Esmeraldas, Ecuador	2008-2012	Zúñiga-Flores y Rivadeneira-Cagua, 2014																																																																															
137.6	1.29	-0.39	Machos		0-3					125.8	0.9	-0.7	Hembras		0-2.5		Manta, Ecuador			141.8	0.73	-0.68	Machos	0-3.5	142.5	0.51	-1.13	Hembras		0-2.5		Santa Rosa - Anconcito, Ecuador			165.7	0.43	-1.03	Machos	0-3																																																	
125.8	0.9	-0.7	Hembras		0-2.5		Manta, Ecuador			141.8	0.73	-0.68	Machos		0-3.5					142.5	0.51	-1.13	Hembras	0-2.5	Santa Rosa - Anconcito, Ecuador	165.7	0.43	-1.03		Machos					0-3																																																					
141.8	0.73	-0.68	Machos		0-3.5					142.5	0.51	-1.13	Hembras		0-2.5		Santa Rosa - Anconcito, Ecuador			165.7	0.43	-1.03	Machos	0-3																																																																
142.5	0.51	-1.13	Hembras		0-2.5		Santa Rosa - Anconcito, Ecuador			165.7	0.43	-1.03	Machos		0-3																																																																									
165.7	0.43	-1.03	Machos		0-3																																																																																			

Los parámetros de la relación longitud-peso para machos, hembras y sexos combinados se presenta en la Tabla 5. De acuerdo con los resultados del análisis de covarianza, existen diferencias significativas en la pendiente de la relación longitud-peso entre machos y hembras ( $p < 0.05$ ) (Fig. 9).

**Tabla 5.** Parámetros de la relación peso-longitud ( $a$  y  $b$ ) del dorado (*Coryphaena hippurus*) desembarcado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

Sexo	$a$	$b$
Machos	$1.31 \times 10^{-05}$	2.86
Hembras	$1.94 \times 10^{-05}$	2.75
Combinados	$1.51 \times 10^{-05}$	2.82



**Figura 9.** Relación longitud-peso para machos y hembras de dorado (*Coryphaena hippurus*) muestreado en Costa Rica en los meses enero/2017 y enero/2018.

La prueba *t* de Student reveló que el crecimiento tanto de machos como de hembras es alométrico, ya que el valor de *b* de la relación longitud peso fue significativamente menor de 3 ( $p > 0.05$ ). Lo anterior indica que el crecimiento en peso de machos y hembras es proporcionalmente menor al de su longitud.

## CONCLUSIONES

- El intervalo de tallas del dorado desembarcado durante 2017-2018 en el Pacífico Costarricense fue de 72 a 134 cm de longitud furcal, siendo más abundantes los organismos de 85 a 115 cm de longitud furcal.
- Existen diferencias significativas en la relación longitud-peso entre machos y hembras y la especie mostró crecimiento alométrico negativo.
- El modelo de von Bertalanffy es el que describe mejor el crecimiento individual del dorado y los parámetros indicaron que son organismos de crecimiento muy acelerado en el primer año de vida, con diferencias significativas entre machos y hembras.
- Las tallas predominantes en las capturas de hembras (85-110 cm) represento el 81 % de los organismos muestreados, lo que a través del modelo de von Bertalanffy resultaría que son organismos de entre 0.45 y 1.4 años. Estas edades estimadas deben considerarse como preliminares y definidas por un modelo con intervalo de tallas restringido.
- Dado que el dorado es un recurso con un alto valor económico tanto en la pesca comercial como en la deportiva, con una amplia distribución en el OPO, es necesario seguir realizando estudios como el presente ya que son parte fundamental para la evaluación y manejo de la especie, además deben ser reforzados de estudios de discriminación de stocks para definir si en el OPO se distribuye una o más poblaciones y evaluar si es necesario un manejo regional.
- Los resultados reportados en este informe son representativos en tiempo y espacio de las condiciones ambientales y pesqueras prevalecientes durante las capturas muestreadas y analizadas, por lo que para contar con parámetros poblacionales del dorado representativos de las existencias y entender la posible variabilidad o dinámica de la población en el Pacífico Costarricense, se sugiere que al menos durante un año se implemente un muestreo intensivo en tiempo y espacio para lograr representar y entender



la variabilidad estacional. Posteriormente, sobre esta base definir una estrategia de muestreo sistemático, representativo y factible presupuestalmente, que pueda implementarse, de ser posible, para entender la dinámica interanual del recurso dorado.

### AGRADECIMIENTOS

A la empresa Exportadora Frumar S.A. y en especial a la Dra. Diana M. Guerra Muñoz, por su valiosa ayuda y facilidades otorgadas para disponer de las muestras. A los funcionarios del Departamento de Investigación y Desarrollo de INCOPESCA, a la presidenta de EcoPacífico Plus Sandra Andraka Galán por el apoyo otorgado para el procesamiento de las muestras y al Sector Pesquero Palangrero Nacional.

### BIBLIOGRAFÍA

- Aires-da-Silva, A., Valero, J.L., Maunder, M.N., Minte-Vera, C., Lennert-Cody, Roman, M. H., Martinez-Ortiz, J., Torrejón-Magallanes, E.J., and Carranza, M.N. (2016). Exploratory Stock Assessment of Dorado (*Coryphaena hippurus*) in the South Eastern Pacific Ocean in 2015. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 7th Scient. Adv. Com. Meeting. SAC-07-06a(i).
- Akaike, H. 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. *In* Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory, pp. 267-281. Eds. B.N. Petrov y F. Csaki. Akademiai Kiado, Budapest.

Anónimo 2019. FIP Costa Rica. Available at:  
[file:///F:/USBS/BILLFISH%20SYM/DORADO%20COSTA%20RICA/fishery  
progress - costa rica large pelagics - longline and green stick -  
\\_2019-04-28.pdf](file:///F:/USBS/BILLFISH%20SYM/DORADO%20COSTA%20RICA/fishery_progress_-_costa_rica_large_pelagics_-_longline_and_green_stick_-_2019-04-28.pdf)

Bravo-Vásquez, K.E. y Balarezo-Cedeño C.N. 2012. Edad y crecimiento del dorado, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758), desembarcado en el puerto de manta en el período 2010-2011. Tesis de Licenciatura, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

Burnham, K.P. y D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information theoretic approach. Springer, New York. 488 pp.

Carvajal-Rodríguez, J.M. 2014. Caracterización de los desembarques de dorado (*Coryphaena hippurus*) en Costa Rica. Primera Reunión Técnica sobre el dorado 14 -16 de Octubre de 2014, Manta Ecuador.

Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39: 1208-1210.

Díaz-Jaimes, P., Uribe-Alcocer, M., Ortega-García, S., Durand, J.D., 2006. Spatial and temporal mitochondrial DNA genetic homogeneity of dolphinfish populations (*Coryphaena hippurus*) in the eastern central Pacific. *Fish. Res.* 80, 333–338.

FAO 2020. Fishery and Aquaculture statistics. Global commodities production and trade 1976 - 2015 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2017. Accessed online on 14 January 2020. [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en)

Goicochea, C., Mostacero J. y Moquillaza P. 2010. Edad y crecimiento de *Coryphaena hippurus* (Linnaeus) en la zona norte del mar Peruano, Febrero 2010. Informe Instituto del Mar del Perú, 39(1-2): 34-36.

- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 115: 515-585.
- Haddon, M. 2011. Modelling and quantitative methods in fisheries. 2ª edición. CRC Press, New York.
- INCOPESCA. 2015. Información de exportaciones 2015. (In Spanish.) [www.incopescas.go.cr/mercado/exportacion.html](http://www.incopescas.go.cr/mercado/exportacion.html)
- INCOPESCA. 2019. Análisis cualitativo y cuantitativo de la composición del desembarque nacional de las flotas de mediana y avanzada escala para el periodo 2010-2018. Departamento de estadística pesquera, INCOPESCA.
- Kimura, D.K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fisheries Bulletin*, 77: 765-776.
- Kleisner, K.M. 2009. A spatio-temporal analysis of Dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, abundance in the Western Atlantic: Implications for stock assessment of a data-limited Pelagic resource. Tesis de Doctorado. Universidad de Miami. 331 p.
- Morison, A.K., S.G. Robertson y D.C. Smith. 1998. An integrated system for production Fish aging: image analysis and quality assurance. *North American Journal of Fisheries Management*, 18(3): 587-598.
- Oro, M.G. 1999. EL dorado (*C. hippurus* y *C. equiselis*). La pesca deportiva en México (Por la pesca libre y responsable). <http://www.pesca.org.mx/articulos/dorado.html>
- R Core Team. 2019. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Rocha-Olivares, A., Bobadilla-Jiménez, M., Ortega-García, S., Saavedra-Sotelo, N., and Sandoval-Castillo, J.R. 2006. Mitochondrial variability of dolphinfish *Coryphaena hippurus* populations in the Pacific Ocean. *Ciencias Marinas* 32: 569–578.

- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- Ross Salazar, E. 2014. Artes, métodos e implementos de pesca. Fundación MarViva. San José, Costa Rica. 86p
- Solano-Sare, A., Tresierra-Aguilar A., García-Nolasco V., Dioses T., Marín W., Sánchez C y Wosnitza-Mendo C. 2008. Biología y pesquería del Perico. Instituto del Mar del Perú, 23 pp.
- Solano, A., Tresierra A., García V., Goicochea C., Blaskovic' V., Buitrón B. y Chacón G. 2015. Biología y pesquería del perico o dorado *Coryphaena hippurus*, Febrero 2010. Informe Instituto del Mar del Perú, 42(1): 35-73.
- Téllez, R.T. and Caballero, S. (2017). Seasonal variation of dolphinfish stocks (*Coryphaena hippurus*) in the Pacific coast of Colombia. *Oceanography & Fisheries*, 3(1), pp.1-11
- Valle-Esquivel M., Adlerstein-González S., y C. García-Saez. 2018. Pre-evaluación de la Pesquería Multiespecífica de Palangre en Costa Rica, con Atún aleta amarilla, Pez espada y Dorado como Especies Objetivo. Sustainable Fisheries Partnership Foundation. Noviembre 2018. 136 p. [https://fisheryprogress.org/system/files/documents\\_assessment/MRAG\\_PE\\_Palangre\\_CR\\_Final\\_CP.pdf](https://fisheryprogress.org/system/files/documents_assessment/MRAG_PE_Palangre_CR_Final_CP.pdf)
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human biology*, 10: 181-213.
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical análisis. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 944 pp.
- Zúñiga-Flores, M.S. 2008. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, México. 203 p.
- Zúñiga-Flores, M. y Rivadeneira-Cagua Y. 2014. Determinación de edad y crecimiento en escamas de dorados (*Coryphaena hippurus*) capturado en

aguas del Océano Pacífico Suroriental durante el período de junio 2009 a diciembre 2012. Primera reunión Técnica sobre el Dorado. 14 - 16 de octubre de 2014, Manta, Ecuador.