



Análisis de pesquerías y evaluación biológico poblacional de los recursos “caracol” *Thaisella chocolata* (Duclos, 1832) y “pulpo” *Octopus mimus* (Gould, 1852) en Islas Guañape-Reserva Nacional Sistema de Islas, Islote y Puntas Guaneras.

**La Libertad - 2021**





**Oficina de la Jefatura de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras – SERNANP.**

Av. José Gálvez Barrenechea N° 696, San Isidro - Lima.  
<http://www.sernanp.gob.pe/sistema-de-islas-islotes-y-puntas-guaneras>



**Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Laboratorio Costero de Huanchaco**

(044) –462606  
Av. La Ribera 805- Huanchaco- La Libertad  
labhuanchaco@imarpe.gob.pe

**Derechos reservados:** Jefatura de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG - SERNANP) e Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

**Consultor:** MsC. Blgo. Pesq. Luis Ángel De Lucio Burga.

**Versión:** Trujillo, Perú. setiembre 2021

# INDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Prospección Biológica Poblacional.....</b>	<b>6</b>
<i>Área de estudio</i> .....	6
<i>Esfuerzo y captura in situ</i> .....	6
<i>Obtención de datos biológicos</i> .....	8
a) <i>Thaisella chocolata “caracol negro”</i> .....	10
b) <i>Octopus mimus “pulpo”</i> .....	10
<i>Análisis de datos</i> .....	11
<b>2. Análisis de la pesquería.....</b>	<b>14</b>
<i>Indicadores biológicos y poblacionales</i> .....	14
Frecuencia de tallas .....	14
Relación peso - longitud.....	14
Tallas medias e índice gonadosomático.....	14
Parámetros de crecimiento .....	15
<i>Indicadores de la pesquería</i> .....	15
Desembarques.....	15
Parámetros de Mortalidad .....	15
a) Mortalidad total (Z).....	15
b) Mortalidad natural (M) .....	16
c) Mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E) .....	16
Modelos de predicción .....	16
a) Modelo de Análisis de cohorte .....	16
b) Modelo de Rendimiento por recluta .....	16
Modelos de evaluación del Stock .....	16
a) Modelo determinístico de Schaefer .....	16
b) Modelo dinámico CMSY/BSM- Froese et al. (2016).....	17
c) Puntos de referencia biológico (PRB) .....	17
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>1. Prospección Biológica Poblacional.....</b>	<b>19</b>
<i>Esfuerzo y captura in situ</i> .....	19
<i>Estructura de tallas</i> .....	20
<i>Thaisella chocolata Caracol negro</i> .....	22
Reproducción y Ciclo de Vida .....	22
Densidad y Biomasa .....	22
Estructura por tamaño y aspectos básicos de reproducción.....	27
a) Estructura de tallas .....	27
b) Relación peso longitud .....	29
c) Proporción sexual.....	29
d) Madurez gonadal.....	30
<i>Octopus mimus Pulpo</i> .....	32
Reproducción y Ciclo de Vida .....	32

<b>2. Análisis de la pesquería.....</b>	<b>34</b>
<i>Indicadores biológicos y poblacionales.....</i>	34
a) <i>Thaisella chocolata</i> caracol negro.....	34
Frecuencia de tallas.....	34
Relación peso - longitud.....	35
Tallas medias e índice gonadosomático.....	35
Parámetros de crecimiento.....	36
b) <i>Octopus mimus</i> pulpo.....	38
Frecuencia Peso.....	38
Relación peso - longitud.....	39
Tallas medias e índice gonadosomático.....	39
Parámetros de crecimiento.....	40
<i>Indicadores de la pesquería.....</i>	42
a) <i>Thaisella chocolata</i> caracol negro.....	42
Desembarques.....	42
Parámetros de Mortalidad.....	44
Modelos de predicción.....	45
Modelos de evaluación del Stock.....	47
b) <i>Octopus mimus</i> pulpo.....	49
Desembarques.....	49
Parámetros de Mortalidad.....	51
Modelos de predicción.....	52
Modelos de evaluación del Stock.....	54
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El uso irracional de los recursos se hace visible en la presión ejercida por los pescadores artesanales e industriales sobre los recursos costeros, muchos de ellos presentes en el ANP de la RNSIIPG, lo que ha conllevado que un número importante de especies se encuentren con poblaciones muy reducidas, no pudiendo sostener a las pesquerías que de ellas hacen uso. Ante ello algunas entidades competentes en su afán de minimizar el problema han implementado y fomentado la acuicultura extensiva en muchos casos sin éxito debido a que esta actividad se realiza sin criterios técnicos y muchas veces sobre bancos naturales de invertebrados marinos.

Ganoza et al (2018), manifiestan que la pesca artesanal, que incluye extracción de invertebrados marinos, viene sufriendo una situación de insostenibilidad por el deterioro de las poblaciones de los recursos pesqueros evidenciado con la drástica disminución tanto del volumen de capturas como de las tallas de los individuos, motivado en el incumplimiento de las normas de control y vigilancia que ha permitido que el esfuerzo pesquero aumente en forma descontrolada atentando contra la sostenibilidad de estos recursos.

El Estado a través de las instituciones ligadas al sector promueve el éxito de las medidas, a través de la evaluación de su desempeño, tanto biológico como pesquero, económico y social, que permitan efectuar una vigilancia efectiva y realizar correcciones de manera oportuna.

Una de estas instituciones es El Instituto del Mar del Perú que elabora y provee los antecedentes técnicos y las bases científicas para la regulación de las pesquerías y la conservación de sus recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas. En este sentido, el IMARPE es reconocido como el garante y referente técnico en investigación pesquera aplicada al uso sustentable de los recursos hidrobiológicos y su medioambiente. Para ello promueve el desarrollo y la excelencia científica y tecnológica en el ámbito de la investigación para la regulación pesquera, así como también la formación, perfeccionamiento y especialización de los equipos técnicos.

La implementación de procedimiento de manejo en un contexto espacial de pesquerías, debe dar cuenta de cambios a nivel local de las variables de interés biológico – pesquero para un recurso determinado. Para lo cual resulta necesario establecer las escalas de observación, a fin de seleccionar sectores que permitan evaluar eventuales cambios en indicadores poblacionales clásicos; abundancia, tallas, reclutamiento y condición biológica del recurso, y asociarlos con factores ambientales y pesqueros, que expliquen en parte el desempeño de la pesquería a nivel espacial (Tapia *et al.*, 2010).

En tal sentido, el SERNANP ha solicitado la colaboración del IMARPE para realizar el análisis de la pesquería, así como su evaluación poblacional que permita el ordenamiento y conservación de los recursos *Thaisella chocolata* **caracol negro** y *Octopus mimus* **pulpo**, en las Islas Guañape ámbito de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG) partiendo de la premisa de que la extracción comercial de estos recursos tiende a la disminución.

## II. METODOLOGÍA

### 1. Prospección Biológica Poblacional

#### Área de estudio

Las Islas Guañape son un grupo de islas pertenecientes al Perú situadas en el océano Pacífico y están integradas por las islas Guañape Norte y Guañape Sur, además de los islotes Los Leones y Los Cantores. La isla Guañape Norte es la más extensa y la más próxima a la costa, aproximadamente a 9,15 km, tiene forma alargada con una longitud de 1,3 km x 0,7 km en sus lados más amplios, siendo su punto más alto a 73 m, se ubica a 2.7 km al norte de Guañape Sur, mientras que esta isla tiene la apariencia de un cono, que se eleva hasta los 143 m de altitud, por ello es conocida como “Guañape Alta”, tiene una longitud de 0.64 km en su lado más extenso, se encuentra aproximadamente a 12,4 km de la costa (Figueroa *et al.*, 2017).

Islas Guañape es una de las ANP de la RNSIIPG, está ubicada al sur de Puerto Morin, a 16 km frente a la provincia de Virú, departamento de La Libertad, es una ANP con una superficie de 8487,36 ha de las cuales 71,58 ha (0,84 %) corresponden a la superficie terrestre y 8415,78 ha (99,16 %) a la superficie marina (Fig. 1).

Los límites del ANP de Islas Guañape se encuentran enmarcados en un polígono, cuyos vértices tiene las siguientes coordenadas UTM (SERNANP, 2009):

Tabla 1.- Coordenadas UTM de los Límites del Área Marina Protegida Islas Guañape.

Punto	Zona	Coordenadas	
1	17 S	720052.3453	9059654.6129
2	17 S	727961.7987	9059654.6129
3	17 S	727961.7987	9048923.9532
4	17 S	720052.3453	9048923.9532

#### Esfuerzo y captura *in situ*

Personal del IMARPE se embarcó durante 04 días (19 al 22 de julio 2021) en embarcaciones marisqueras con la finalidad de obtener los indicadores pesqueros: esfuerzo de pesca (horas buceadas y número de buzos), captura (kg) y rendimiento de captura (kilos/horas de buceo) para **caracol negro** y **pulpo**

Para ello se utilizó un formulario para registrar datos del usuario, nombre de la embarcación, matrícula, tipo de motor (fuera de borda o interno), marca y potencia del motor, eslora, manga y puntal, número de salidas, zona de procedencia.

De forma adicional en cada embarcación se efectuó los siguientes registros:

- i) Registro de tallas: se realizó mediciones con un malacómetro graduado al mm para caracol negro y un centímetro para medir el pulpo, el cual permitió estimar la composición o estructuras de tallas.
- ii) Registro del peso total (kg): se obtuvo con una balanza tipo romana, el cual permitió estimar el peso de los desembarques asociados a las faenas.

Complementariamente y en cada embarque se registró el track del recorrido por la embarcación y se identificó la posición geográfica (con un-GPS portátil) de la faena (lugar donde se realiza el recojo de la malla enviada por el buzo).

Los datos recopilados se codificaron, digitaron, validaron y corrigieron, generándose archivos con información básica asociada a cada tipo de muestreo realizado.

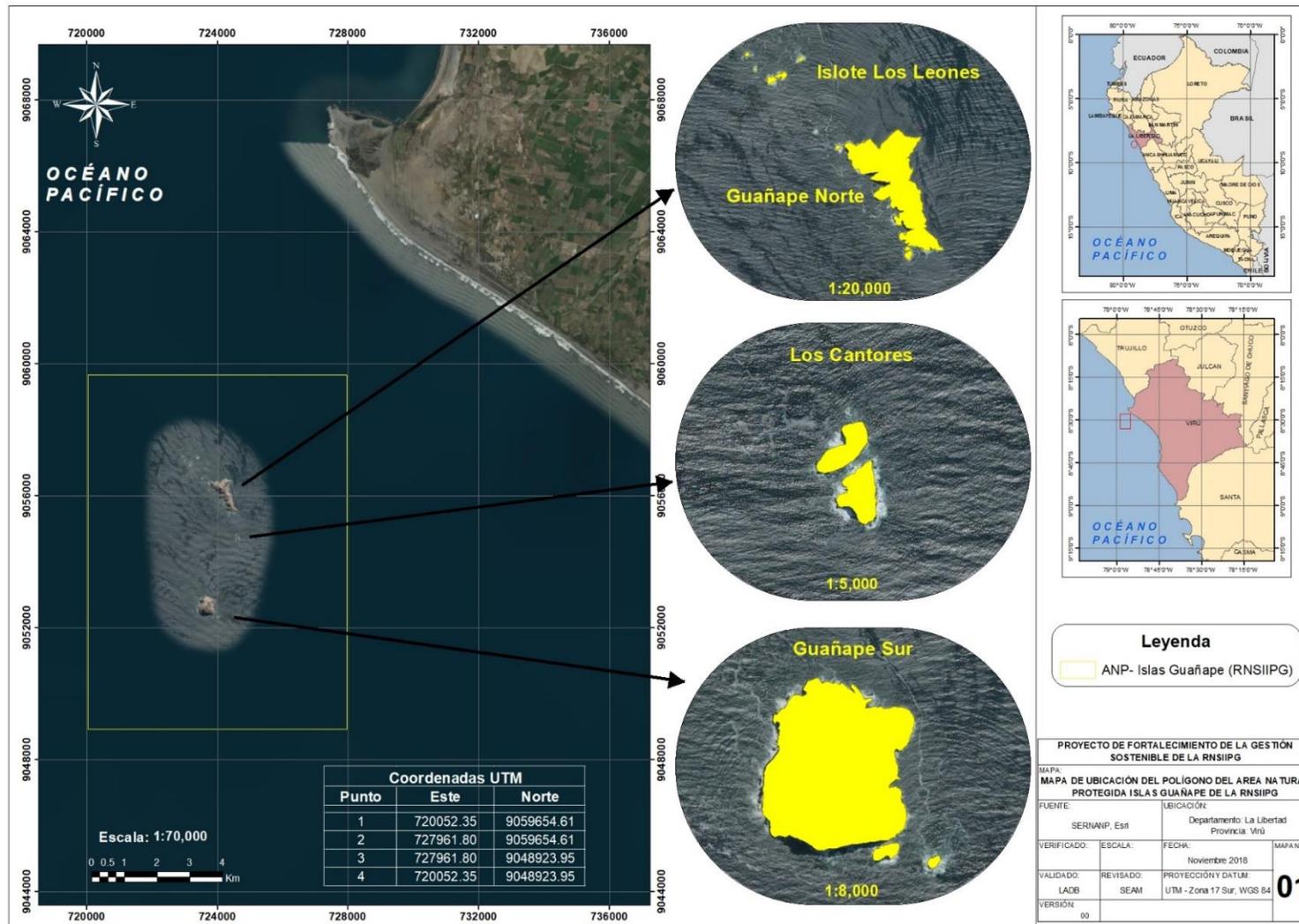


Figura 01.- Ubicación del polígono del ANP islas Guañape de la RNSIIPG.

## Obtención de datos biológicos

Los transectos de muestreo se ubicaron en puntos preestablecidos alrededor de cada isla: Guañape Norte (12), Guañape Sur (07), Los Cantores (02), Los Leones (02) (Tabla 2), tomando como base los criterios biológicos y ambientales como la delimitación de los bancos naturales y la zona máxima de aprovechamiento (isobata de 20 m) (Fig. 2). Se trabajó con equipos de posicionamiento global (GPS) y ecosonda Garmin con transductor para determinar los estratos de profundidad.

Tabla 2.- Coordenadas de transectos para *Thaisella chocolata* caracol negro y *Octopus mimus* pulpo en las islas Guañape. Julio 2021

Isla	Transecto	Longitud	Latitud	Este	Norte
Guañape Norte	1	-78.9592778	-8.53944444	724626.122	9055470.75
Guañape Norte	2	-78.9609167	-8.53947222	724445.637	9055468.63
Guañape Norte	3	-78.96225	-8.53894444	724299.123	9055527.79
Guañape Norte	4	-78.9627917	-8.53752778	724240.304	9055684.82
Guañape Norte	5	-78.9642222	-8.53552778	724083.943	9055906.9
Guañape Norte	6	-78.9663611	-8.53288889	723849.953	9056200.06
Los Leones	7	-78.9716111	-8.52605556	723275.804	9056959.01
Los Leones	8	-78.9729444	-8.52575	723129.155	9056993.58
Los Leones	9	-78.9659444	-8.53066667	723897.13	9056445.64
Guañape Norte	10	-78.9637778	-8.53052778	724135.802	9056459.75
Guañape Norte	11	-78.9607222	-8.53116667	724471.904	9056387.29
Guañape Norte	12	-78.9611389	-8.53311111	724424.885	9056172.44
Guañape Norte	13	-78.9604167	-8.53538889	724503.083	9055920.05
Guañape Norte	14	-78.9594722	-8.538	724605.556	9055630.65
Guañape Sur	15	-78.9640833	-8.56741667	724080.59	9052379.21
Guañape Sur	16	-78.9666667	-8.56838889	723795.575	9052273.17
Guañape Sur	17	-78.9690278	-8.56791667	723535.875	9052326.78
Guañape Sur	18	-78.9701667	-8.56458333	723412.421	9052696.18
Guañape Sur	19	-78.9692222	-8.56216667	723517.824	9052962.96
Guañape Sur	20	-78.9660833	-8.56288889	723863.023	9052881.25
Guañape Sur	21	-78.9654167	-8.56463889	723935.405	9052687.27
Los Cantores	22	-78.9601944	-8.54622222	724521.215	9054721.51
Los Cantores	23	-78.9583056	-8.54691667	724728.802	9054643.59

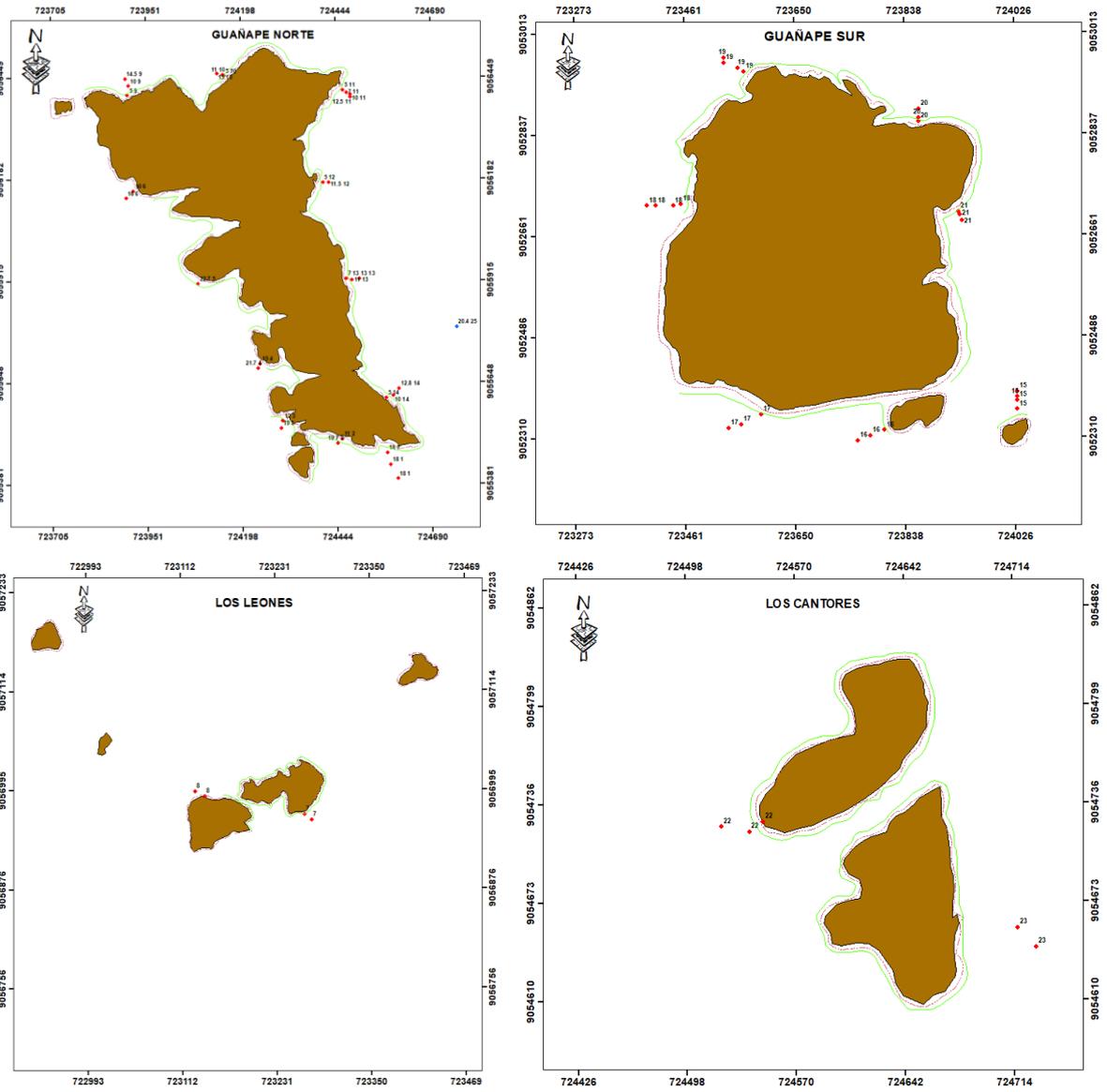


Figura 2.- Ubicación de transectos para *Thaisella chocolata* caracol negro y *Octopus mimus* pulpo en las islas Guañape. Julio 2021

### a) *Thaisella chocolata* “caracol negro”

La estimación de los principales indicadores biológicos y poblacionales de caracol se ha realizado a través de un muestreo al azar estratificado. Se ubicaron los transectos, de acuerdo a las características distintivas de ubicación y de la disponibilidad de área habitable (sustrato rocoso). En cada transecto, las muestras fueron obtenidas en 4 profundidades: 5m, 10m, 15m y 20m.

En cada transecto y en la profundidad establecida para la obtención de la muestra biológica se lanzó un cuadrado metálico de 1m de lado. Un buzo experimentado, utilizando una bolsa de malla “capacho” de paño más fino, colectó todos los ejemplares de caracol y otros organismos bentónicos contenidos en el cuadrado metálico (Fig 3).

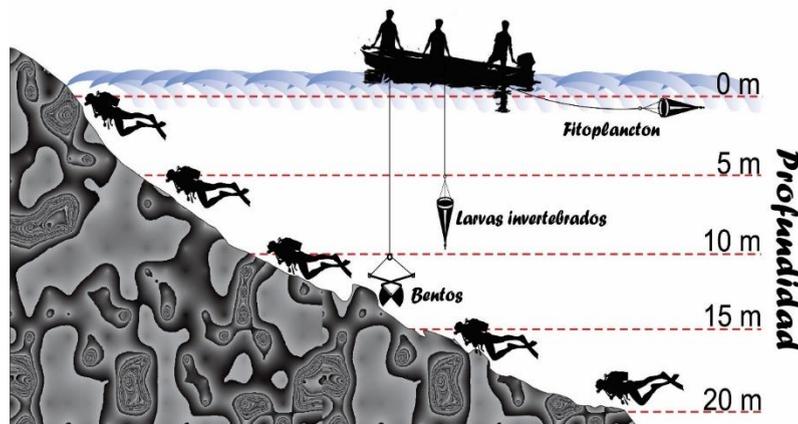


Figura 3.- Ubicación de las unidades de muestreo de las estaciones biológicas de las Islas Guañape RNSIIPG.

En cada punto de muestreo se realizó una réplica, en un punto próximo al área y con características similares. El buzo trasladó la muestra a bordo, donde personal científico procedió a preservarla en envases debidamente rotulados, para su posterior análisis en el laboratorio. Además, en cada transecto y profundidad se registró los datos de ubicación (GPS), profundidad, hora de inicio y fin de muestreo, datos relevantes del entorno, tipo de fondo y otros.

Todos los ejemplares de *Thaisella chocolata*, **caracol negro** que fueron capturados en cada estación se limpiaron de epibiontes y se realizó el conteo respectivo (número de ejemplares). Cada ejemplar fue medido en su longitud peristomal (mm) para determinar la estructura por tallas de la muestra.

Además, a través de un muestreo biológico, se registró el peso total (gr), peso del cuerpo (sin valva, gr), peso de la gónada (gr) y peso del pie (gr), siguiendo el protocolo de muestreo de gasterópodos de IMARPE (Arguelles. 2016); asimismo, se determinó el sexo y su estado de madurez gonadal, empleando la escala de madurez propuesta por Rojas et al., 1996.

### b) *Octopus mimus* “pulpo”

Para el estudio biológico poblacional de pulpo se implementó el método errante. Se ubicaron estaciones alrededor de las islas e islotes que presenten características favorables para la vida del pulpo (área habitable).

En cada estación el buzo equipado con un profundímetro recorrió durante 30 minutos en zigzag (Fig. 4) capturando los individuos de *Octopus mimus* **pulpo** encontrados en el trayecto. El track fue georreferenciando el inicio y la culminación de la captura.

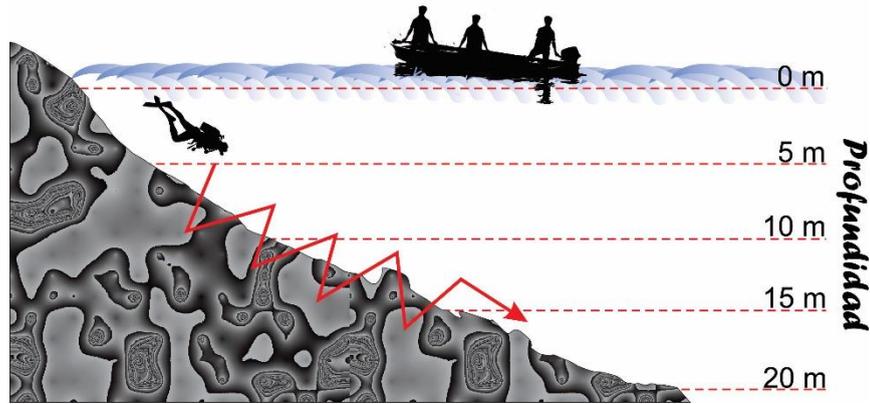


Figura 4.- Técnica del muestreo errante para *Octopus mimus pulpo* en las estaciones biológicas de las Islas Guañape RNSIIPG.

En cada una de las estaciones de muestreo se describió las características del sustrato, la composición de las especies de la flora y fauna presente. Los ejemplares colectados se colocaron en bolsas rotuladas, para su posterior muestreo en laboratorio. Adicionalmente, el buzo reportó aquel o aquellos individuos que, no obstante haber estado en el área de muestreo, no hayan podido ser capturados o se encuentren en proceso de ovoposición.

En laboratorio, se contó y peso los ejemplares capturados en cada estación y luego se aplicó los análisis biométricos y biológicos, de acuerdo a lo establecido en el protocolo para muestreo de cefalópodos según Tafur et al. (2016); registrando la longitud de manto (mm), peso total en (gr), peso eviscerado (gr), peso de la gónada (gr), peso del estómago (gr), peso de la glándula digestiva (gr), sexo y estadio de madurez gonadal de acuerdo a la escala de Nacarino (1997).

### Análisis de datos

En base al muestreo estratificado al azar (Bazigos, 1981), la densidad y la biomasa medias a diferentes niveles de profundidad: 5, 10, 15 y 20 m fueron obtenidas mediante:

La densidad o biomasa relativa:

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} y_i$$

Dónde:

$\bar{Y}_j$  = Densidad o biomasa relativa por estrato

$n_j$  = Número de estaciones por estrato

$y_i$  = Densidad o biomasa de la especie por estación en el estrato  $i$

La varianza de la densidad o biomasa relativa:

$$V(\bar{Y}_j) = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (y_i - \bar{Y}_j)^2}{n_j - 1}$$

Dónde:

$\bar{Y}_j$  = Densidad o biomasa relativa por estrato

$n_j$  = Número de estaciones por estrato

$y_i$  = Densidad o biomasa de la especie por estación en el estrato  $i$

$V(\bar{Y}_j)$  = Varianza de la densidad o biomasa relativa por estrato

La densidad o biomasa total por estrato:

$$D_j = A_j * \bar{Y}_j$$

Dónde:

$D_j$  = Densidad o biomasa total de la especie por estrato

$A_j$  = Área total del estrato

$\bar{Y}_j$  = Densidad o biomasa relativa por estrato

La densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área:

$$\bar{Y}_{(est)} = \frac{\sum_{j=1}^E (A_j * \bar{Y}_j)}{A}$$

Dónde:

$E$  = Número de estratos

$A_j$  = Área total del estrato

$\bar{Y}_j$  = Densidad o biomasa relativa por estrato

$A$  = Área total de la zona evaluada

$\bar{Y}_{(est)}$  = Densidad o biomasa estratificada

La varianza de la densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área:

$$V(\bar{Y}_{(est)}) = \frac{\sum_{j=1}^E (A_j^2 * V(\bar{Y}_j))}{A^2}$$

Dónde:

$V(\bar{Y}_{(est)})$  = Varianza de la densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área

$E$  = Número de estratos

$A_j$  = Área total del estrato

$V(\bar{Y}_j)$  = Varianza de la densidad o biomasa relativa por estrato

$A$  = Área total de la zona evaluada

Intervalos de confianza de la densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área:

$$I.C._{(est)} = \bar{Y}_{(est)} \pm t_{(\alpha, gl)} * \sqrt{V(\bar{Y}_{(est)})}$$

Dónde:

$I.C._{(est)}$  = Intervalos de confianza de la densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área.

$\bar{Y}_{(est)}$  = Densidad o biomasa estratificada

$V(\bar{Y}_j)$  = Varianza de la densidad o biomasa relativa por estrato

$t$  = Valor t de Student a un nivel de confianza (generalmente 95%) y grados de libertad.

$$gl = \left[ \left( \sum n_j \right) - 1 \right]$$

$$\text{Nivel de confianza}_{(95\%)} \approx \alpha = 0,05$$

La densidad o biomasa total en la zona evaluada:

$$D = \sum_{j=1}^E D_j = \sum_{j=1}^E (A_j * \bar{Y}_j) = A * \bar{Y}_{(est)}$$

Dónde:

$D$  = Densidad o biomasa total en la zona evaluada

$E$  = Número de estratos

$D_j$  = Densidad o biomasa total de la especie por estrato

$A_j$  = Área total del estrato

$\bar{Y}_j$  = Densidad o biomasa relativa por estrato

$A$  = Área total de la zona evaluada

$\bar{Y}_{(est)}$  = Densidad o biomasa estratificada

Intervalos de confianza de la densidad o biomasa total de la zona evaluada:

$$I.C.(D) = A \times I.C.(est)$$

Dónde:

$I.C.(D)$  = Intervalos de confianza de la densidad o biomasa total de la zona evaluada.

$I.C.(est)$  = Intervalos de confianza de la densidad o biomasa relativa estratificada por unidad de área.

$A$  = Área total de la zona evaluada

Para determinar el patrón de dispersión poblacional en el área de estudio, se utilizó el índice de varianza relativa (relación varianza/media), cuya fórmula es la siguiente:

$$VR = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

Dónde:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Regla de decisión:

- ✓ Si  $\frac{S^2}{\bar{X}} > 1$ , el patrón de dispersión es agregado
- ✓ Si  $\frac{S^2}{\bar{X}} = 1$ , el patrón de dispersión es uniforme
- ✓ Si  $\frac{S^2}{\bar{X}} < 1$ , el patrón de dispersión es al azar

Para determinar el patrón de distribución poblacional en el área de estudio, se utilizó el índice de Morisita, cuya fórmula es la siguiente:

$$I_\delta = \left[ \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{n(n - 1)} \right] N$$

Donde:

$I_\delta$  : es el índice de Morisita,

$n_i$  : es el número de individuos en "i" ésima unidad muestral,

$n$  : es el número de individuos en todas unidades muestrales, y

$N$  : es el número de unidades muestrales.

Regla de decisión:

- ✓ Si  $I_\delta > 1$ , el patrón de distribución es agregado
- ✓ Si  $I_\delta = 1$ , el patrón de distribución es al azar
- ✓ Si  $I_\delta < 1$ , el patrón de distribución es uniforme

Finalmente se construyó una matriz con los datos biológicos y oceanográficos en una hoja de cálculo Excel Office 2019, luego se integró al Arcgis 10.8 con la finalidad de generar mapas temáticos de la distribución de los parámetros obtenidos.

## 2. Análisis de la pesquería

### Indicadores biológicos y poblacionales

#### Frecuencia de tallas

Se emplearon bases de datos de frecuencias de tallas de *Octopus mimus pulpo* durante los años 2014 y 2017 y de *Thaisella chocolata caracol negro* del año 2014 a 2019 (información proporcionada por IMARPE). Fueron elaborados los gráficos de frecuencias de talla para ambas especies para presentar los porcentajes de juveniles extraídos, tomando como criterio la talla mínima de captura del caracol (60 mm y estimando la talla mínima de captura de pulpo en base al peso mínimo de captura (1kg) mediante la relación peso – longitud para esta especie.

#### Relación peso - longitud

También se analizó la relación funcional entre la longitud del cuerpo y el peso corporal que describe el crecimiento de la especie, se ejecutará de acuerdo con modelo potencial (King, 1995; Sparre y Venema, 1997):

$$PT = aL^b$$

El modelo potencial de la relación longitud-peso se ajustó mediante el procedimiento de minimización de cuadrados, de acuerdo a la expresión:

$$SSD = \sum (PT_{obs} - PT_{calc})^2$$

Para la evaluación de la tendencia del crecimiento o factor de condición de las especies, se realizó una prueba t donde la hipótesis nula es que la especies crecen isométricamente ( $b = 3$ ; Pauly, 1984; King, 1995).

#### Tallas medias e índice gonadosomático

Para el análisis de la talla mediana de madurez sexual (TMM), solo se tuvo en cuenta individuos inmaduros y maduros; esto es, en la base de datos registrada, los individuos clasificados en la escala de madurez como I y II serán clasificados como inmaduros, y los individuos clasificados como III y IV se clasificarán como maduros.

Para estimar la talla media de madurez (L50), se tomaron en cuenta los individuos en fases de madurez III y IV, graficando la frecuencia acumulada relativa de las tallas, las cuales se ajustaron a una función logística (Hoydal et al., 1982):  $FM(L) = 1 / [1 + e^{(S_1 - S_2) * L}]$ , donde FM(L) es la fracción de madurez a cada talla;  $S_1$  y  $S_2$  son la pendiente e intersección obtenidas de la ecuación de regresión lineal. A partir de la TMM se calculó entonces la talla óptima de captura (TOC) para la especie de acuerdo a la metodología propuesta por Froese y Binohlan (2000).

$$\log TOC = 1,053 * \log(TMM) - 0,0565$$

Se determinó la época de mayor desarrollo gonadal, mediante la variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de las hembras (Tresierra y Culquichicon, 1993), empleando la ecuación de Vazzoler (1982):

$$IGS = \frac{Wg * 100}{We}$$

Donde Wg es el peso de la gónada y We es el peso eviscerado

## Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento se derivaron mediante métodos gráficos que se basan en una conversión a una ecuación de tipo lineal. La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy es un modelo de crecimiento, que considera la talla del cuerpo como una función de la edad y cuya expresión matemática es:

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

$L_t$  es la talla a la edad ( $t$ ),  $L_{\infty}$  la longitud asintótica,  $k$  constante de crecimiento,  $t_0$  edad teórica a la cual el individuo tendría una talla igual a cero.

La longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) se obtuvo mediante el modelo de Powell-Wetheral y se mantuvo constante para estimar los demás parámetros para esto se utilizó el ELEFAN. Para ambos cálculos se utilizó el paquete TropFishR del software R. De esta manera se identifica picos (+) y picos (-) en las distribuciones de frecuencias de talla y se ajusta a una curva de crecimiento pasando a través de un número máximo de picos (+) y evitando los picos (-), a fin de acumular el más alto número de puntos, para proveer la mejor explicación de la estructura específica de la muestra de frecuencia por clase de longitud (Gayanilo y Pauly, 1997; Leonce Valencia y Defeo, 1997), así mismo se calculó un índice de bondad de ajuste,  $R_n$  (análogo a un coeficiente de asociación).

Con los parámetros de crecimiento en longitud fueron elaboradas las curvas considerando hasta 3 años para el pulpo y 5 años para el caracol.

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

Luego fue determinada la relación peso-longitud para cada especie para obtener la información que permitió trazar las curvas de crecimiento en peso.

$$W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

$W_t$  es el peso a la edad ( $t$ ),  $W_{\infty}$  el peso asintótica,  $k$  constante de crecimiento,  $t_0$  edad teórica a la cual el individuo tendría una talla igual a cero,  $b$  constante de la relación peso – longitud.

## Indicadores de la pesquería

### Desembarques

Para el análisis de los desembarques del periodo 2010 al 2020 se consideraron dos fuentes de información, la primera corresponde a las cifras oficiales provenientes del Ministerio de Producción (PRODUCE) y la segunda proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Las capturas fueron analizadas de manera mensual y anual provenientes de las Islas Guañape.

## Parámetros de Mortalidad

### a) Mortalidad total (Z)

Con los valores de las constantes de crecimiento en longitud fue posible calcular las tasas instantáneas de mortalidad total (Z) a través del método de las curvas de captura:

$$C_t = a * e^{-bt}$$

Donde  $b=Z$

## b) Mortalidad natural (M)

Luego con la fórmula de Pauly se calcularon los valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M):

$$\text{Log } M = -0.0066 - 0.279 * \log L_{\infty} + 0.6543 * \log K + 0.4634 * \log T^{\circ}$$

## c) Mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E)

Los valores de la tasa instantánea de mortalidad por pesca fueron obtenidos por diferencia entre Z y M, así fue posible calcular la tasa de explotación (E):

$$E = F/Z$$

## Modelos de predicción

### a) Modelo de Análisis de cohorte

Se utilizó el análisis de cohorte de Jones (Jones 1984) para estimar la tendencia de la mortalidad por pesca en las clases de talla del stock, así como la reconstrucción del tamaño total del stock. Este análisis requirió los datos de captura por tallas además de los parámetros de crecimiento, mortalidad y los parámetros "a" y "b" de la relación peso – longitud. Para el análisis se utilizó el paquete TropFishR del software R.

### b) Modelo de Rendimiento por recluta

Se utilizó el modelo de Thompson y Bell para estimar el estado de explotación de una pesquería, el cual permiten la evaluación del estado de la población en relación con los niveles de mortalidad por pesca, así como el impacto de una determinada medida de control de gestión. Este modelo requiere los datos de captura por tallas además de los parámetros de crecimiento, mortalidad, así como los parámetros "a" y "b" de la relación peso – longitud. Para el análisis se utilizó el paquete TropFishR del software R.

## Modelos de evaluación del Stock

### a) Modelo determinístico de Schaefer

El modelo de Schaefer está basado en la relación de las variables: captura total  $C_t$  y esfuerzo pesquero  $f_t$  o la captura por unidad de esfuerzo  $(C/f)_t$  al tiempo  $t$  (Schnute et al 1989).

La captura por unidad de esfuerzo es:

$$C/f_t = \alpha - \beta * f$$

Luego la captura es

$$C_t = (\alpha - \beta * f_t) f_t$$

El esfuerzo óptimo es

$$f_{opt} = (\alpha / 2\beta)$$

El máximo rendimiento sostenible es

$$MRS = (\alpha^2 / 4\beta)$$

## b) Modelo dinámico CMSY/BSM- Froese et al. (2016)

Este método se basa en simulaciones de Monte - Carlo (CMSY) para la estimación de puntos de referencia ( $MRS$ ,  $F_{MRS}$ ,  $B_{MRS}$ ), así como el tamaño relativo del stock ( $B/B_{MRS}$ ) y explotación ( $F/F_{MRS}$ ) a partir de datos de captura.

Además, presenta una implementación bayesiana del modelo de producción de Schaefer (BSM), el cual se ajusta a datos de captura y algún índice de abundancia (CPUE o biomasa). La dinámica básica de la biomasa se establece a través de la siguiente ecuación:

$$B_{t+1} = B_t + r \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) B_t - C_t$$

Donde  $B_{t+1}$  es la biomasa explotada en el subsiguiente año  $t + 1$ ,  $B_t$  es la biomasa actual, y  $C_t$  es la captura en el año  $t$ .

Para este análisis se empleó el CMSY, y se utilizaron como inputs la serie de desembarques históricos de PRODUCE del 2010-2020, y de la información sobre el desembarque proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del IMARPE. Como información adicional al modelo, se utilizó la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) valores a priori o semilla con distribución uniforme, entre 0,8 - 0,9 para pulpo y de 0,7- 0,8 para caracol (propuesto por FROESE et al., 2016, para individuos con resiliencia media). Asimismo, se consideró para el pulpo utilizar un tamaño relativo del stock durante el primer año ( $B_{2010}/K$ ), con un rango de 0,35K - 0,5K (nivel medio de explotación) y para el último año ( $B_{2020}/K$ ) de 0,3K -0,4K (nivel fuerte de explotación); debido a los niveles de desembarque de este recurso registrados durante los últimos años, mientras que para el caracol se utilizó un tamaño relativo del stock durante el primer año ( $B_{2010}/K$ ), con un rango de 0,2K - 0,35K (nivel fuerte de explotación) y para el último año ( $B_{2020}/K$ ) de 0,35K -0,4K (nivel fuerte de explotación); debido a los niveles de desembarque de este recurso.

## c) Puntos de referencia biológico (PRB)

El primer gran objetivo para manejar los recursos pesqueros es el establecimiento del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), definido como la mayor captura que puede ser extraída desde un stock por un periodo de tiempo y calculado a partir de modelos de producción (Caddy y Mahon, 1996). Esto ha sido adoptado por muchos países para el manejo de los recursos pesqueros y ha sido catalogado como un punto de referencia, o indicador que puede servir para determinar el estado de cierto sistema. Para esto han sido utilizados otros indicadores, desde aquellos que maximizan la captura ( $F_{MAX}$ ,  $F_{RMS}$ ,  $F_{RME}$ ) a bajas tasas de explotación y que reconocen la conservación ( $F_{0,1}$ ,  $2/3 F_{RMS}$ ) hasta los que limitan el aprovechamiento para proteger a las poblaciones ante un colapso ( $F_{MED}$ ). (Caddy y Mahon, 1996).

Los niveles de biomasa y tasas de captura que maximizan el modelo de producción son importantes como puntos biológicos de referencia para el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS). Para el modelo empleado en la presente evaluación, el nivel de biomasa que genera el MRS es:

$$B_{MRS} = k/2$$

El mismo que corresponde a una Mortalidad por Pesca ( $F_{MRS}$ ):

$$F_{MRS} = r/2$$

Asociándose el valor del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS):

$$MRS = r * K/4$$

Así mismo, fueron considerados otros puntos de referencia basados en el criterio de reducir significativamente el esfuerzo de pesca sin afectar significativamente el MRS dentro de los cuales tenemos:

**F<sub>0.1</sub>**: en el manejo pesquero, el valor de F es la pendiente de la curva de rendimiento es una décima parte de su valor cerca al origen. En condiciones de equilibrio, la estimación de este PRB es:

$$F_{0.1} = 0.9 * r/2$$

**F<sub>2/3</sub>**: considerado como una medida más conservadora fue estimada como:

$$F_{2/3} = r/3$$

Para cada PRB fue estimado su nivel de Rendimiento Asociado (Y).

Este trabajo se realizó en conjunto entre el Consultor, SERNANP e IMARPE – Sede Huanchaco.

### III. RESULTADOS

#### 1. Prospección Biológica Poblacional

##### Esfuerzo y captura in situ

Se identificaron las zonas de extracción de **caracol negro** y **pulpo** en las islas Guañape Norte, G. Sur, Los Cantores y Los Leones (Fig. 5).

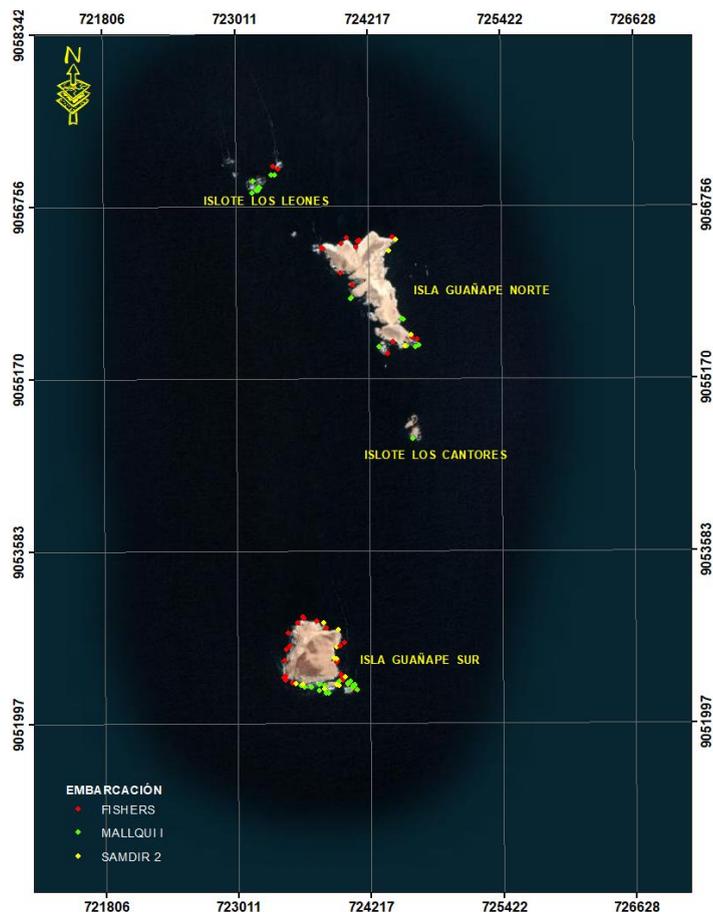


Figura 5 . Zona de extracción de *Thaisella chocolata* **caracol negro** y *Octopus mimus* **pulpo** en las islas Guañape. Julio 2021

La CPUE de menor valor fue 24,27kg/hora y el máximo de 77,34kg/hora para caracol (Tabla 3). Mientras que la CPUE para pulpo vario de 2,78 a 11,25 kg/hora (Tabla 4). La CPUE para peces vario de 4,62 a 17,81 kg/hora (Tabla 5).

Tabla 3. Captura (kg) y tiempo (min) por embarcación en la extracción de *Thaisella chocolata* **caracol negro** en las islas Guañape. Julio 2021

EMBARCACIÓN	CAPTURA_KG	Tiempo efectivo buceo (min)	CPUE
FISHERS	302.54	748	24.27kg/hora
MALLQUI I	415.5	886	28.14kg/hora
SAMDIR 2	281	218	77.34kg/hora
Total	999.04	1852	32.36kg/hora

Tabla 4. Captura (kg) y tiempo (min) por embarcación en la extracción de *Octopus mimus pulpo* en las islas Guañape. Julio 2021

EMBARCACIÓN	CAPTURA_KG	Tiempo efectivo de buceo (min)	CPUE
FISHERS	21	112	11.25kg/hora
MALLQUI I	4.5	97	2.78kg/hora
SAMDIR 2	62.5	962	3.90kg/hora
Total	88	1171	4.51kg/hora

Tabla 5. Captura (kg) y tiempo (min) por embarcación en la extracción de peces en las islas Guañape. Julio 2021

Embarcación	Nombre científico	Nombre común	CAPTURA_KG	Tiempo efectivo buceo (min)	CPUE
FISHERS	<i>Acanthistius pictus</i>	Cherlo	0.6		
	<i>Anisotremus scapularis</i>	Chita	0.6		
	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Pintadilla	22.56	76	17.81kg/hora
	<i>Chromis crusma</i>	Castañuela	3	39	4.62kg/hora
	<i>Gymnothorax sp</i>	Morena	3.5	30	7 kg/hora
	<i>Labrisomus philippii</i>	Trambollo	8.7		
	<i>Oplegnathus insignis</i>	Loro	0.6		
	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Pintadilla	0.5		
SAMDIR 2	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Pintadilla	27.4	241	6.82kg/hora
	<i>Labrisomus philippii</i>	Trambollo	43.9	181	14.55kg/hora
	<i>Oplegnathus insignis</i>	Loro	2.2		
	<i>Scorpaena mystes</i>	Pez diablo	0.25		
Total			113.81	567	12.04kg/hora

### Estructura de tallas

Las tallas promedio registradas de las extracciones comerciales variaron de 44.1 mm (Los Leones) y 45.6 mm (Los Cantores) (Tabla 6) resultado que nos indica que la población está dominada por ejemplares de 40 a 50 mm de longitud peristomal en todas las islas (Fig. 6), una de las causas es la presión extractiva sobre esta especie. El porcentaje de ejemplares menores a la talla mínima de captura (60 mm) varió de 97.1% (Guañape Sur) a 99.3% (Los Leones). Froese (2004) propuso tres indicadores simples para la abundancia poblacional que pueden ser obtenidos simplemente al examinar los desembarques por los pescadores. Estos indicadores aplican a todo tipo de pesquería. La primera indica un valor mayor al 5 por ciento de individuos bajo la talla de primera madurez sexual sugeriría que las poblaciones están siendo sobre explotadas. La segunda Si los pescadores están colectando principalmente pequeños, las poblaciones podrían estar siendo sobre explotadas, y la tercera las capturas deben comprender por lo menos 30–40 por ciento de individuos “mega desovadores”. En este caso la estructura de tallas que se observa en la captura comercial de esta especie, sugiere que se encuentra en situación de sobre explotación.

Tabla 6. Indicadores de la talla (longitud peristomal mm) de la extracción de *Thaisella chocolata* **caracol negro** en las islas Guañape. Julio 2021

Isla			Estadístico	%<TMC	
			Talla promedio (mm)	Es	
Guañape Norte	Media		45.2	0.19	97.5
	95% IC	Li	44.8		
		Ls	45.6		
	Mediana		44.0		
	Varianza		42.1		
	DS		6.5		
	Mínimo		30		
	Máximo		67		
Guañape Sur	Media		44.8	0.14	97.1
	95% IC	Li	44.6		
		Ls	45.1		
	Mediana		44.0		
	Varianza		44.4		
	DS		6.7		
	Mínimo		27		
	Máximo		69		
Los Cantores	Media		45.6	0.29	97.8
	95% IC	Li	45.1		
		Ls	46.2		
	Mediana		46.0		
	Varianza		34.2		
	DS		5.8		
	Mínimo		27		
	Máximo		60		
Los Leones	Media		44.1	0.18	99.3
	95% IC	Li	43.7		
		Ls	44.4		
	Mediana		44.0		
	Varianza		27.8		
	DS		5.3		
	Mínimo		27		
	Máximo		64		

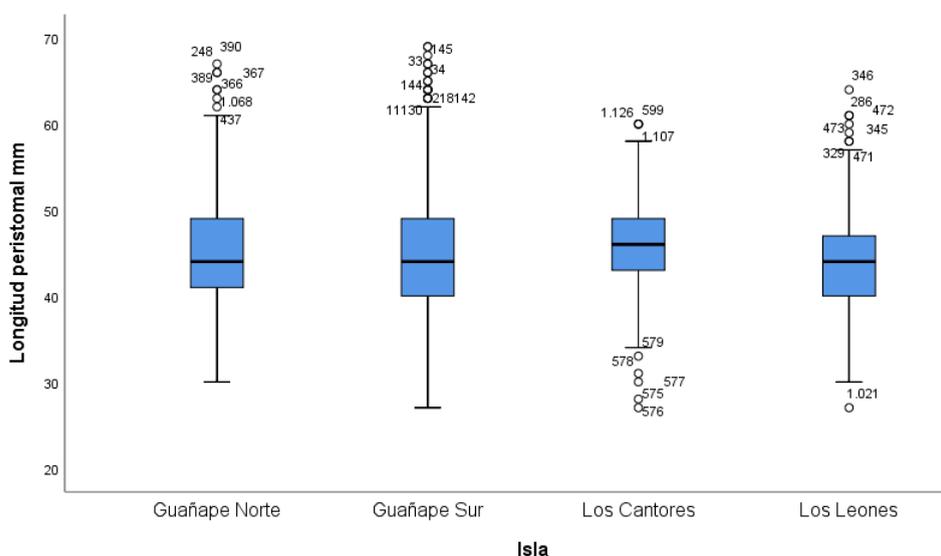


Figura 6. Distribución de la talla (longitud peristomal mm) de la extracción de *Thaisella chocolata* **caracol negro** en las islas Guañape. Julio 2021

## *Thaisella chocolata* **Caracol negro**

### Reproducción y Ciclo de Vida

Ferrada et al (2010) mencionan que el caracol se caracteriza por ser una especie gonocórica con fertilización interna, la cual presenta diferenciación externa de su dimorfismo sexual, con presencia de un hemipene en machos. En épocas de reproducción se acumula en grandes densidades sobre roqueríos o pilotes de muelles formando agrupaciones reproductivas llamadas "maicillos" entre los 8 y 18 m de profundidad. El tamaño de madurez sexual esta aproximadamente en lo 40 mm de longitud (estimada para la I región, Chile), con dos épocas reproductivas, mayo y octubre-enero, seguido por la evacuación de gametos en junio-septiembre y febrero-marzo, respectivamente (Retamales & González, 1982). Se ha descrito que la evacuación de las hembras ocurre todo el año, tal como ocurre en otros Thais (Barkati & Ahmed, 1983) y muricidos (Ramorino, 1975, Avilez & Lozada, 1975). En términos batimétricos, se indica que organismos inmaduros se alimentarían a mayores profundidades y posteriormente, ya maduros migrarían a aguas someras para reproducirse (Andrade et al., 1994) (Fig. 7).

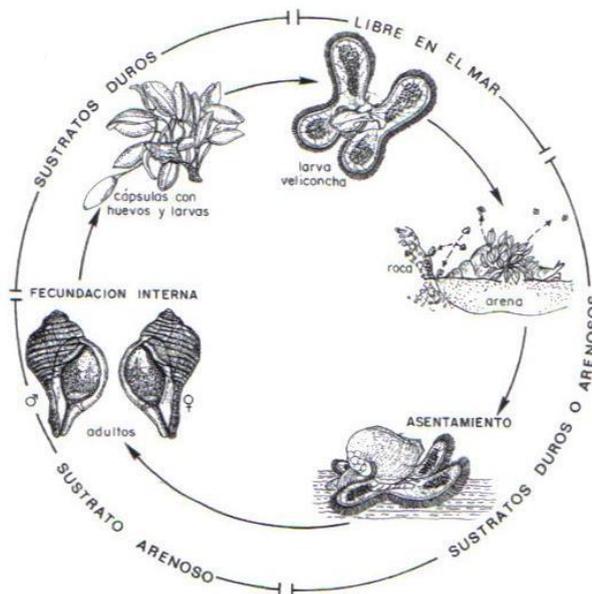


Figura 7. Esquema Ciclo de Vida de *Chorus giganteus* aplicable a *Thaisella chocolata* (Extraído desde Osorio, 2002).

Luego de la copulación, las hembras depositan grupos de huevos encapsulados, cada agrupación contiene capsulas de 100-150 pedúnculos, con forma de ampollita, estas cápsulas miden aproximadamente entre 7 y 15 mm de largo (Romero et al., 2004) y contienen aproximadamente 2600 huevos pequeños (130  $\mu$ m). Bautista et al (1995) mencionan un periodo de ovipostura entre 28 y 50 días en condiciones de laboratorio, mientras Palmer (1983) indica que *Thais canaliculata*, tiene la capacidad de reproducirse y mantenerse en postura por espacio de tiempo que pueden variar entre 3 y 6 semanas. El desarrollo intracapsular reportado por Romero et al., (2004), en condiciones de laboratorio plantea una duración de hasta 49 días desde un embrión hasta una larva veliger (220  $\pm$  10  $\mu$ m) de largo.

Después de la eclosión nadan hacia aguas superficiales formando pequeñas agrupaciones. El desarrollo larval continúa durante 4 meses (a 22°C). Una vez asentado comienza la metamorfosis (Romero et al., 2004).

### Densidad y Biomasa

La densidad varió de 1 a 28 ejem/m<sup>2</sup>, en varias estaciones de las islas Guañape (Norte, Sur, Los Cantores y Leones) no hubo registro de **caracol negro** (Fig. 8). Mientras que por estratos la densidad media mínima correspondió al estrato 1 (1,86 ejem/m<sup>2</sup>(isla Guañape Sur)) y la densidad media máxima correspondió al estrato 3 (18,75 ejem/m<sup>2</sup>(Los Cantores-Los Leones)). El mayor número de ejemplares (población) se registró en la isla Guañape Norte con 828 063

ejemplares y biomasa de 10 909 kg. mientras que los islotes Cantores y Leones la población estimada es de 343 090 ejemplares con biomasa de 3 702 kg (Tabla 7-12). Hay que recalcar que destaca la abundancia de ejemplares menores a 60 mm de longitud peristomal que representan bajo rendimiento en biomasa (Fig. 9-11).

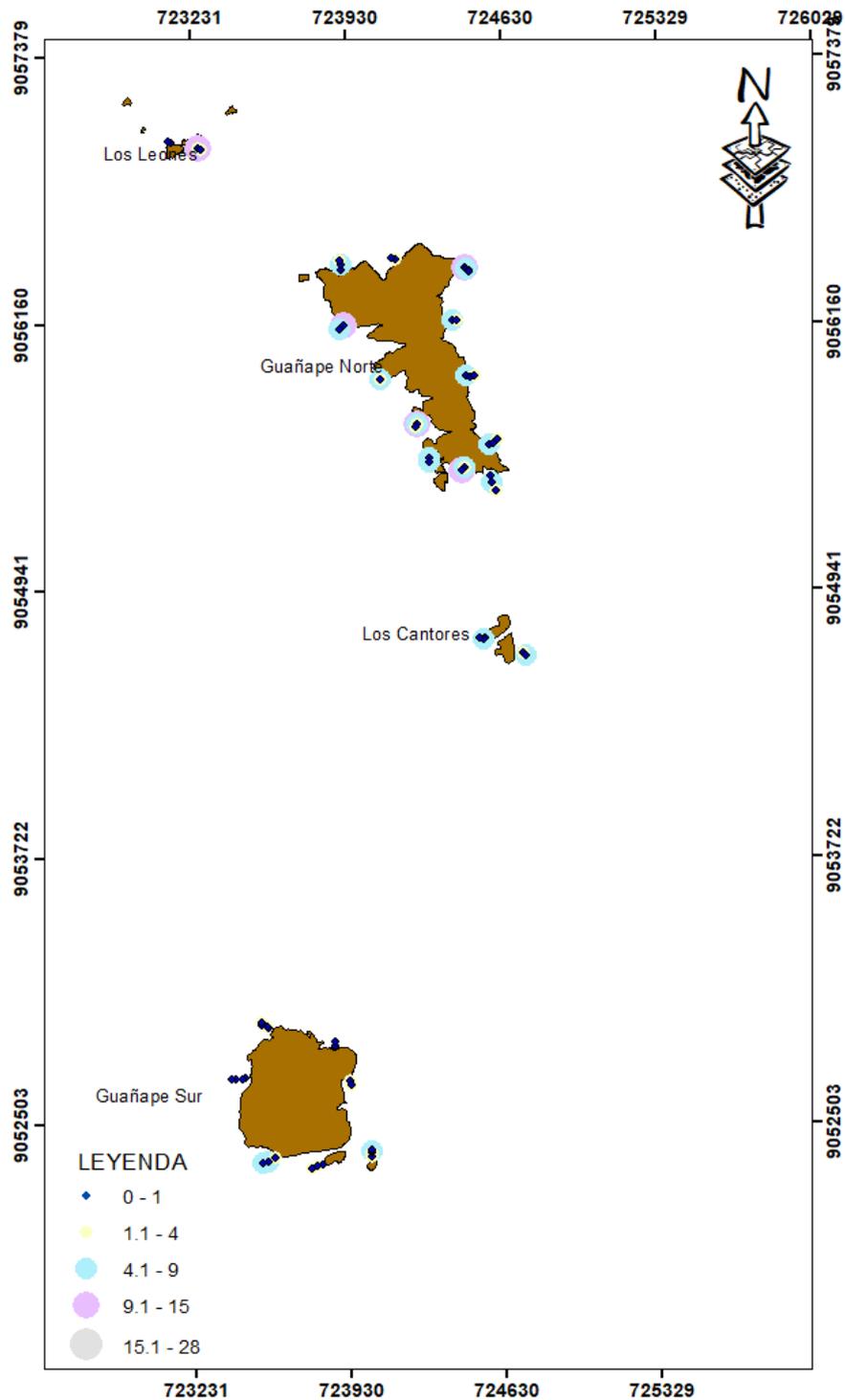


Figura 8. Distribución de la densidad de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape-julio 2021.

Tabla 7. Densidad, biomasa promedio y poblacional de *Thaisella chocolata* **caracol negro** por estrato. Isla Guañape Norte. Julio de 2021

Estrato	Media biomasa	Media de densidad	Población (número)	Biomasa (kg)
1	149.6	12.3	313 988	3 833.4
2	112.7	7.9	235 670	3 355.3
3	47.0	3.8	115 938	1 453.7
4	90.7	6.5	162 467	2 267.3
<b>Total</b>	<b>400.0</b>		<b>828 063</b>	<b>10 909.7</b>

Tabla 8. Estimados de densidad, población y biomasa de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. Isla Guañape Norte. julio de 2021

Variable	Indicador
Densidad (N° ejemplares)	828 063
Densidad media estratificada (ejem x m <sup>-2</sup> )	7.4
Límites de confianza densidad (95%)	+/- 30.9
Biomasa (Kg)	10 910
Biomasa media estratificada (Kg x m <sup>-2</sup> )	98.0
Límites de confianza biomasa (95%)	+/-37.1

Tabla 9. Densidad, biomasa promedio y poblacional de *Thaisella chocolata* **caracol negro** por estrato. Isla Guañape Sur. julio de 2021

Estrato	Media de biomasa	Media de densidad	Población (numero)	Biomasa (kg)
1	27.8	1.86	24 497	714
2	130.5	12.43	175 713	3 886
3	55.4	6.00	103 696	1 714
4	66.4	6.80	83 178	1 659
	<b>280.2</b>		<b>387 083</b>	<b>7 972</b>

Tabla 10. Estimados de densidad, población y biomasa de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. Isla Guañape Sur. julio de 2021

Variable	Indicador
Densidad (N° ejemplares)	387 083
Densidad media estratificada (ejem x m <sup>-2</sup> )	6.8
Límites de confianza densidad (95%)	+/- 30.9
Biomasa (Kg)	7 972
Biomasa media estratificada (Kg x m <sup>-2</sup> )	71.6
Límites de confianza biomasa (95%)	+/-37.1

Tabla 11. Densidad, biomasa promedio y poblacional de *Thaisella chocolata* **caracol negro** por estrato. Islote Los Cantores-Los Leones. julio de 2021.

Estrato	Media de biomasa	Media de densidad	Población (numero)	Biomasa (kg)
1	40.4	2.00	13 601	275
2	143.1	16.00	143 377	1 282
3	180.9	18.75	159 709	1 540
4	80.2	3.50	26 403	605
Total	444.5		343 090	3 702

Tabla 12. Estimados de densidad, población y biomasa de *Thaisella chocolata*. **caracol negro** . Islote Los Cantores-Los Leones. julio de 2021

Variable	Indicador
Densidad (N° ejemplares)	343 090
Densidad media estratificada (ejem x m <sup>-2</sup> )	10.8
Límites de confianza densidad (95%)	+/- 30.9
Biomasa (Kg)	3 702
Biomasa media estratificada (Kg x m <sup>-2</sup> )	116.3
Límites de confianza biomasa (95%)	+/-37.1

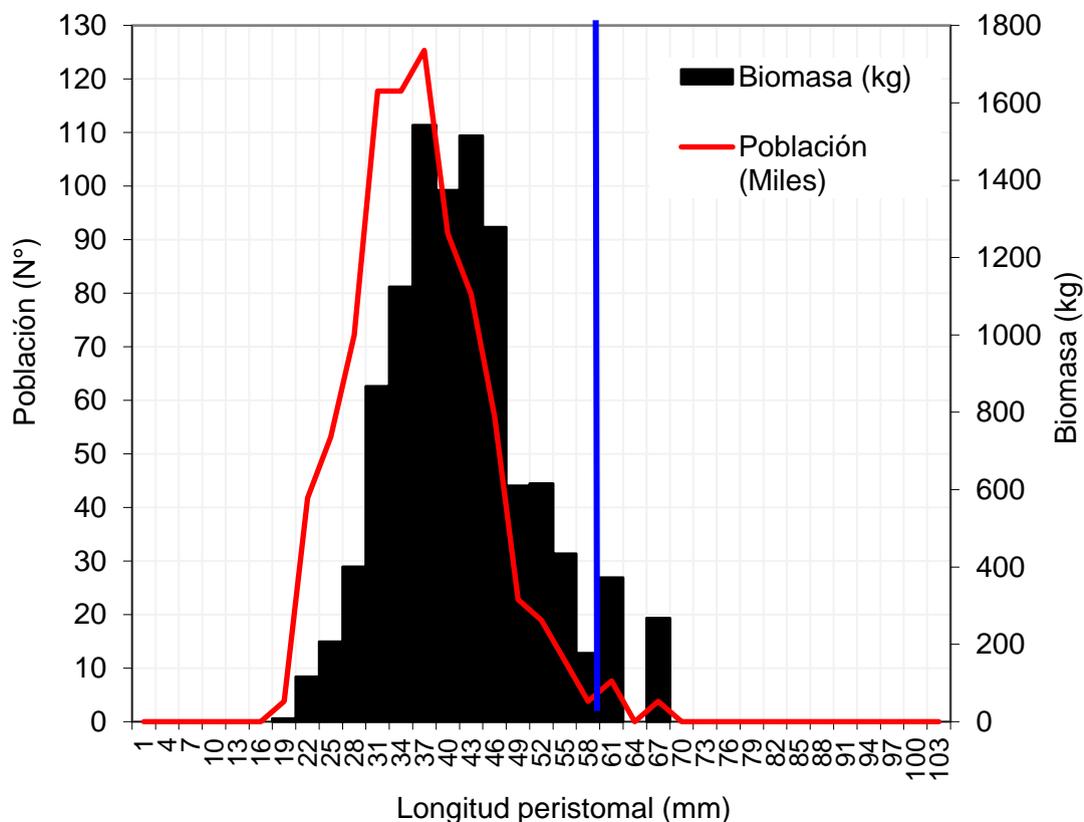


Figura 9. Población y biomasa de *Thaisella chocolata* **caracol negro** por tallas Estimada durante la evaluación poblacional en la zona de isla Guañape Norte. Julio 2021

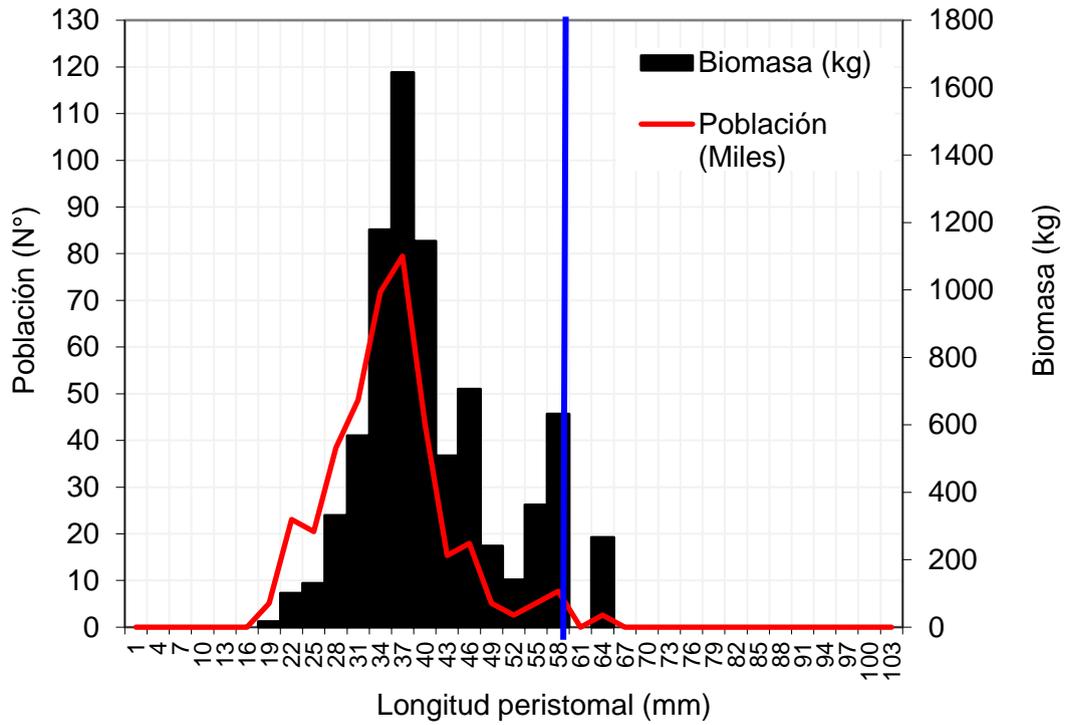


Figura 10. Población y biomasa de *Thaisella chocolata* caracol negro por tallas Estimada durante la evaluación poblacional en la zona de isla Guañape Sur. Julio 2021

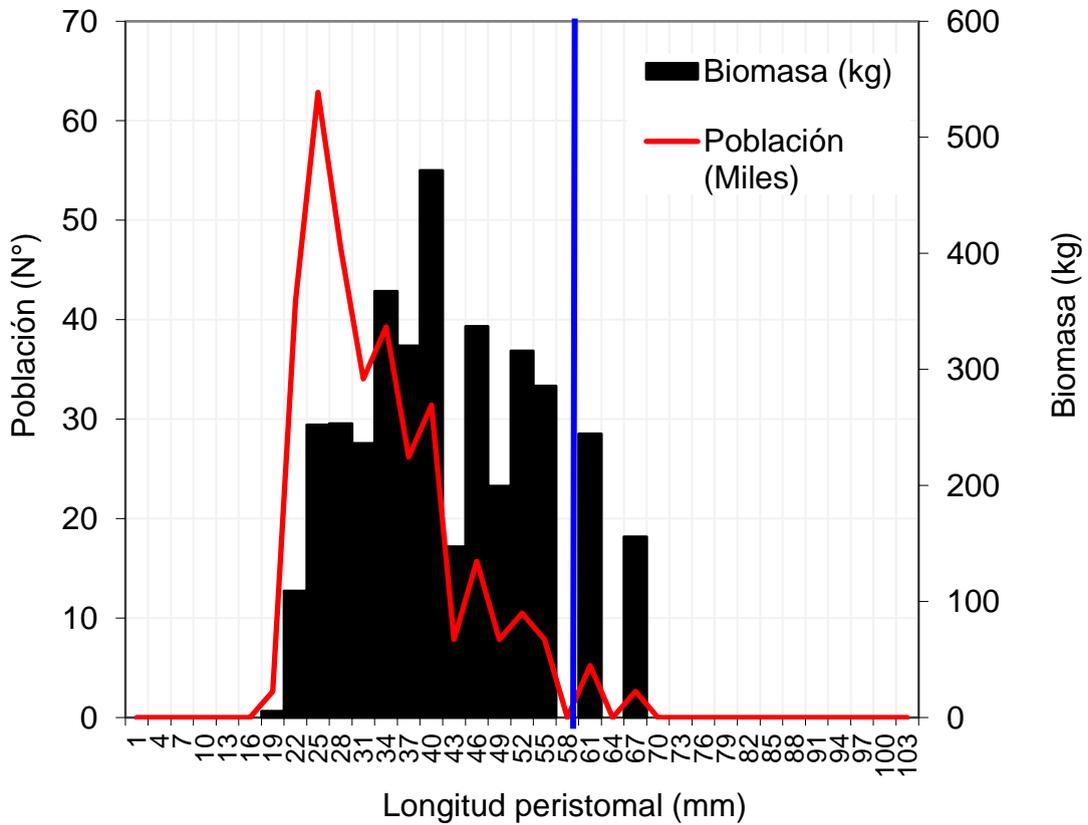


Figura 11. Población y biomasa de *Thaisella chocolata* caracol negro por tallas Estimada durante la evaluación poblacional en la zona de los islotes Los Cantores y Los Leones. Julio 2021

## Estructura por tamaño y aspectos básicos de reproducción

### a) Estructura de tallas

La estructura de tallas de la población tuvo un rango entre 20 y 68 mm de longitud peristomal (mm) registrado en la isla Guañape Norte. Respecto a los pesos varió entre 1,10 y 66,8 g, registrado en Los Leones (Tabla 13 y Fig. 12). Estos resultados nos muestran que las islas Guañape está dominado por ejemplares pequeños con concentración entre 30 y 43 mm de longitud peristomal (promedio de 32,67 a 36,33 mm longitud peristomal), y pesos entre 5 y 12 g (promedio de 9,18 a 11,18 g)

Tabla 13. Estimados de longitud peristomal y peso total promedio de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape. julio de 2021

Isla			Longitud peristomal mm	Peso total g
Guañape Norte	Media		36.33	11.18
	95% IC	Li	35.22	10.06
		Ls	37.44	12.29
	Mediana		36.00	9.37
	Varianza		69.56	69.99
	DS		8.34	8.37
	Mínimo		20	1.70
	Máximo		68	62.00
	Es		0.56	0.57
Guañape Sur	Media		35.07	9.71
	95% IC	Li	33.78	8.52
		Ls	36.36	10.90
	Mediana		35.00	8.21
	Varianza		64.40	54.90
	DS		8.03	7.41
	Mínimo		20	1.29
	Máximo		63	42.15
	Es		0.65	0.60
Los Cantores	Media		32.67	9.18
	95% IC	Li	29.46	6.21
		Ls	35.89	12.16
	Mediana		28.00	4.52
	Varianza		125.39	107.23
	DS		11.20	10.36
	Mínimo		20	1.54
	Máximo		66	48.00
	Es		1.60	1.48
Los Leones	Media		33.55	9.46
	95% IC	Li	31.55	7.39
		Ls	35.55	11.54
	Mediana		31.50	6.55
	Varianza		82.99	88.86
	DS		9.11	9.43
	Mínimo		21	1.10
	Máximo		61	66.80
	Es		1.01	1.04

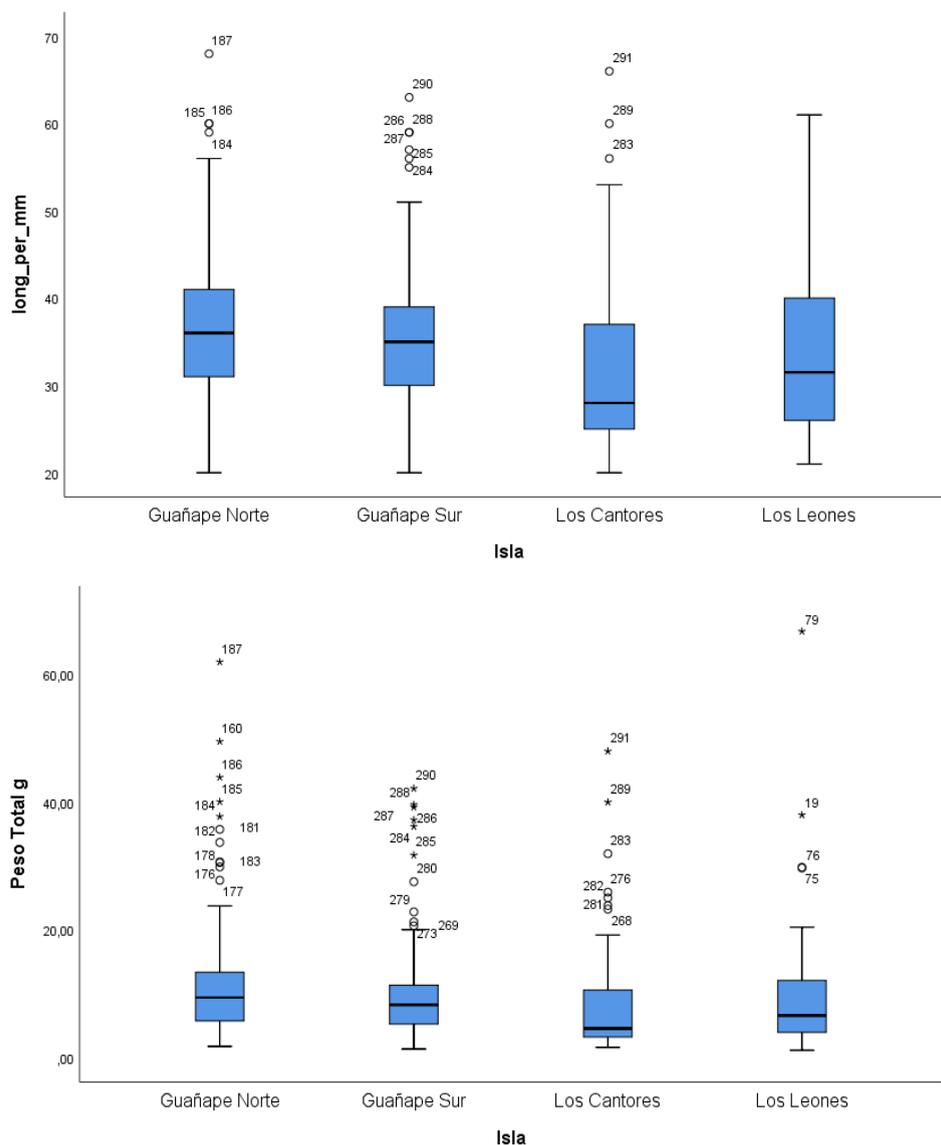


Figura 12. Composición de longitud peristomal (mm) y peso total (g) de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape. Julio 2021.

La composición de ejemplares menores a la TME llega a un máximo de 99,3% en la isla Guañape Sur mientras que el 2,3 % que están por encima del TME se encontró en los islotes Los Cantores y Los Leones (Tabla 14).

Tabla 14. Porcentaje de ejemplares menores a la TME de *Thaisella chocolata*. caracol negro. Islas Guañape. julio de 2021

Isla	% > 60	Población (N°)	Biomasa (kg)	% < 60	Población (N°)	Biomasa (kg)
Guañape Norte	1.4	11 395	639.8	98.6	8 166 679	10 269.9
Guañape Sur	0.7	2 563	266	99.3	3 845 193	7 705.8
Los Cantores-Los Leones	2.3	7 859	400.4	97.7	3 352 325	3 301.9
Total		21 817	1 306.2		15 364 197	21 277.6

## b) Relación peso longitud

Las relaciones biométricas proporcionan información acerca de la manera de cómo varían entre sí las dimensiones del cuerpo de los organismos, lo que es afectado por el medio ambiente (Chavance et al., 1984).

Al relacionar estas variables se ajustan a un modelo de tipo potencial (Fig. 13), obteniendo un coeficiente de determinación de 0.9723 a 0.9755 y una pendiente o coeficiente de alometría de 2.94 a 2.95, al aplicar la prueba t de Student se comprobó que este valor es diferente de 3, (prueba  $t = 65.1$ ,  $b=2.51$   $p = 0.2757$ ), lo que demuestra que la especie en las condiciones que le ofrece la zona presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo. Este coeficiente de alometría viene a ser el valor del exponente  $b$  de la relación longitud – peso, el cual varía entre los valores de 2.5 y 3.5, siendo 3 el más usual. El coeficiente indica el tipo de relación que se establece entre la longitud y el peso del caracol, el cual puede ser isométrico (que las partes del individuo crecen proporcionalmente) si el valor de  $b = 3$  o muy cercano a éste; o alométrico (que las partes del individuo no crecen proporcionalmente) si su valor es diferente de 3 (Ulloa et al 2010).

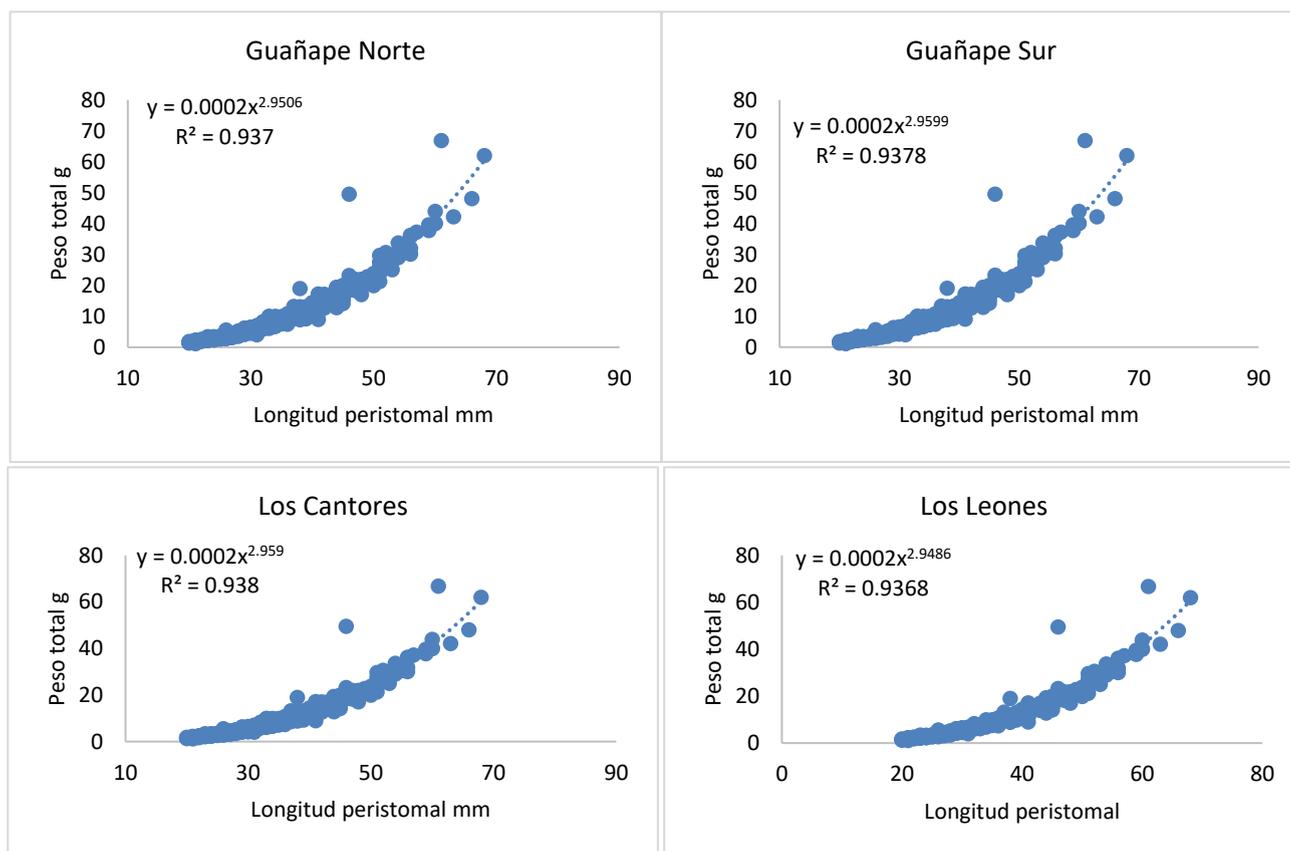


Figura 13. Relación peso longitud de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape. Julio 2021

## c) Proporción sexual

Se observó la predominancia de las hembras frente a los machos en todo el componente de islas que conforma el ANP de Islas Guañape (Tabla 15 y Fig. 14), cabe señalar que esta situación es importante pues son las hembras las que aportan nuevos individuos (reclutas) a la población en general.

Tabla 15.- Porcentaje de ejemplares machos y hembras de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. Islas Guañape. julio de 2021

Isla		Sexo		Total
		Hembra	Macho	
Guañape Norte	N° ejemplares	68	42	110
	%	61,8%	38,2%	100,0%
Guañape Sur	N° ejemplares	49	31	80
	%	61,3%	38,8%	100,0%
Los Cantores	N° ejemplares	21	3	24
	%	87,5%	12,5%	100,0%
Los Leones	N° ejemplares	52	25	77
	%	67,5%	32,5%	100,0%
Total	N° ejemplares	190	101	291
	%	65,3%	34,7%	100,0%

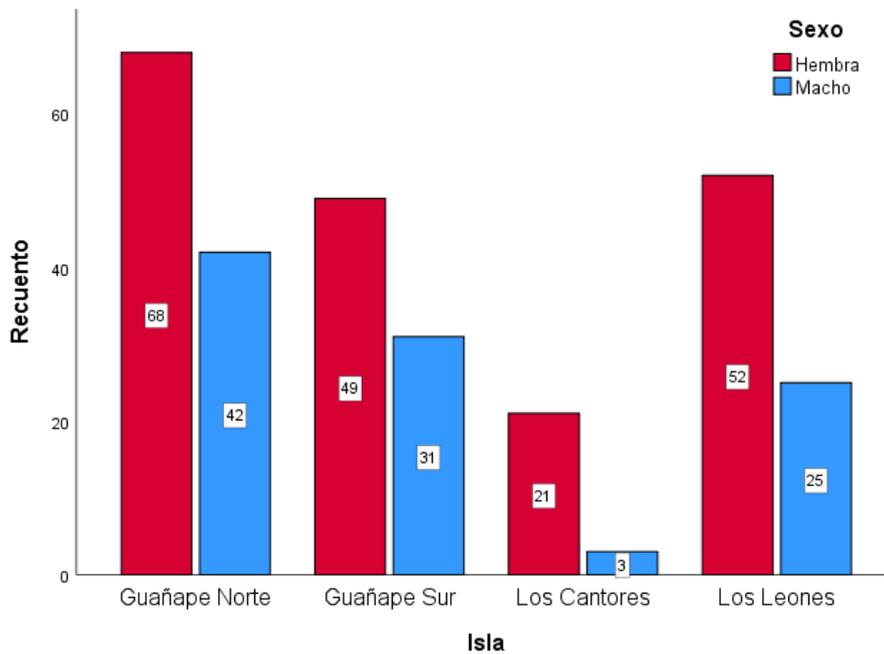


Figura 14.- Proporción sexual de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. en las islas Guañape. Julio 2021

#### d) Madurez gonadal

En Guañape norte, Los cantores y Los leones predominó las hembras con estadio inmaduro de 36,8%, 66,7% y 51,9% respectivamente, mientras en Guañape Sur tuvo mayor representación el estadio madurante con el 44,9% (Tabla 16 y Fig. 15).

Para la zona de Pisco (Perú), Rojas et al., (1986), determinaron una talla mínima de madurez sexual entre los 51,6 y 53,6 mm, registrándose la máxima madurez gonádica entre los meses de mayo y agosto. Los trabajos de Retamales y González (1982) y Rojas et al., (1986) indican que la presencia de posturas ocurre durante todo el año.

Tabla 16. Estadios de madurez gonadal de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape. Julio 2021

Isla	Estadio			Sexo		Total
				Hembra	Macho	
GN	Inmaduro	Recuento		25	7	32
		%		36.8%	16.7%	29.1%
	Madurante	Recuento		23	10	33
		%		33.8%	23.8%	30.0%
	Máxima madurez	Recuento		20	25	45
		%		29.4%	59.5%	40.9%
	Total	Recuento		68	42	110
%			100.0%	100.0%	100.0%	
GS	Inmaduro	Recuento		16	3	19
		%		32.7%	9.7%	23.8%
	Madurante	Recuento		22	10	32
		%		44.9%	32.3%	40.0%
	Máxima madurez	Recuento		11	18	29
		%		22.4%	58.1%	36.3%
	Total	Recuento		49	31	80
%			100.0%	100.0%	100.0%	
LC	Inmaduro	Recuento		14	1	15
		%		66.7%	33.3%	62.5%
	Madurante	Recuento		6	1	7
		%		28.6%	33.3%	29.2%
	Máxima madurez	Recuento		1	1	2
		%		4.8%	33.3%	8.3%
	Total	Recuento		21	3	24
%			100.0%	100.0%	100.0%	
LL	Inmaduro	Recuento		27	7	34
		%		51.9%	28.0%	44.2%
	Madurante	Recuento		23	16	39
		%		44.2%	64.0%	50.6%
	Máxima madurez	Recuento		2	2	4
		%		3.8%	8.0%	5.2%
	Total	Recuento		52	25	77
%			100.0%	100.0%	100.0%	

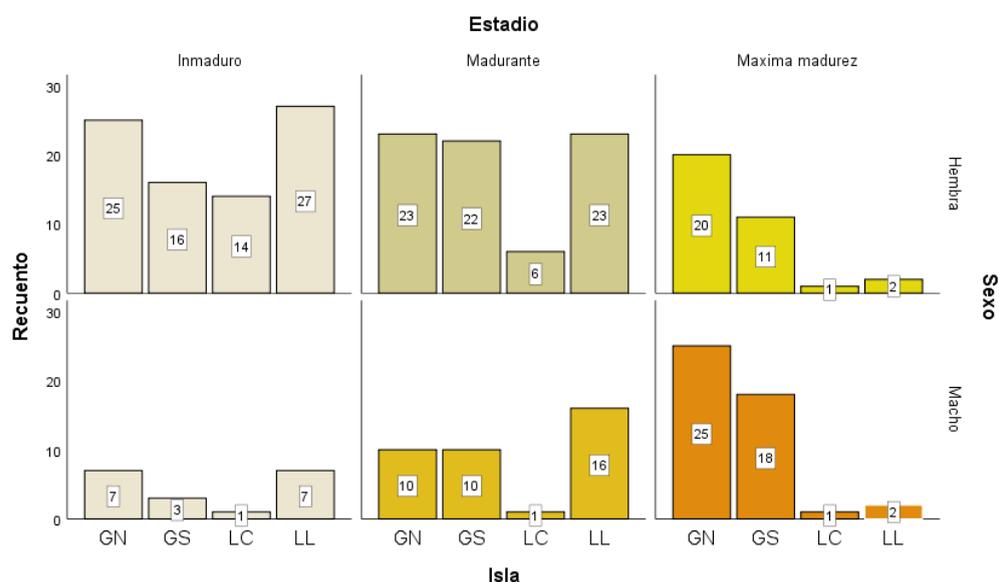


Figura 15. Distribución de los estadios de madurez gonadal de *Thaisella chocolata* caracol negro en las islas Guañape. Julio 2021

## *Octopus mimus* Pulpo

### Reproducción y Ciclo de Vida

*O. mimus*, **pulpo** es una especie dioica de fertilización interna, al igual que las todas las especies del género *Octopus*. Esta especie presenta la capacidad de reproducirse durante todo el año, en algunas poblaciones la maduración y postura se intensifica en los periodos de otoño-invierno e invierno-primavera. Se ha estimado que el peso de maduración de *O. mimus* es de 300 g para los machos y 750 g las hembras. Las hembras son capaces de desovar 213000 ovocitos, mientras que los machos presentan un máximo de 66 espermátóforos por bolsa Needham (Leite et al., 2008).

El proceso de copula ocurre de la misma forma que en *O. vulgaris*, el macho se aproxima a la hembra extendiendo el hectocotilo, y lo sitúa bajo el manto de la hembra, de esta forma se transfieren los espermátóforos, desde el macho, al oviducto distal para la posterior fecundación de la hembra, quien se encargará, hasta el momento de eclosión de cuidar a los huevos (Cardoso et al., 2004) (Fig. 16).

Esta especie, al igual que la mayoría del género *Octopus*, se caracteriza por ser una especie semélpara, las hembras mueren una vez alcanzada la madures sexual. Este comportamiento es atribuido a la glándula óptica, quien también se encarga de aspectos fisiológicos como desove, degeneración post reproductiva, la nidación, la inanición y las expectativas de vida (Olivares Paz et al., 2006).

La hembra presenta un periodo de postura de 20 días (Zamora & Olivares 2004). Durante la puesta de los huevos, la hembra deja de alimentarse, se encarga de cuidarlos aireándolos y limpiándolos, de manera de evitar contaminación de los huevos, hasta el momento de la eclosión. Los huevos se fijan en forma de racimo, aproximadamente 200 racimos por puesta de 6 a 10 cm de longitud, hasta alcanzar su desarrollo embrionario, el que se alcanza 25 días aproximadamente (Cortez et al., 1999; Warnke, 1999). Las primeras paralarvas se observan a los 37 días de eclosión. Éstas son planctónicas, presentan fototactismo positivo;

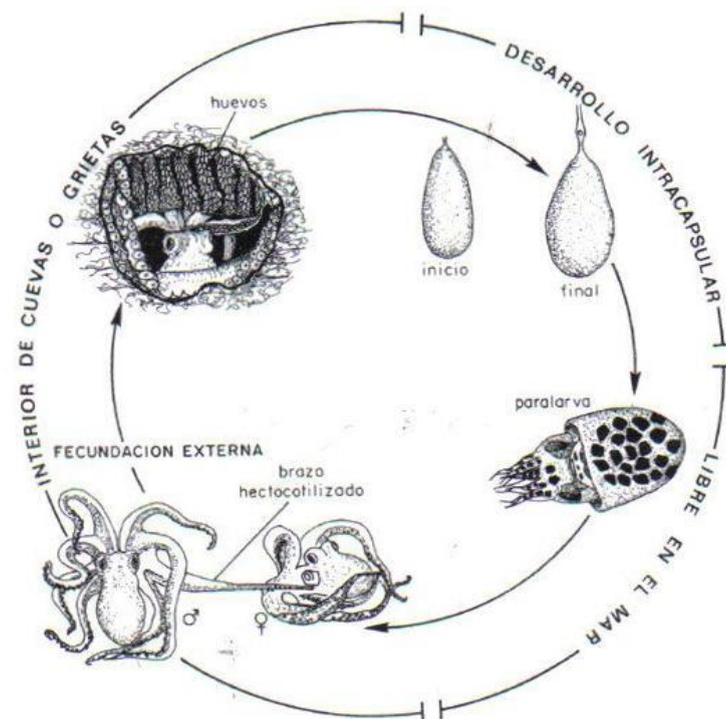


Figura 16. Ciclo de vida *Octopus mimus* pulpo (Extraído desde Osorio, 2002)

Del total de transectos evaluados (23) solamente en 3 sectores fue registrado la presencia de la especie. Se capturo 6 ejemplares con rango de talla de 46 a 83 cm de longitud total y con peso total de 477.0 a 2 115.0 g. la presencia de hembras fue mayor con respecto a los machos y el estadio predominante fue el 3 (Tabla 17).

Tabla 17. características de *Octopus mimus pulpo* en las islas Guañape. Julio 2021

Isla	Transecto	Longitud total cm	longitud manto cm	Peso Total g	Sexo	Estadio
Guañape Norte	11	46	10	477	0	2
		67	15	1 587	0	3
Guañape Sur	16	64	11	1 030	0	2
		69	13	1 892	1	3
	20	83	16	2 115	1	3
Los Leones	7	69	19	1 787	0	3

## 2. Análisis de la pesquería

### Indicadores biológicos y poblacionales

#### a) *Thaisella chocolata* caracol negro

##### Frecuencia de tallas

Tomando como base la talla mínima de captura expresada en longitud total (mm): 60 mm, se encontró que el 97.65% de la distribución de frecuencias de talla en el 2014 estuvo conformada por caracoles juveniles, en el 2015 el porcentaje de juveniles aumentó a 97.85%, en el 2016 el porcentaje de juveniles disminuyó ligeramente 97.26%, para el 2017 el porcentaje de juveniles aumentó a 99.41%, en el 2018 el porcentaje de juveniles fue de 99.34%, mientras que para el 2019 hubo un ligero descenso alcanzando el 96.98% (Fig. 17). La información para el análisis, construcción de figuras y tablas fue proporcionada por el IMARPE.

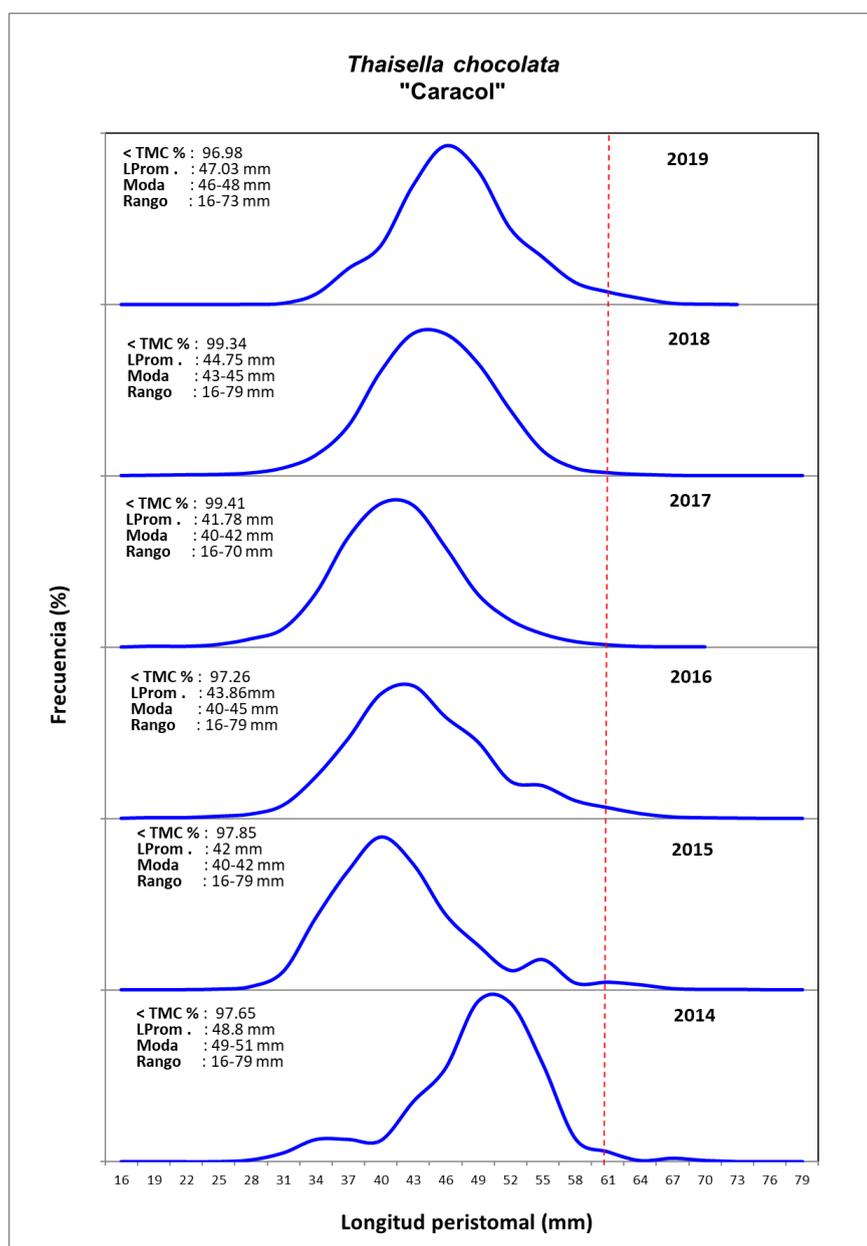


Figura 17. Distribución de frecuencias de talla de *Thaisella chocolata* caracol negro del 2014 al 2019, la línea roja es la Talla Mínima de Captura TMC = 60 mm. (Fuente: IMARPE)

## Relación peso - longitud

Analizando la relación peso longitud se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.936 y una pendiente o coeficiente de alometría de 2.827, al aplicar la prueba t de Student se comprobó que este valor es diferente de 3, (prueba t = 20.8, p = 8,3e-94), lo que demuestra que la especie en las condiciones que le ofrece la zona presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo (Fig.18).

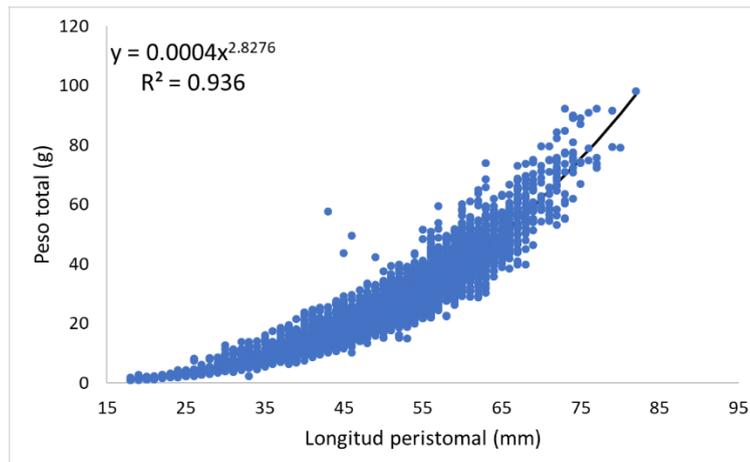


Figura 18. Relación peso – longitud de *Thaisella chocolata* caracol negro durante el periodo 2014 al 2019. (Fuente: IMARPE)

## Tallas medias e índice gonadosomático

### i. Talla media de captura (Longitud optima)

La talla optima de captura calculado fue de 56 mm de longitud peristomal de acuerdo a la metodología propuesta por Froese y Binohlan (2000).

### ii. Talla primera madurez sexual

El intervalo de tallas de hembras bajo madurez sexual fue de 29 a 82 mm de longitud peristomal. La talla en donde el 50% de las hembras alcanzaron la madurez sexual fue de 47.4 mm de longitud peristomal (Fig. 19). Similar a lo reportado por Rojas et al (1986) quienes determinaron la talla a la primera madurez sexual en 47 mm para la zona de Pisco.

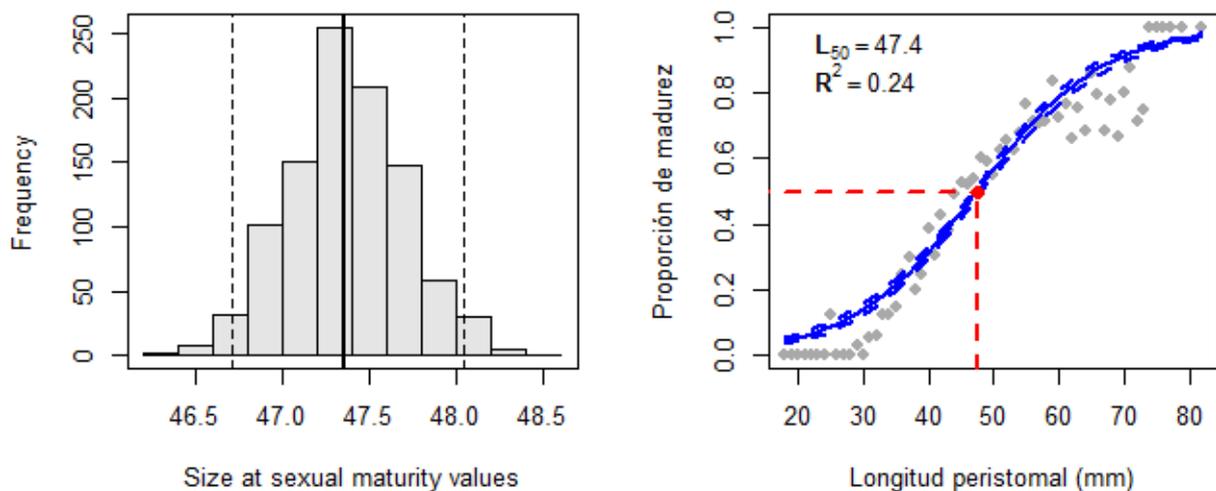


Figura 19. Talla primera madurez sexual de *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

### iii. Índice gonadosomático (IGS)

Analizando el IGS se puede observar que el caracol se reproduce durante todo el año, pero presenta 3 periodos de madurez marcados dentro de un año entre marzo – abril, mayo – junio y setiembre octubre (Fig.20).

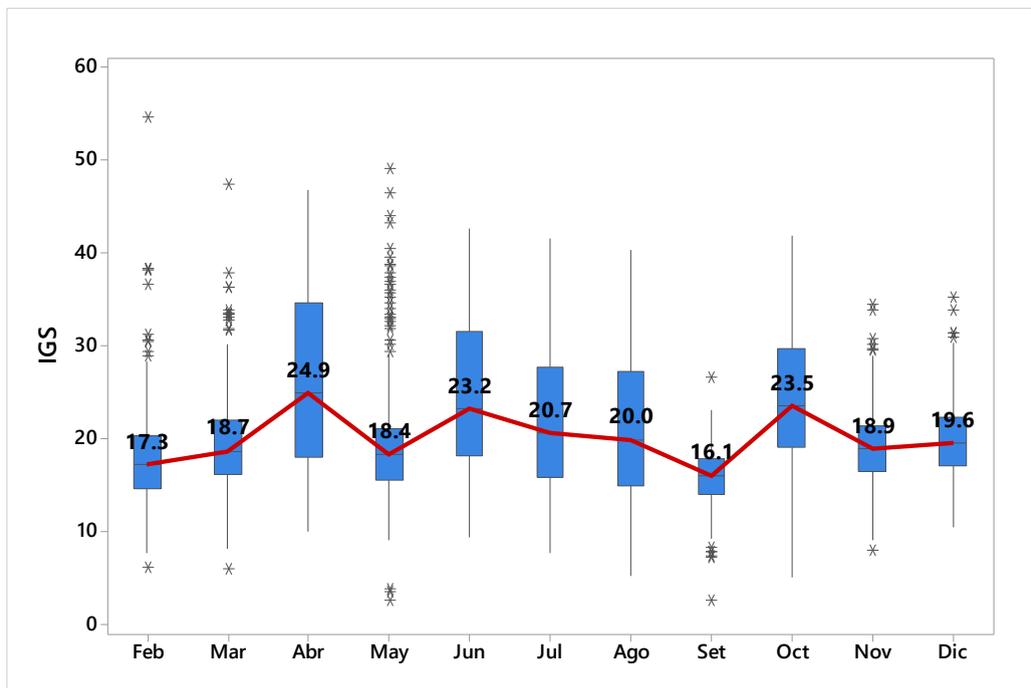


Figura 20. Índice gonadosomático de *Thaisella chocolata* caracol negro durante el periodo 2014-2019. (Fuente: IMARPE)

### Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento obtenidos por la rutina ELEFAN (Fig. 21) dio un  $L_{\infty}$  de 89.65 mm con una  $K = 0.66/\text{año}$  fue la de mejor ajuste para esta especie, un  $t_0 = -0.29$  años y  $R_n = 0.126$ , definiéndose el inicio de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy en setiembre (primavera) (Fig. 21), que indica la reproducción del caracol, además se aprecia que esta especie alcanzaría la talla mínima de captura de 60 mm de longitud peristomal en un periodo aproximado de 24 meses.

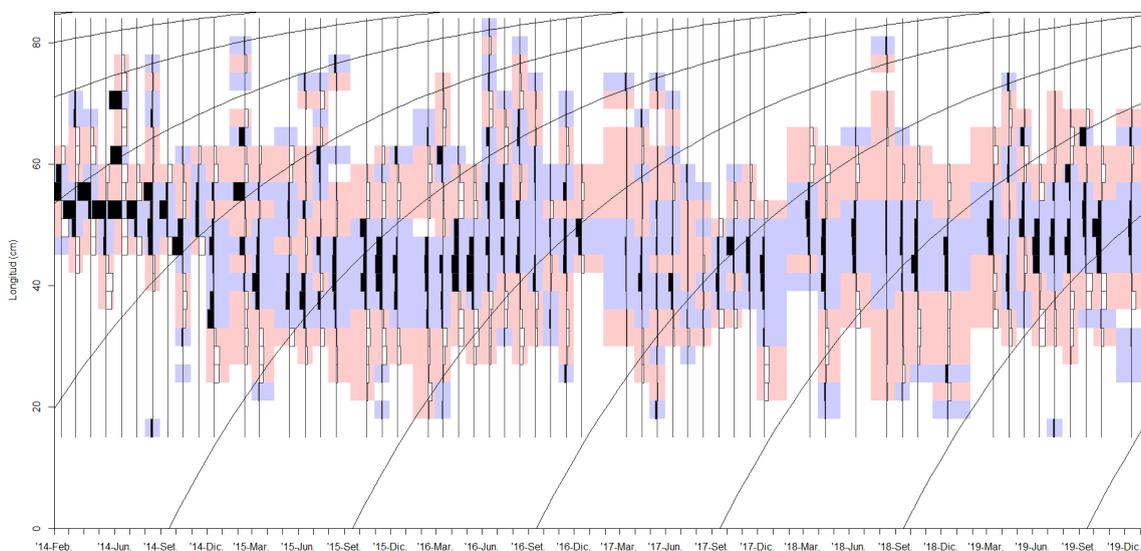


Figura 21. Inicio de la curva de crecimiento de *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

En base a los parámetros de crecimiento estimados para caracol fue elaborada la curva de crecimiento en longitud total (mm) (Fig. 22) y en peso (kg) (Fig. 23) a través de la relación peso-longitud (Fig. 18). La curva teórica de crecimiento en longitud mostró que la mayor parte de la población extraída (40 – 51 mm) tuvo una edad entre 8 meses a 1 año y que necesitaría aproximadamente 2 años para alcanzar su longitud de captura (60 mm).

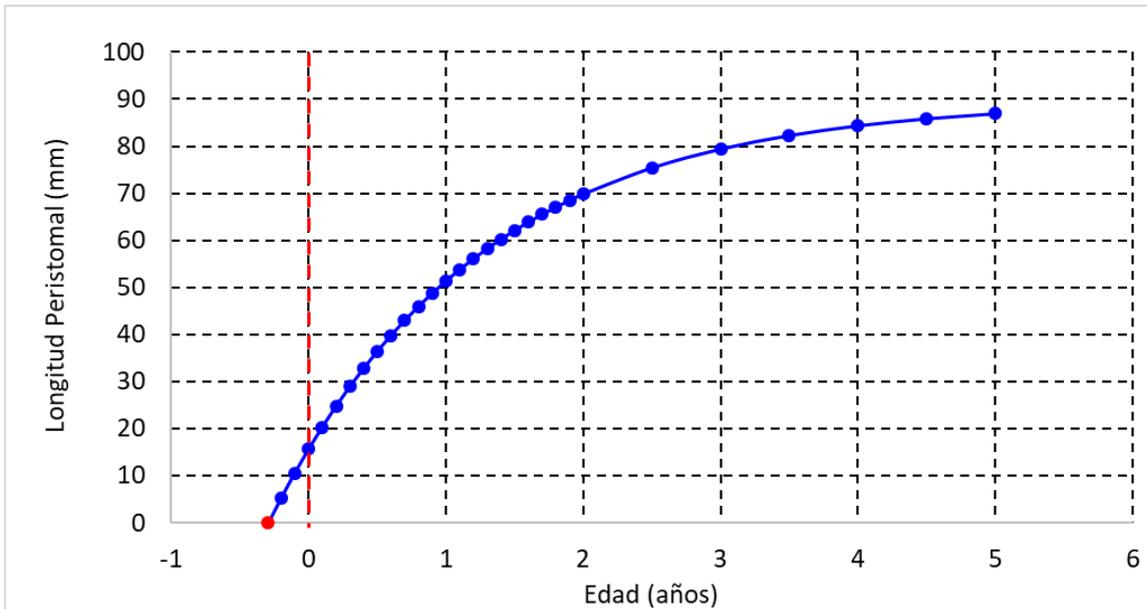


Figura 22. Curva de crecimiento en longitud peristomal de *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

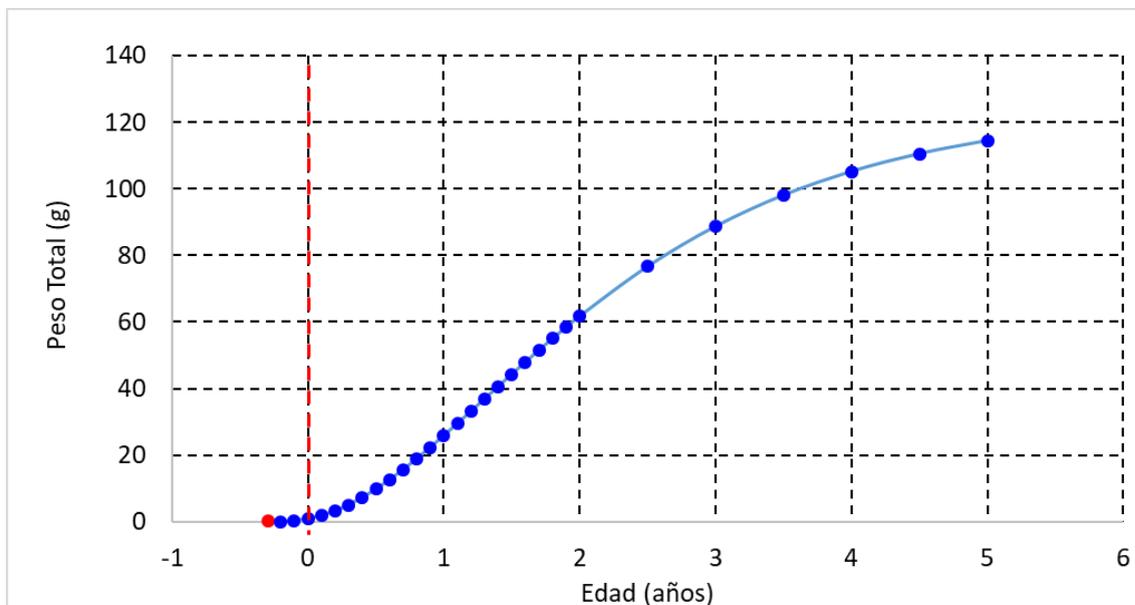


Figura 23. Curva de crecimiento en peso total g de *Thaisella chocolata* caracol negro (Fuente: IMARPE)

**b) *Octopus mimus* pulpo**

**Frecuencia Peso**

Tomando como base el peso mínimo de captura expresada en gramos (g): 1000 g, se encontró que el 65.87% de la distribución de frecuencias de peso en el 2014 estuvo conformada por pulpos juveniles, en el 2015 el porcentaje de juveniles aumentó a 77.24%, en el 2016 el porcentaje de juveniles aumentó ligeramente 77.97% mientras que para el 2017 hubo un descenso alcanzando el 52.21% (Fig. 24).

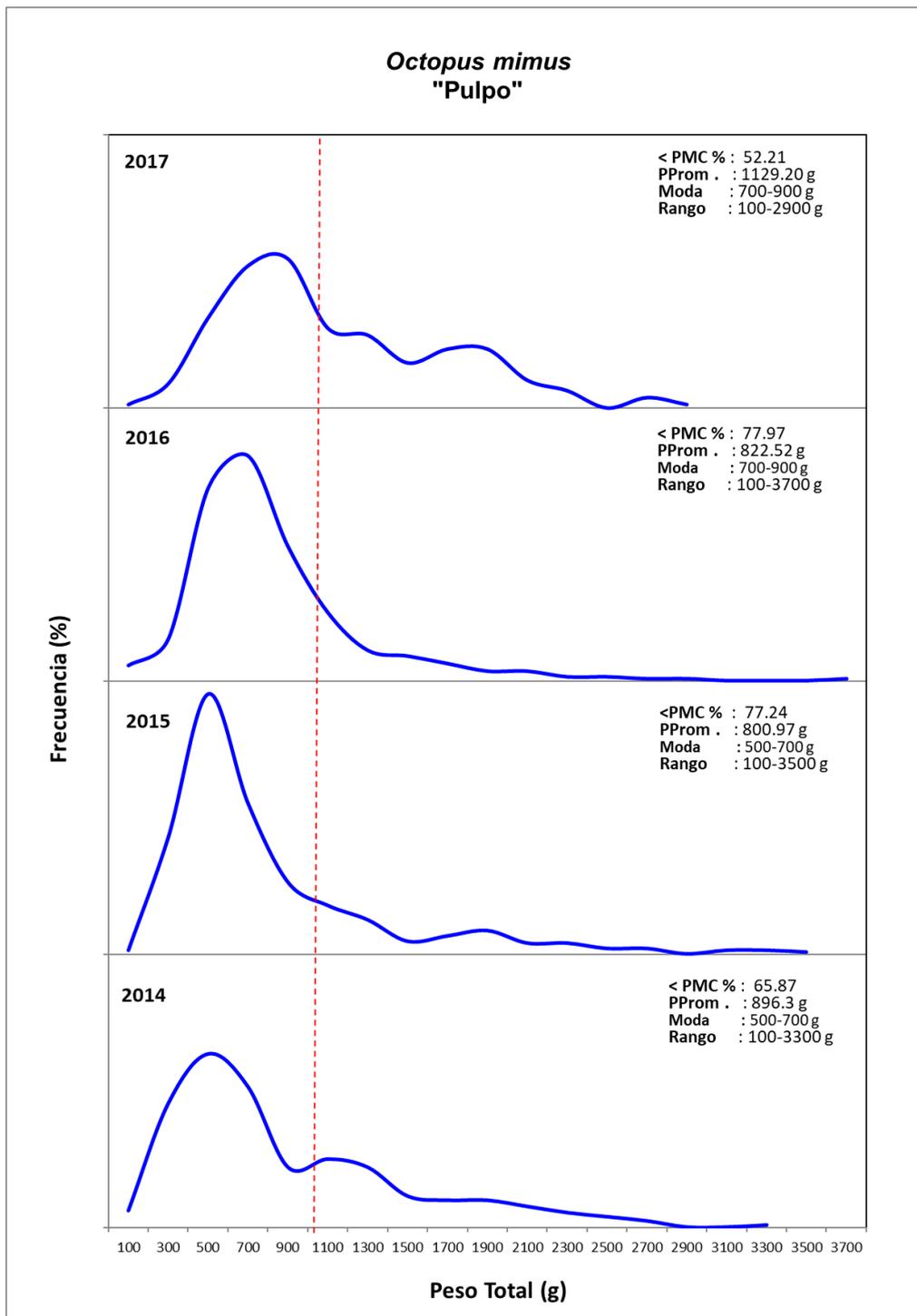


Figura 24. Distribución de frecuencias de talla de *Octopus mimus* pulpo del 2014 al 2017, la línea roja es el Peso Mínimo de Captura PMC = 1.0 kg. (Fuente: IMARPE)

## Relación peso - longitud

Analizando la relación peso longitud se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.626 y una pendiente o coeficiente de alometría de 2.071, al aplicar la prueba t de Student se comprobó que este valor es diferente de 3, (prueba t = 23.7, p = 2,7e-105), lo que demuestra que la especie en las condiciones que le ofrece la zona presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo (Fig.25).

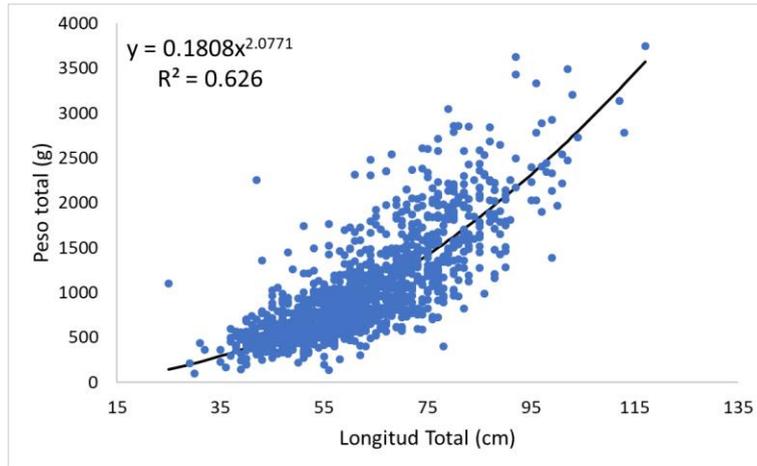


Figura 25. Relación peso – longitud de *Octopus mimus* pulpo durante el periodo 2014 al 2017. (Fuente: IMARPE)

## Tallas medias e índice gonadosomático

### iv. Talla media de captura (Longitud optima)

La talla optima de captura calculado fue de 16,5 cm longitud del manto (LDM) de acuerdo a la metodología propuesta por Froese y Binohlan (2000).

### v. Talla primera madurez sexual

El intervalo de tallas de hembras bajo madurez sexual fue de 7 a 23 cm de longitud del manto. La talla en donde el 50% de las hembras alcanzaron la madurez sexual fue de 16,2 cm de LDM (Fig.26), similar a lo reportado por Nacarino (1997) que fue de 16,9 cm de LDM, pero diferente al registrado por Villegas y Tafur (2000) que calcularon en 14,3 cm de LDM.

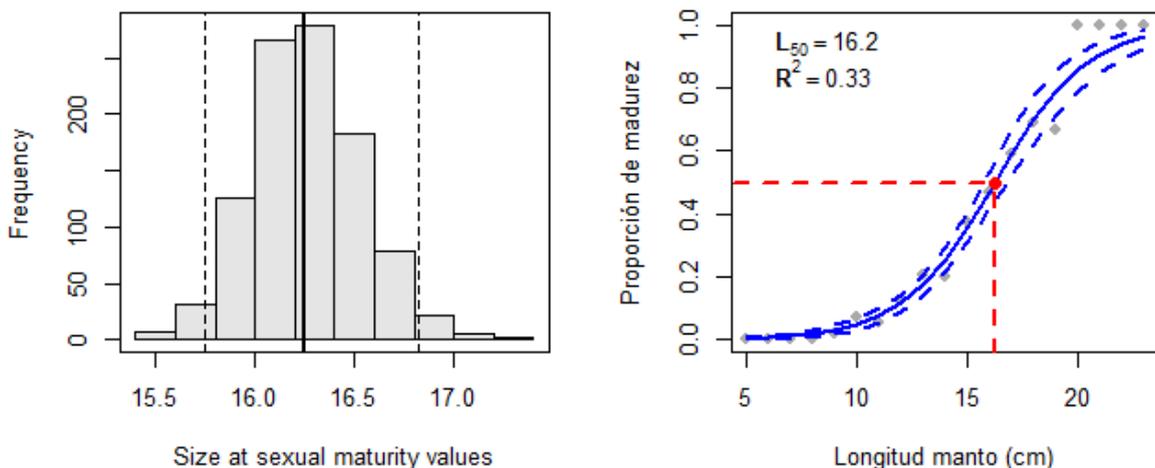


Figura 26. Talla primera madurez sexual de *Octopus mimus* pulpo. (Fuente: IMARPE)

## vi. Índice gonadosomático (IGS)

Analizando el IGS se puede observar que el pulpo se reproduce durante todo el año con 2 periodos de madurez marcados dentro de un año entre enero – febrero y setiembre octubre (Fig.27).

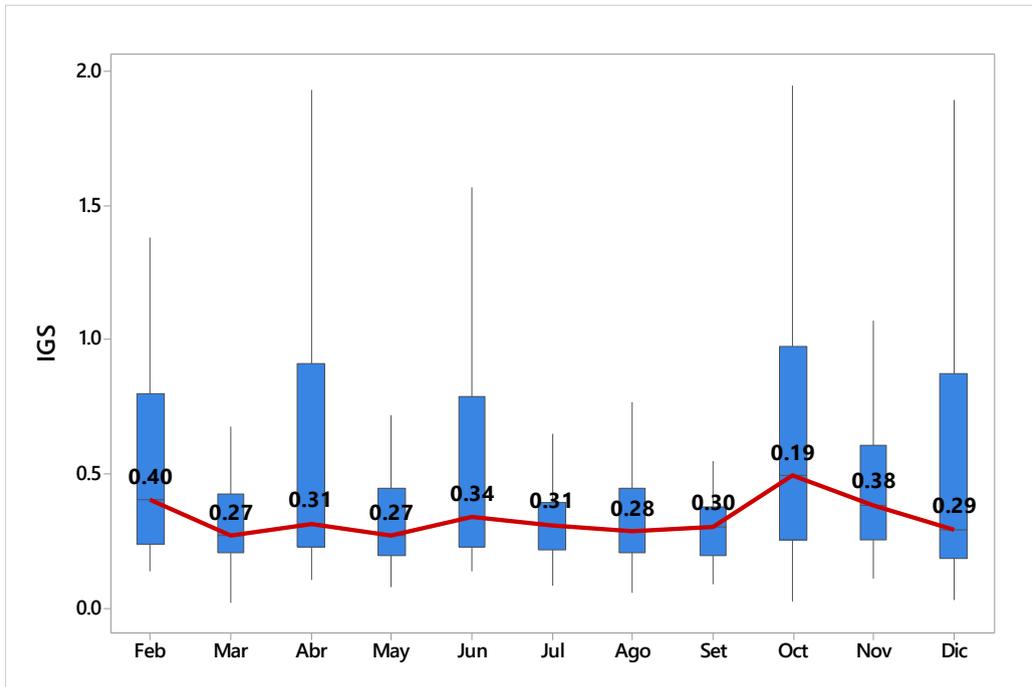


Figura 27. Índice gonadosomático de *Octopus mimus* pulpo durante el periodo 2014-2019. (Fuente: IMARPE)

## Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento obtenidos por la rutina ELEFAN II dio un  $L_{\infty}$  de 118.79 cm con una  $K = 0.939/\text{año}$  fue la de mejor ajuste para esta especie, un  $t_0 = -0.4939$  años y  $R_n = 0.16$ , definiéndose el inicio de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy entre julio y agosto (invierno) (Fig. 28), que indica la reproducción del pulpo. Además, se aprecia que esta especie alcanzaría el peso mínimo de captura de 1 kg de peso total en un periodo aproximado de 12 meses.

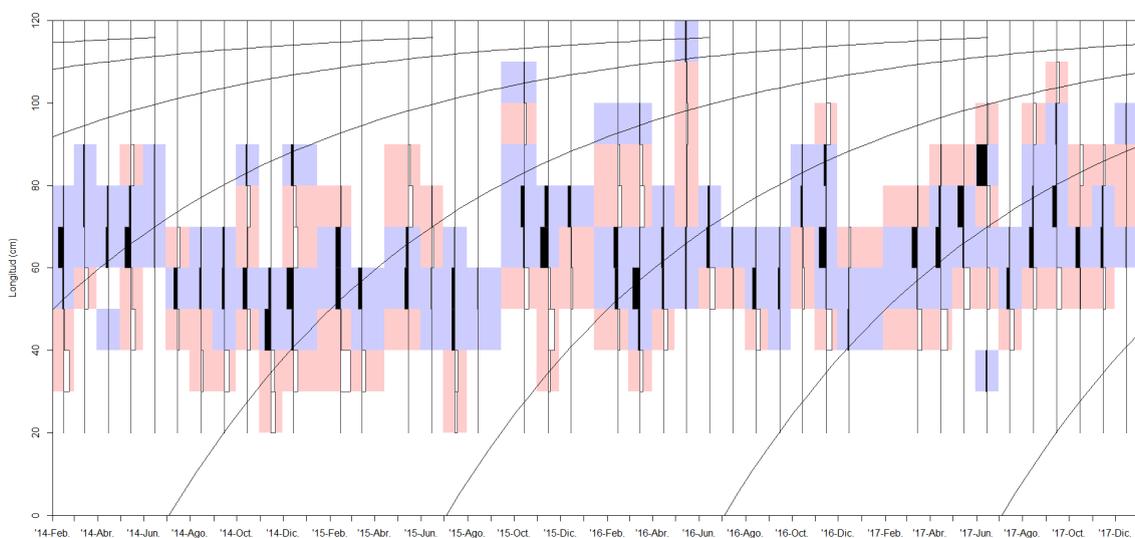


Figura 28. Inicio de la curva de crecimiento de *Octopus mimus* pulpo. (Fuente: IMARPE)

En base a los parámetros de crecimiento estimados para pulpo fue elaborada la curva de crecimiento en longitud total (cm) (Fig. 29) y en peso (kg) (Fig. 30) a través de la relación peso-longitud (Fig. 25). La curva teórica de crecimiento en peso mostró que la mayor parte de la población extraída (500 – 900 g) tuvo una edad entre 1 mes a 3 meses y que necesitaría aproximadamente 4 a 5 meses para alcanzar su peso de captura (1000 g ~ 1 kg).

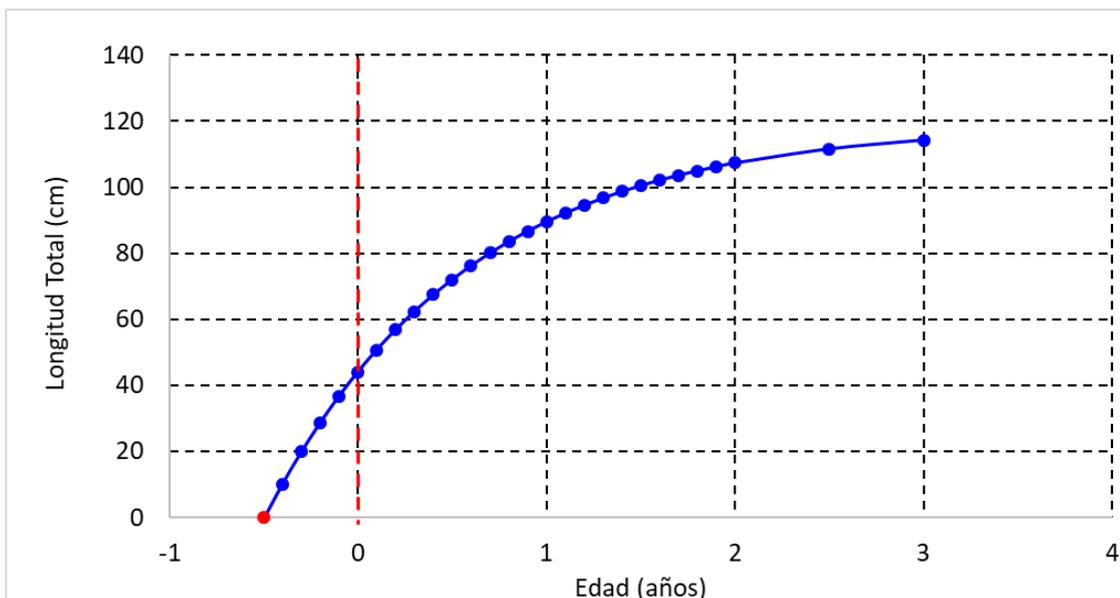


Figura 29. Curva de crecimiento en longitud peristomal de *Octopus mimus pulpo*. (Fuente: IMARPE)

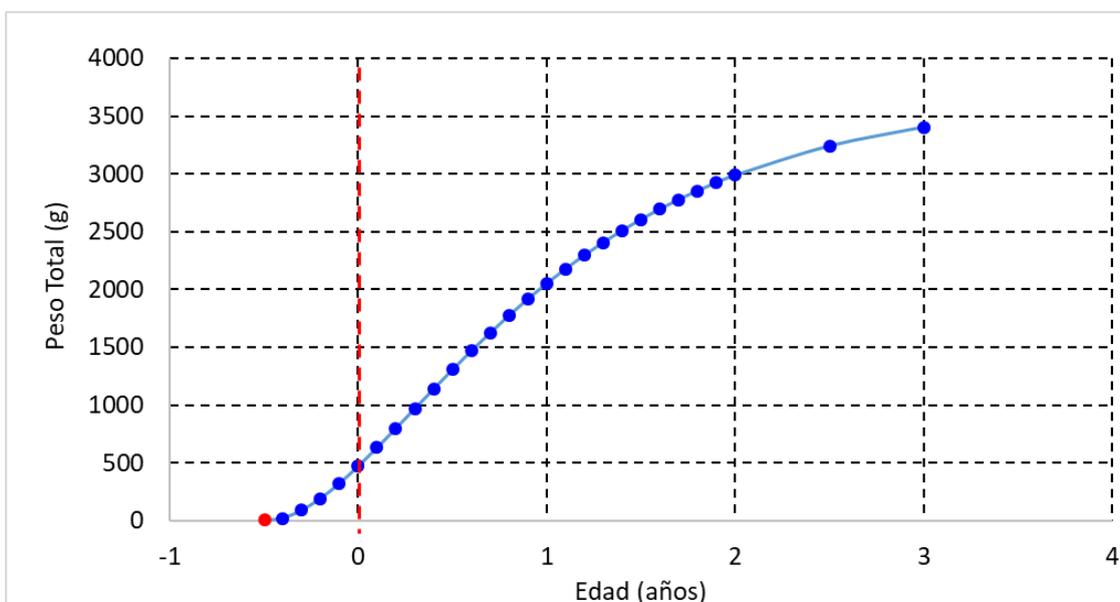


Figura 30. Curva de crecimiento en peso total g de *Octopus mimus pulpo*. (Fuente: IMARPE)

## Indicadores de la pesquería

### a) *Thaisella chocolata* caracol negro

#### Desembarques

Los desembarques estimados de *Thaisella chocolata* **caracol negro** en puerto Morín durante el periodo 2010 - 2020 variaron entre 8 985 y 57 555 kg/año, presentando los mayores valores en los años 2017 al 2020, observándose una tendencia decreciente desde el 2010 hasta el 2014, incrementándose los años 2015 al 2020 (Fig. 31).

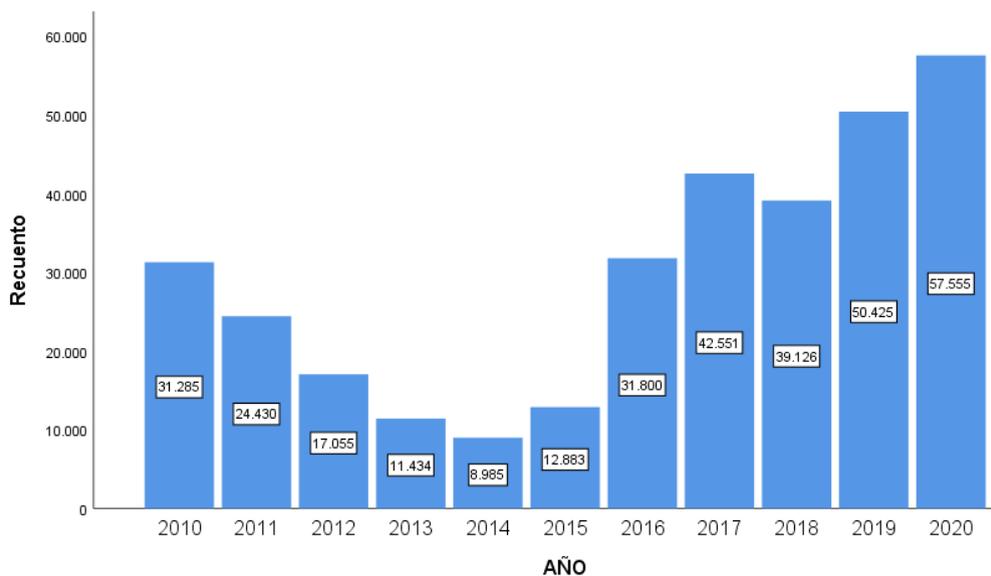


Figura 31. Desembarque (kg) de *Thaisella chocolata* **caracol negro** procedentes de las islas Guañape periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

Los desembarques mensuales registrados en Puerto Morín presentan oscilaciones marcadas desde el año 2017 con periodos entre enero y marzo, con valores que variaron 1 690 y 9 720 kg/mes, y entre octubre y diciembre con capturas que variaron entre 395 y 12 390 kg/mes (Fig.32).

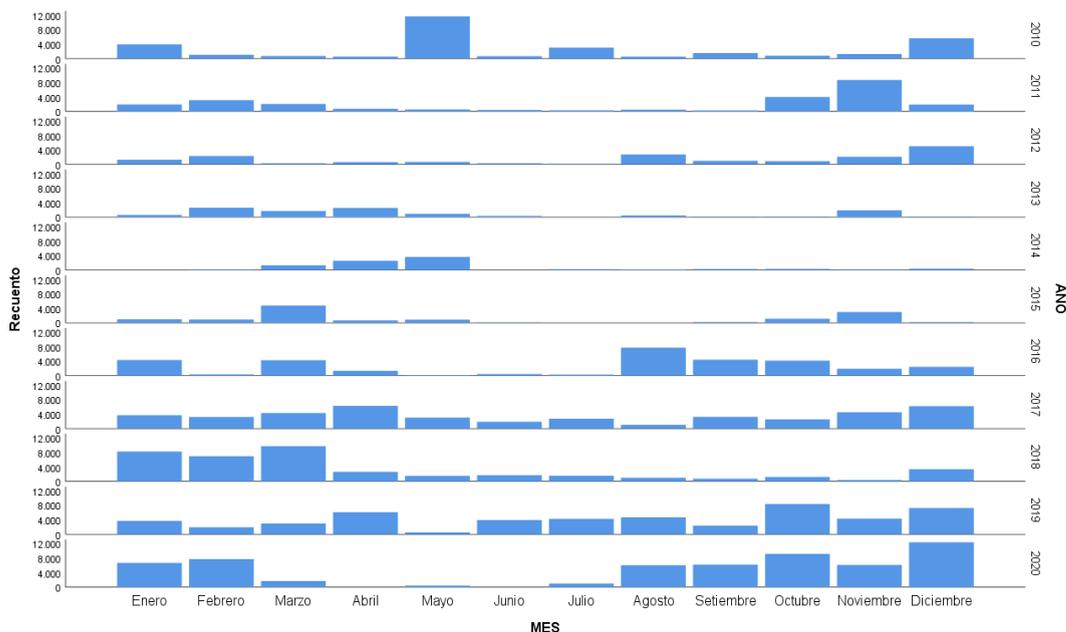


Figura 32. Desembarque mensual (kg) de *Thaisella chocolata* **caracol negro** procedentes de las islas Guañape periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

El mayor esfuerzo (número de viajes) en Puerto Morín se registró en los años 2017 al 2020, y el menor esfuerzo se registró en el 2014 (Fig. 33). Mientras los mayores registros de esfuerzo por mes, se obtuvieron entre enero y marzo, además de los meses de octubre y diciembre (Fig. 34).

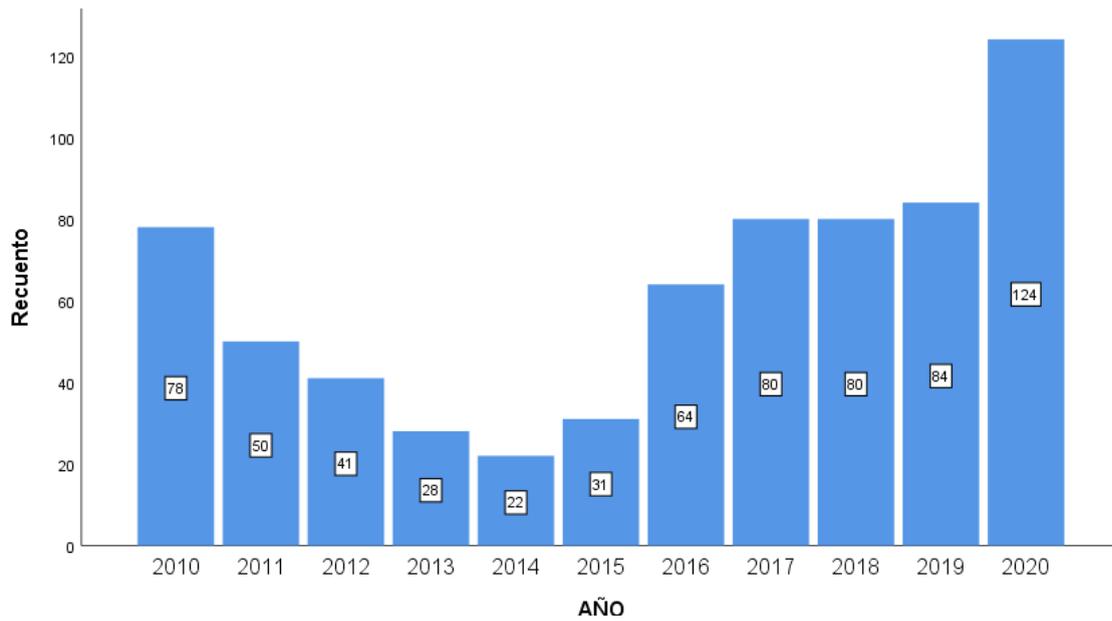


Figura 33. Esfuerzo (número de viajes) de *Thaisella chocolata* caracol negro procedentes de las islas Guañape, periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

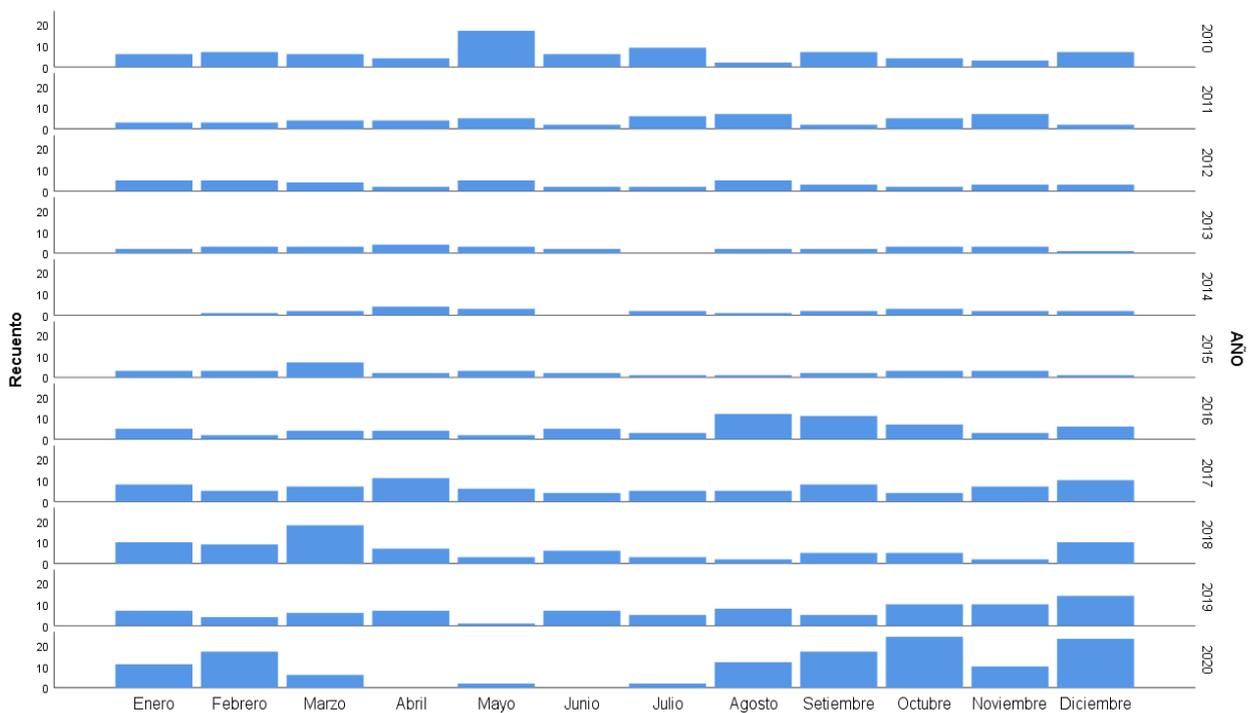


Figura 34. Esfuerzo (número de viajes) mensual de *Thaisella chocolata* caracol negro procedentes de las islas Guañape periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), varió entre 350.5 y 600.3 kg/viaje, presentando sus mayores valores los años 2017 (531.9 kg/viaje) y 2019 (600.3 kg/viaje) (Fig. 35).

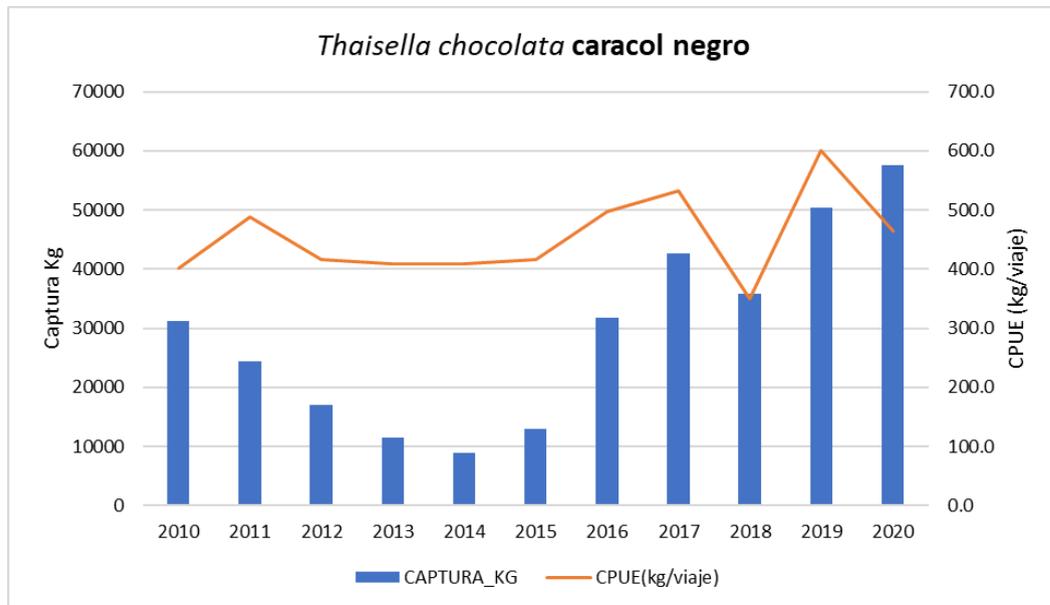


Figura 35. Captura y CPUE (kg/viaje) de *Thaisella chocolata* caracol negro procedentes de las islas Guañape periodo 2010-2020(Fuente: IMARPE)

### Parámetros de Mortalidad

#### i. Mortalidad total (Z)

Con la información de entrada conformada por los parámetros de crecimiento, fue calculada la tasa instantánea de mortalidad total empleando el método de la curva de captura linealizada (Fig. 36), se obtuvo el valor de 4.29/año, +/-0.1.

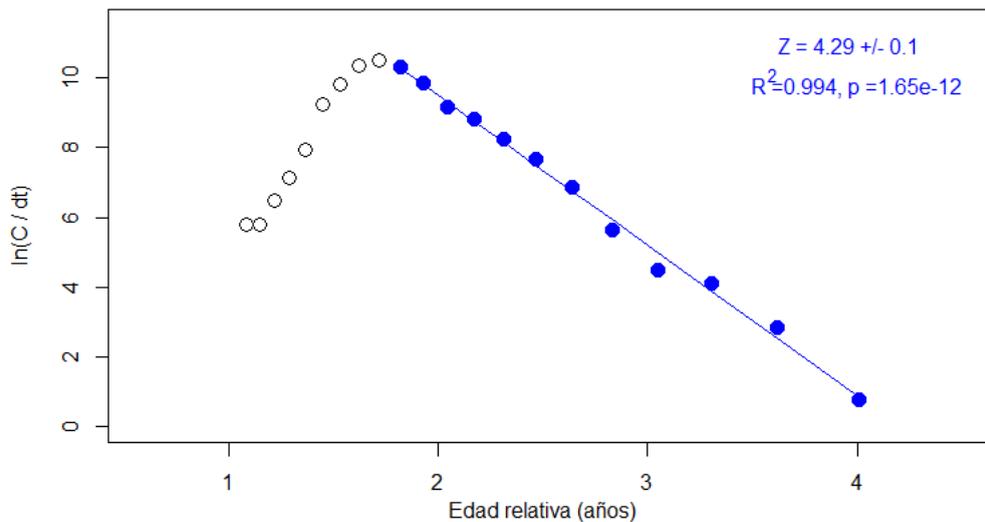


Figura 36. Tasa instantánea de mortalidad total (Z) de *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

#### ii. Mortalidad natural (M)

Mediante la fórmula de Pauly la mortalidad natural (M) estimada fue de 0.81/año para una temperatura promedio anual de 17.6 °C.

### iii. Mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E)

La tasa instantánea de mortalidad por pesca  $F = 3.48/\text{año}$ , lo que llevó a una tasa de explotación  $E = 0.81$ .

## Modelos de predicción

### i. Modelo de Análisis de cohorte

Al analizar las cohortes por longitud se observa que el caracol negro recibe una presión pesquera (mortalidad por pesca) a partir de los 31,5 mm y que va en aumento hasta los 58.5 mm lo que causa una disminución en el reclutamiento para las subsiguientes tallas, al compararlos con la TMC son los individuos pequeños entre 37.5 mm a 52.5 mm los que están siendo extraídos y por ende los que actualmente sustentan la pesquería de este recurso (Fig. 37).

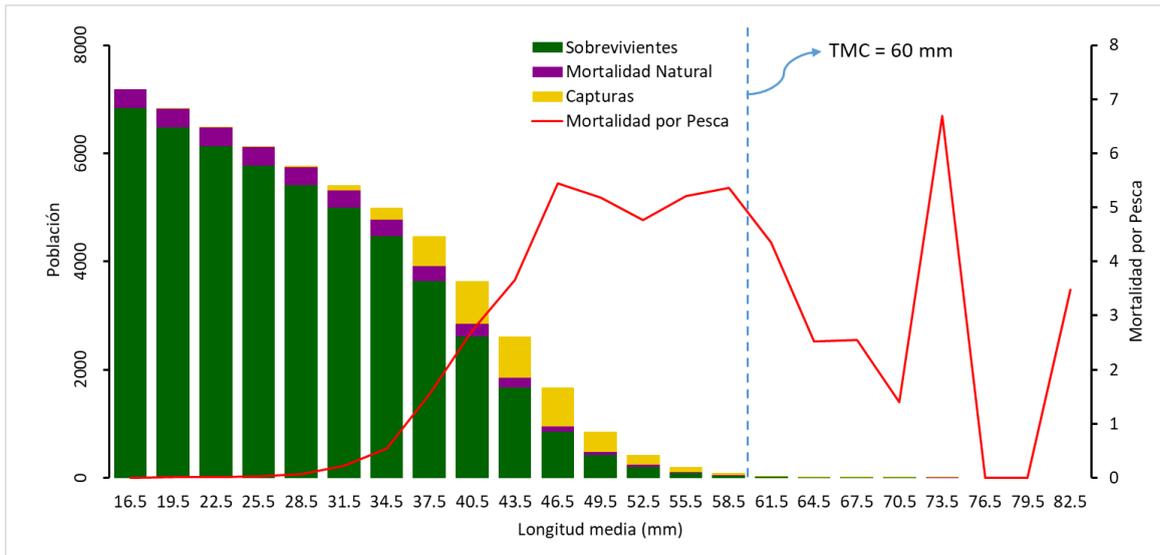


Figura 37. Análisis de cohorte de *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

### ii. Modelo de Rendimiento por recluta

Al analizar el rendimiento por recluta frente a los incrementos de mortalidad por pesca ( $F$ ) se observa que la  $F_{\text{actual}} = 3.48/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{\text{actual}} = 0.81$  ha sobrepasado la mortalidad por pesca que genera el máximo rendimiento sostenible ( $F_{\text{max}} = 2.89/\text{año}$ ) y a su respectiva tasa de explotación ( $E_{\text{max}} = 0.67$ ) por lo que se refleja en una baja producción en biomasa y por ende bajas capturas, lo que significa que nos lleva actualmente a una sobreexplotación del recurso, por lo que se recomienda disminuir la mortalidad por pesca a valores de  $F_{0.1} = 1.82/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.1} = 0.42$  esto con el fin de acercarnos al punto de equilibrio  $F_{0.5} = 1.42/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.5} = 0.33$  donde la biomasa se encontraría en equilibrio y por ende las capturas rentables (Fig. 38).

Por otro lado en el gráfico de isopletas de la longitud de captura (LC) frente a los incrementos de mortalidad por pesca ( $F$ ) se observa que la  $F_{\text{actual}} = 3.48/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{\text{actual}} = 0.81$  está extrayendo individuos con longitudes de captura de  $LC_{\text{actual}} = 40.83$  mm (punto negro) por lo que se recomienda disminuir la mortalidad por pesca a valores de  $F_{0.1} = 1.82/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.1} = 0.42$  e incrementar las longitudes de captura a 60 mm (línea blanca) para obtener un buen rendimiento en biomasa y por ende las capturas sean rentables (Fig. 39).

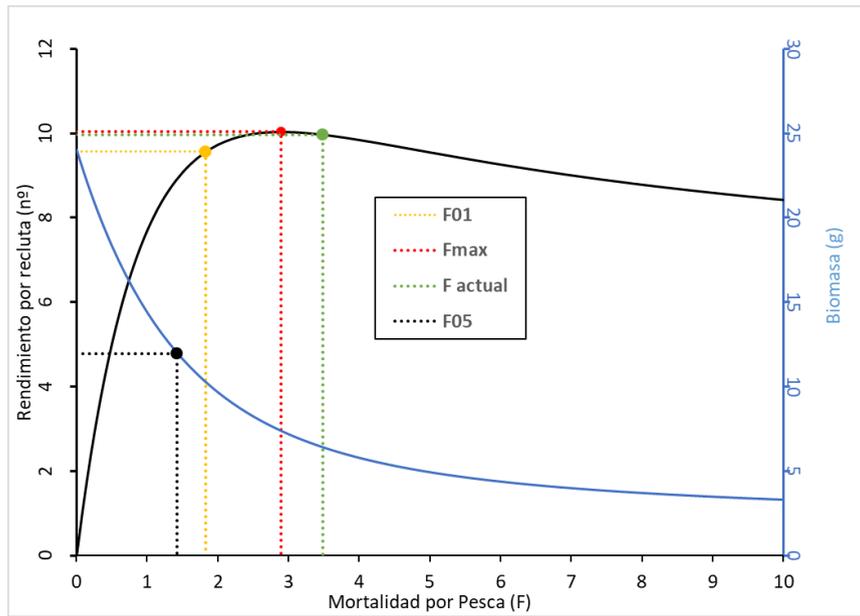


Figura 38. Rendimiento por recluta y biomasa de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. (Fuente: IMARPE)

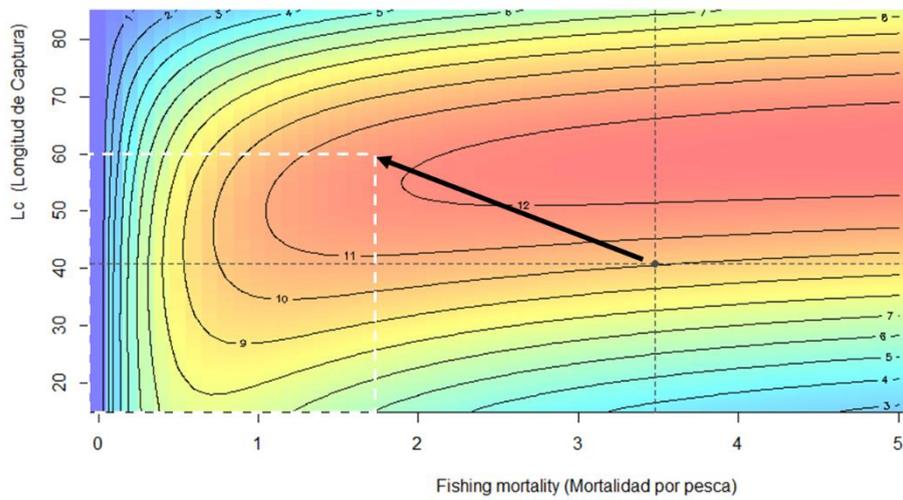


Figura 39. Rendimiento por recluta y biomasa de *Thaisella chocolata* **caracol negro**. (Fuente: IMARPE)

## **Modelos de evaluación del Stock**

### **i. Modelo determinístico de Schaefer**

En el modelo determinístico de Schaefer (Fig. 40), las constantes encontradas  $a=653.87$ ,  $B=-2.98$ ,  $R^2 = 0.87$ , el MRS (máximo rendimiento sostenido) fue calculado en 35.7 t y el esfuerzo óptimo fue 109 viajes.

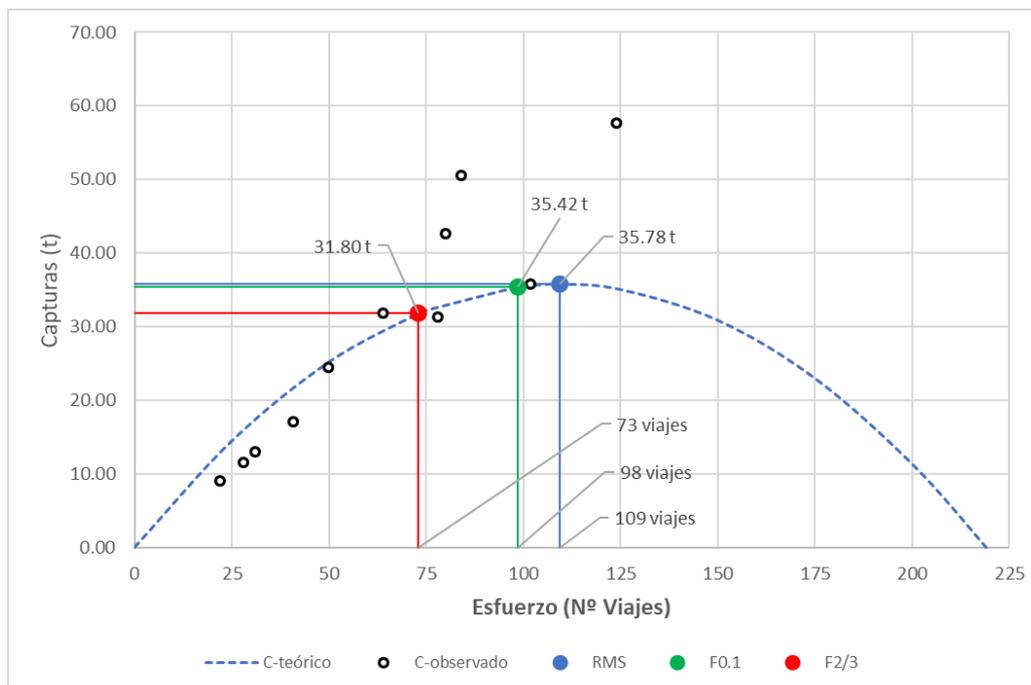


Figura 40. Máximo rendimiento sostenible para *Thaisella chocolata* caracol negro. (Fuente: IMARPE)

### **ii. Modelo dinámico CMSY/BSM- Froese et al. (2016)**

Los parámetros biológicos estimados en el modelo dinámico CMSY (Tabla 17) para resiliencia fue de 0.739/año con una capacidad de carga en el sistema ( $k$ ) de 177,4 t. A partir de estos parámetros biológicos el MRS (máximo rendimiento sostenido) calculado fue de 34.5 t con una biomasa en el sistema ( $B_{MRS}$ ) que la genera de 88.7 t y con una mortalidad por pesca ( $F_{MRS}$ ) que produce ese rendimiento de 0.369/año (Tabla 18).

Tabla 17. Parámetros biológicos de *Thaisella chocolata* caracol negro a través del modelo CMSY con sus intervalos de credibilidad al 95%

Parámetros	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad	
			2.50%	97.50%
r	0.739	año <sup>-1</sup>	0.721	0.756
k	177.4	t	145.42	226.26

En la figura 41(a) se observa que, en los años 2016 al 2020 las capturas sobrepasaron el MRS (línea punteada) debido al incremento de los niveles de mortalidad por pesca por encima de la mortalidad por pesca que produce el máximo rendimiento sostenible ( $F_{MRS}$ , línea punteada en figura 41(d)) para esos años, esto ha conllevado que los niveles de biomasa estén por debajo de la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible ( $B_{MRS}$ , línea punteada en figura 41(c)), este nos indicaría que es una pesquería totalmente desordenada y que ha conllevado que actualmente la pesquería de caracol este en sobreexplotación con mortalidades de pesca altas sobre la biomasa que produce el MRS (figura 41(F)) según la figura de fases de Kobe.

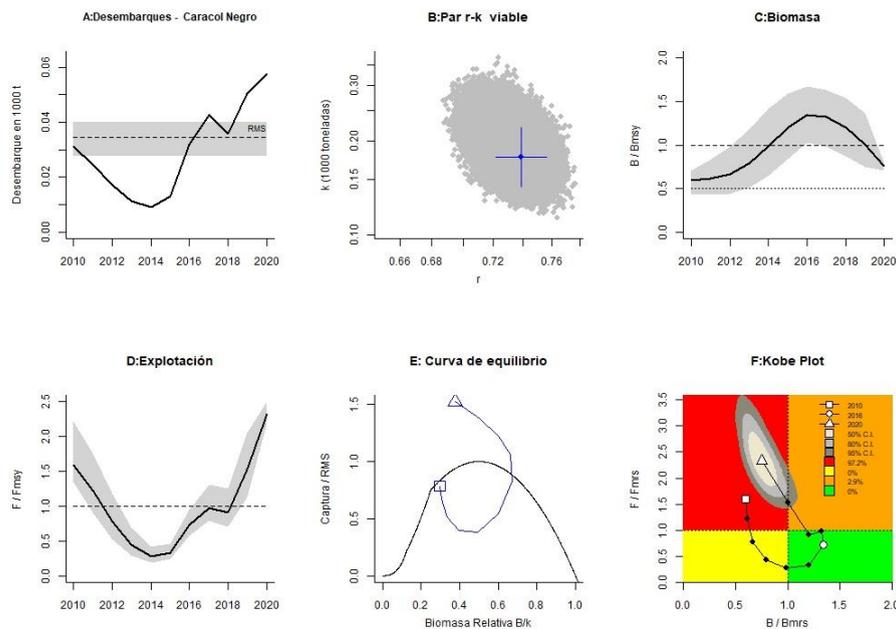


Figura 41. Máximo rendimiento sostenible para *Thaisella chocolata* caracol negro.

### iii. Puntos de referencia biológico (PRB)

Los puntos de referencias alternativos y de menor riesgo como  $F_{0.1}$ ,  $F_{2/3}$  y sus respectivos rendimientos ( $F_{0.1}$ ,  $F_{2/3}$ ) por cada método (determinístico Schaefer y dinámico CMSY) se detalla en la tabla a continuación.

Tabla 18. Parámetros biológicos de *Thaisella chocolata* caracol negro a través del modelo CMSY con sus intervalos de credibilidad al 95%

Puntos Biológicos	CMSY (STOCHASTIC SCHAEFER)				DETERMINISTIC SCHAEFER	
	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad		Mediana	Unidades
			2.50%	97.50%		
MRS	34.5	t	27.7	39.9	35.8	t
$B_{MRS}$	88.7	t	71.5	110	-----	-----
$F_{MRS}$	0.369	año <sup>-1</sup>	0.361	0.378	109	viajes
$B_{2020}/B_{MRS}$	0.754	-----	0.703	0.798	-----	-----
$F_{2020}/F_{MRS}$	2.328	-----	2.202	2.5	-----	-----
$F_{0.1}$	0.332	año <sup>-1</sup>	0.325	0.34	98	viajes
$Y_{0.1}$	34.2	t	27.4	39.5	35.4	t
$F_{2/3}$	0.246	año <sup>-1</sup>	0.24	0.252	73	viajes
$Y_{2/3}$	30.8	t	24.6	35.6	31.8	t

Como se puede observar los valores encontrados por el modelo determinístico Schaefer se encuentra dentro de los intervalos de confianza del modelo dinámico CMSY por lo que ambos modelos predicen de manera similar el MRS. Al comparar la mortalidad por pesca durante el 2020 ( $F_{2020}/F_{MRS}$ ) es 2.3 veces mayor que la mortalidad por pesca que produce el máximo rendimiento sostenible, lo que se deduce que la presión pesquera es alta y por ende ha afectado la biomasa en el 2020 reduciéndola en un 25% respecto a la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible. Cabe señalar que a pesar de los puntos de referencias alternativos y de menor riesgo que podrían aplicarse para mejorar el manejo de esta pesquería ello no sería posibles por parámetros biológicos mencionados con anterioridad pues está afectada biológicamente (reproducción y tallas).

b) *Octopus mimus pulpo*

**Desembarques**

Los desembarques del recurso pulpo en Puerto Morín durante el periodo 2010 - 2020 variaron entre 1 431 y 28 092 kg/año, presentando los mayores valores en los años 2010, 2015 y 2016, observándose una tendencia decreciente desde el 2011 hasta el 2014, incrementándose los años 2015 y 2016 para luego disminuir en el 2017 y 2018, luego incrementar en el 2019 y 2020 (Fig. 42).

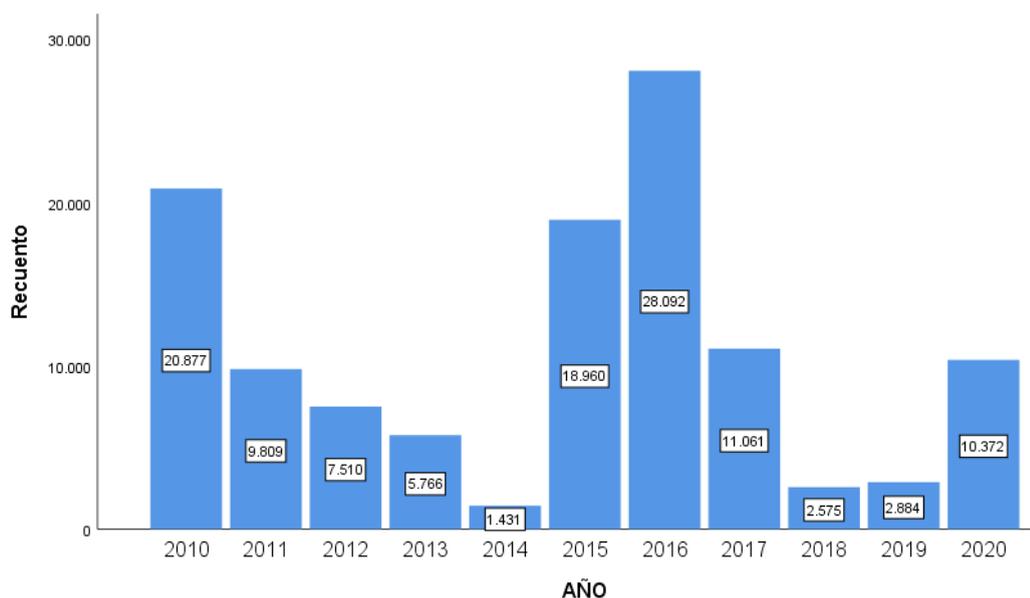


Figura 42. Desembarque (kg) de *Octopus mimus pulpo* procedentes de las islas Guañape, periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

Los mayores desembarques mensuales se registraron en el año 2010 (3 615 kg (febrero) y 3 155 kg (mayo)), 2015 (2 650 kg (agosto) y 2 440 kg (noviembre)), 2016 (3 825 kg (enero) y 3 710 kg (agosto)), 2017 (2 810 kg (enero)) (Fig. 43). La información nos indica que durante verano ocurre la mayor extracción, tal vez facilitada por las favorables condiciones del mar y por encontrarse en postura. También en invierno y primavera por estar en postura.

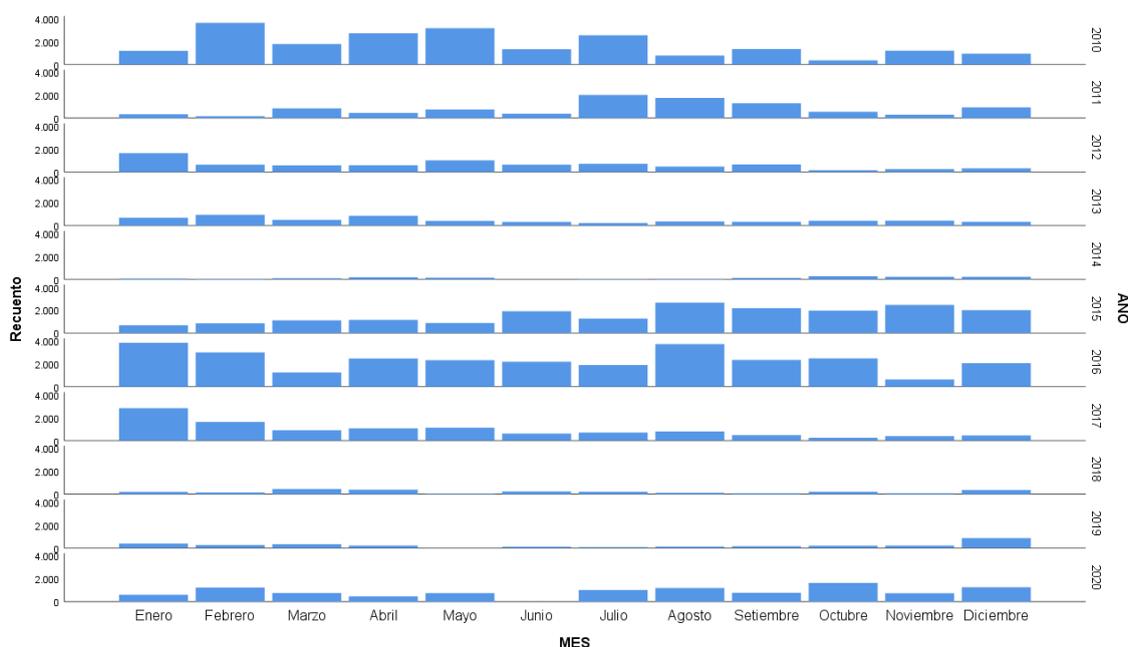


Figura 43. Desembarque mensual (kg) de *Octopus mimus pulpo* procedentes de las islas Guañape, 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

El mayor esfuerzo (número de viajes) se registró en los años 2010, 2016 y 2020, mientras que el menor esfuerzo se registró en el 2014 (Fig. 44). Por mes los mayores viajes se registraron, entre enero y mayo (13-17 viajes), y de agosto hasta diciembre (22-18 viajes) (Fig. 45).

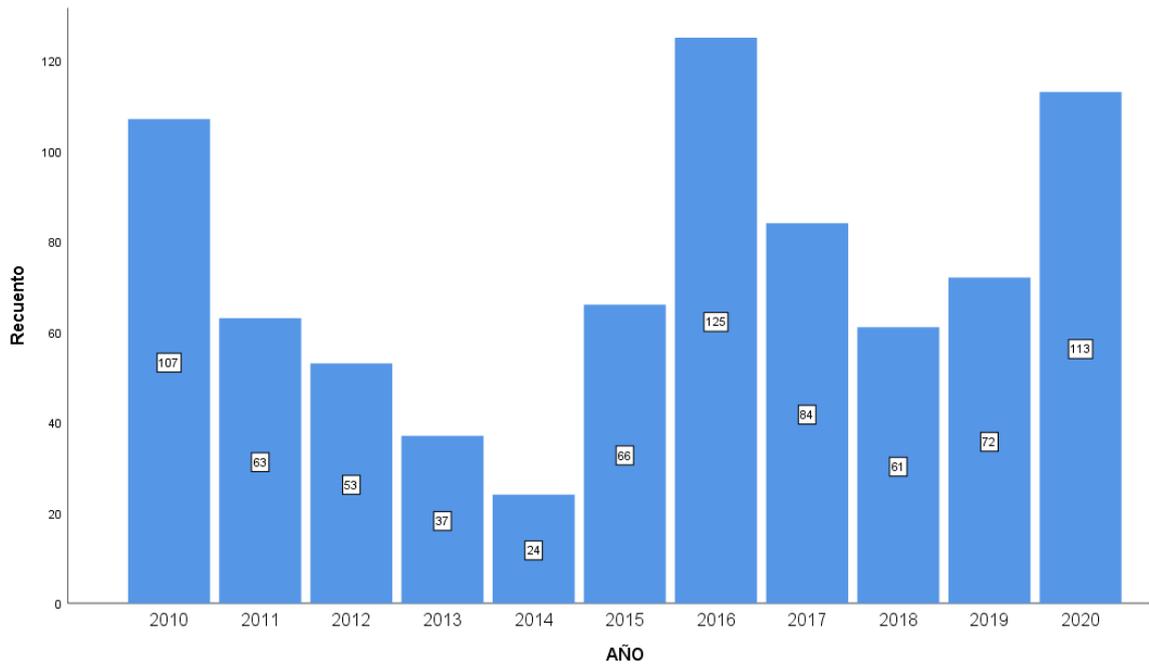


Figura 44. Esfuerzo (número de viajes) de *Octopus mimus pulpo* procedentes de las islas Guañape, 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

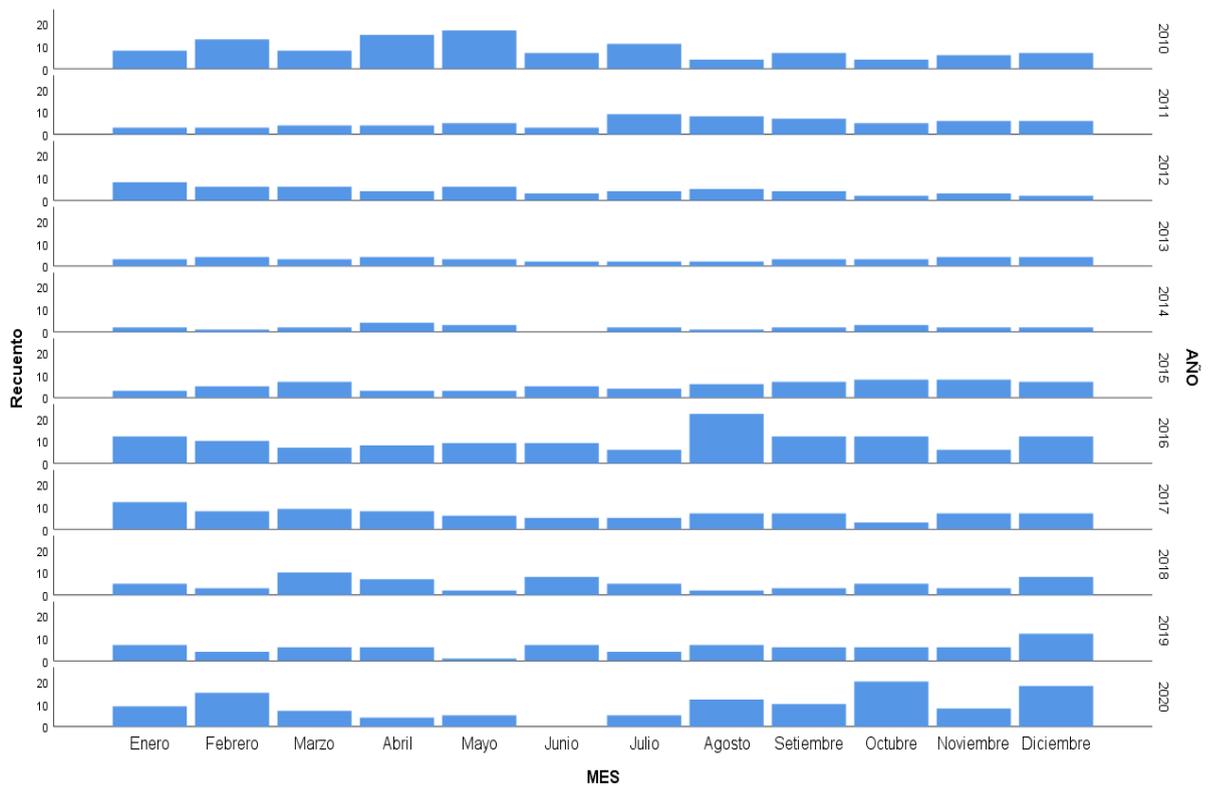


Figura 45. Esfuerzo (número de viajes) mensual de *Octopus mimus pulpo* procedentes de las islas Guañape, 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), varió entre 40.1 y 287 kg/viaje, presentando sus mayores valores los años 2010 (195.1 kg/viaje), 2015 (287.3kg/viaje) y 2016 (224.3 kg/viaje) (Fig. 46).

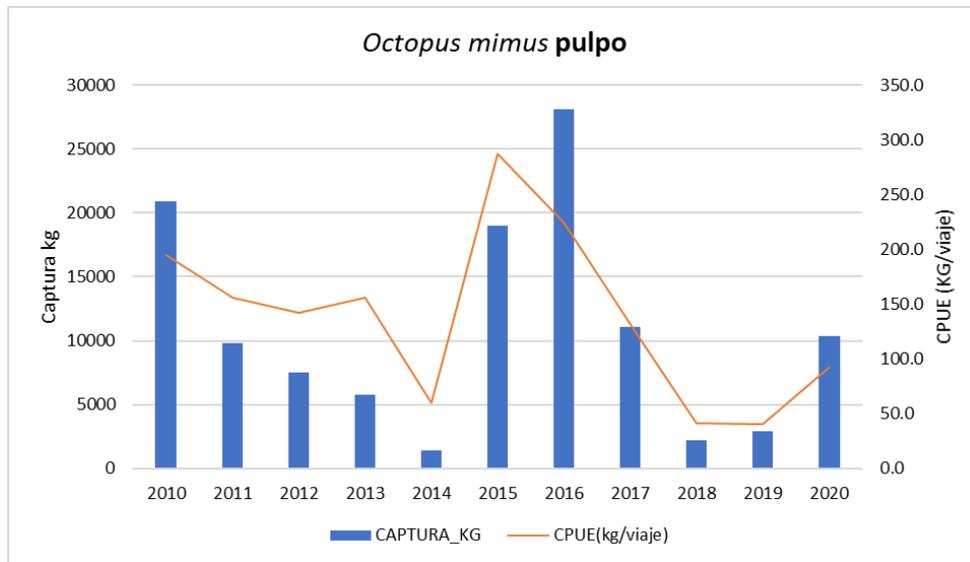


Figura 46. Captura y CPUE (kg/viaje) de *Octopus mimus pulpo* procedentes de las islas Guañape periodo 2010-2020. (Fuente: IMARPE)

### Parámetros de Mortalidad

#### i. Mortalidad total (Z)

Con la información de entrada conformada por los parámetros de crecimiento, fue calculada la tasa instantánea de mortalidad total empleando el método de la curva de captura linealizada (Fig. 47), se obtuvo el valor de 4.48/año, +/-0.37.

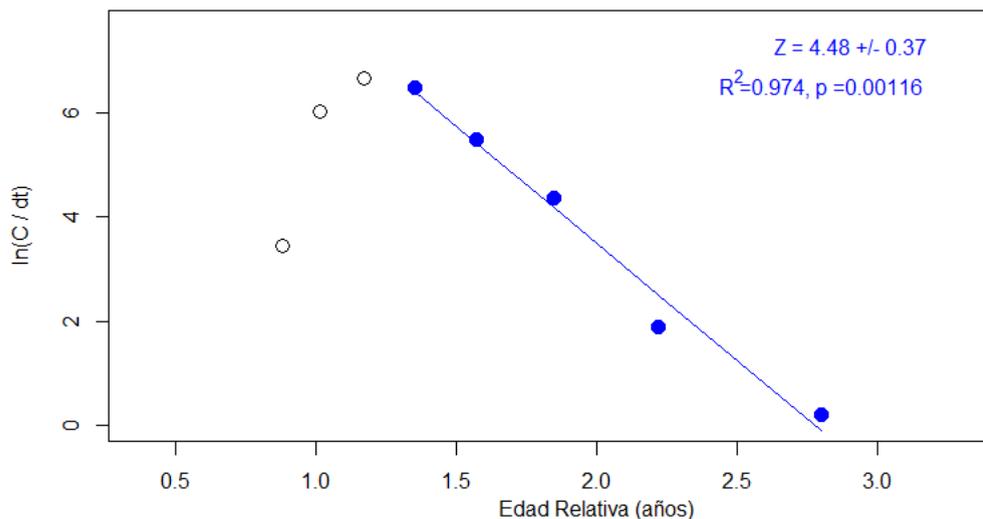


Figura 47. Tasa instantánea de mortalidad total (Z) de *Octopus mimus pulpo*

#### ii. Mortalidad natural (M)

Mediante la fórmula de Pauly la mortalidad natural (M) estimada fue de 0.94/año para una temperatura promedio anual de 17.6 °C.

### iii. Mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E)

La tasa instantánea de mortalidad por pesca  $F = 3.53/\text{año}$ , lo que llevó a una tasa de explotación  $E = 0.78$ .

### Modelos de predicción

#### iii. Modelo de Análisis de cohorte

Al analizar las cohortes por longitud se observa que el pulpo recibe una presión pesquera (mortalidad por pesca) a partir de los 35 cm (equivalente a 300 g) y que va en aumento hasta los 64 cm (equivalente a 1 kg) lo que causa una disminución en el reclutamiento para las subsiguientes tallas, al compararlos con la PMC son los individuos pequeños entre 45 cm (500 g) a 65 cm (1 kg) los que están siendo extraídos y por ende los que actualmente sustentan la pesquería de este recurso (Fig. 48).

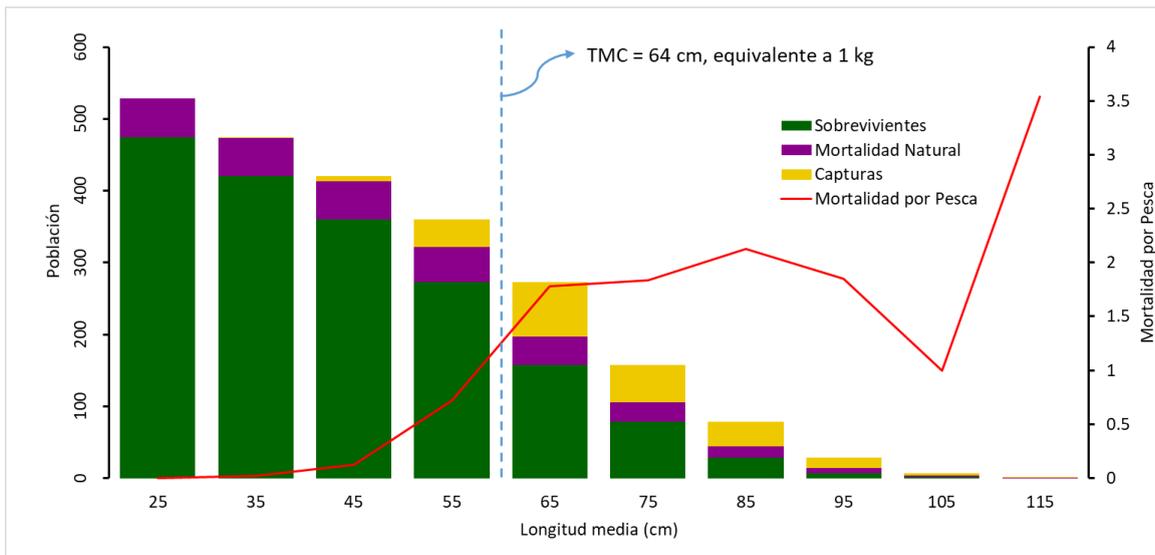


Figura 48. Análisis de cohorte de *Octopus mimus* pulpo. (Fuente: IMARPE)

#### iv. Modelo de Rendimiento por recluta

Al analizar el rendimiento por recluta frente a los incrementos de mortalidad por pesca (F) se observa que la  $F_{\text{actual}} = 3.53/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{\text{actual}} = 0.78$  ha estado cercano a la mortalidad por pesca que genera el máximo rendimiento sostenible ( $F_{\text{max}} = 5/\text{año}$ ) y a su respectiva tasa de explotación ( $E_{\text{max}} = 1.11$ ) por lo que se refleja en una baja producción en biomasa y por ende bajas capturas, lo que significa que nos estaría llevando actualmente a una sobreexplotación del recurso, por lo que se recomienda disminuir la mortalidad por pesca a valores de  $F_{0.1} = 2.07/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.1} = 0.46$  esto con el fin de acercarnos al punto de equilibrio  $F_{0.5} = 1.43/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.5} = 0.31$  donde la biomasa se encontraría en equilibrio y por ende las capturas rentables (Fig. 49).

Por otro lado en el gráfico de isopletras de la longitud de captura (LC) frente a los incrementos de mortalidad por pesca (F) se observa que la  $F_{\text{actual}} = 3.53/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{\text{actual}} = 0.78$  está extrayendo individuos con longitudes de captura de  $LC_{\text{actual}} = 53.2$  mm (695 g) (punto negro) por lo que se recomienda disminuir la mortalidad por pesca a valores de  $F_{0.1} = 2.07/\text{año}$  con una tasa de explotación  $E_{0.1} = 0.46$  e incrementar las longitudes de captura a 64 mm (1kg) (línea blanca) para obtener un buen rendimiento en biomasa y por ende las capturas sean rentables (Fig. 50).

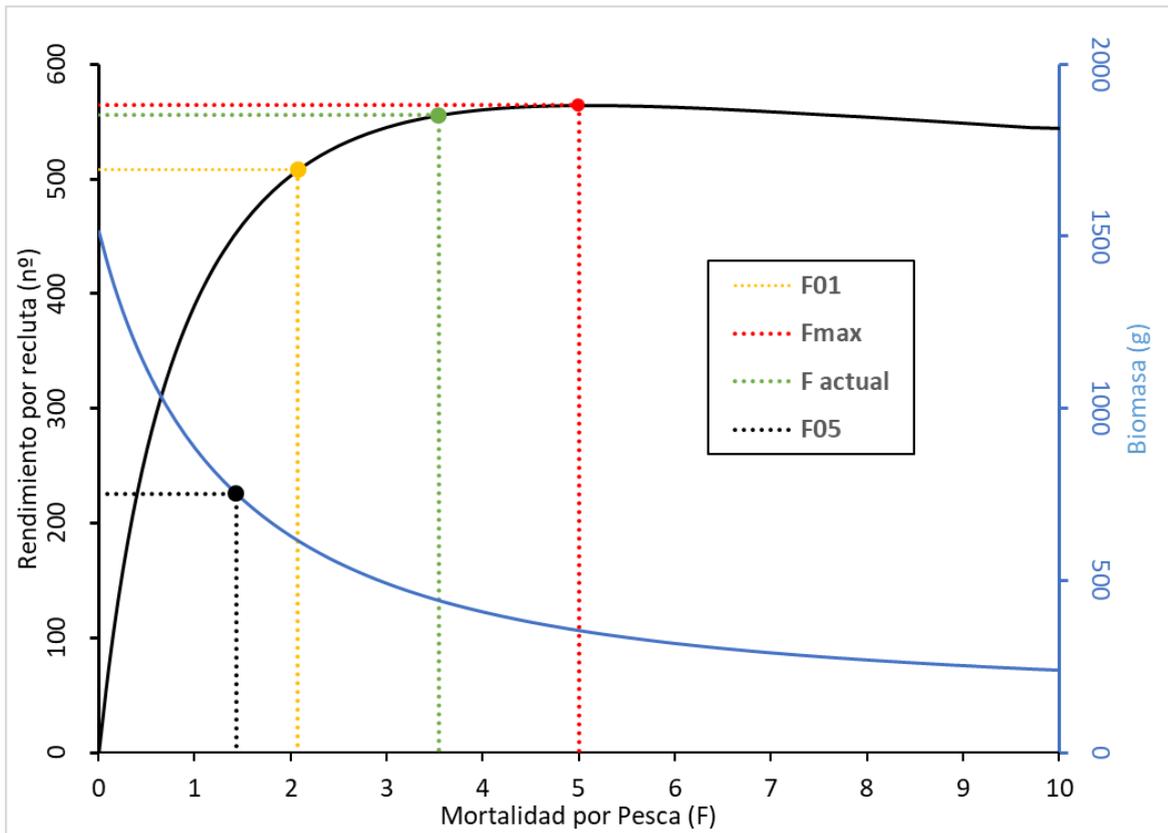


Figura 49. Rendimiento por recluta y biomasa de *Octopus mimus* pulpo.

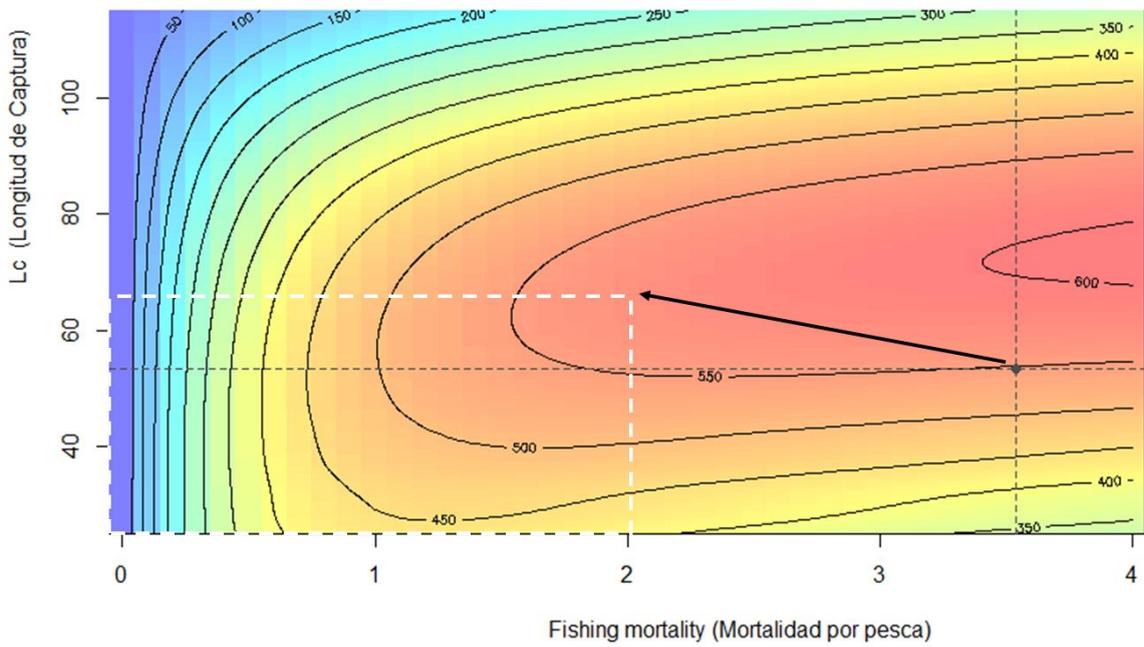


Figura 50. Rendimiento por recluta y biomasa de *Octopus mimus* pulpo.

## **Modelos de evaluación del Stock**

### **iv. Modelo determinístico de Schaefer**

En el modelo determinístico de Schaefer (Fig. 51), las constantes encontradas  $a=204.56$ ,  $B=-0.95$ ,  $R^2 = 0.84$ , el MRS (máximo rendimiento sostenido) fue calculado en 11.01 t y el esfuerzo óptimo fue 108 viajes.

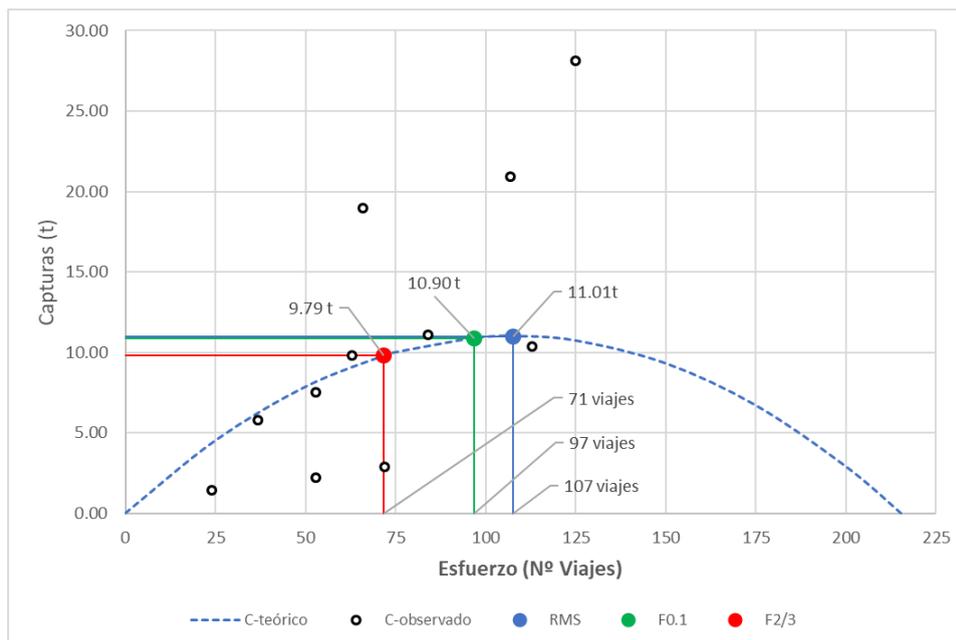


Figura 51. Máximo rendimiento sostenible para *Octopus mimus pulpo*. (Fuente: IMARPE)

### **v. Modelo dinámico CMSY/BSM- Froese et al. (2016)**

Los parámetros biológicos estimados en el modelo dinámico CMSY (Tabla 19) para resiliencia fue de 0.837/año con una capacidad de carga en el sistema ( $k$ ) de 56,1 t. A partir de estos parámetros biológicos el MRS (máximo rendimiento sostenido) calculado fue de 12.2 t con una biomasa en el sistema ( $B_{MRS}$ ) que la genera de 28,1 t y con una mortalidad por pesca ( $F_{MRS}$ ) que produce ese rendimiento de 0.419/año (Tabla 20).

Tabla 19. Parámetros biológicos de *Octopus mimus pulpo* a través del modelo CMSY con sus intervalos de credibilidad al 95%

Parámetros	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad	
			2.50%	97.50%
$r$	0.837	año <sup>-1</sup>	0.82	0.854
$k$	56.1	t	145.42	226.26

En la figura 52(a) se observa que, en los años 2010, 2015 al 2017 las capturas sobrepasaron el MRS (línea punteada) debido al incremento de los niveles de mortalidad por pesca por encima de la mortalidad por pesca que produce el máximo rendimiento sostenible ( $F_{MRS}$ , línea punteada en figura 52(d)) para esos años, esto ha conllevado que los niveles de biomasa estén por debajo de la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible ( $B_{MRS}$ , línea punteada en figura 52(c)), este nos indicaría que es una pesquería totalmente desordenada y que ha conllevado que actualmente la pesquería de pulpo este en sobreexplotación con mortalidades de pesca altas sobre la biomasa que produce el MRS (figura 52(F)) según la figura de fases de Kobe.

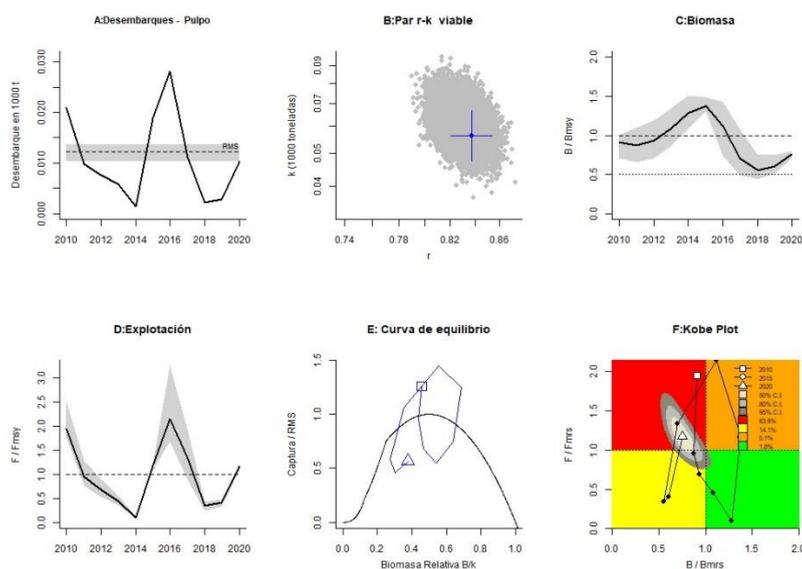


Figura 52. Máximo rendimiento sostenible para *Octopus mimus pulpo*.

#### vi. Puntos de referencia biológico (PRB)

Los puntos de referencias alternativos y de menor riesgo como  $F_{0.1}$ ,  $F_{2/3}$  y sus respectivos rendimientos ( $F_{0.1}$ ,  $F_{2/3}$ ) por cada método (determinístico Schaefer y dinámico CMSY) se detalla en la tabla a continuación.

Tabla 20. Parámetros biológicos de *Octopus mimus pulpo* a través del modelo CMSY con sus intervalos de credibilidad al 95%

Puntos Biológicos	CMSY (STOCHASTIC SCHAEFER)				DETERMINISTIC SCHAEFER	
	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad		Mediana	Unidades
			2.50%	97.50%		
MRS	12.2	t	10.3	13.7	11.01	t
$B_{MRS}$	28.1	t	23.7	33.2	-----	-----
$F_{MRS}$	0.419	año <sup>-1</sup>	0.41	0.427	108	viajes
$B_{2020}/B_{MRS}$	0.754	-----	0.703	0.798	-----	-----
$F_{2020}/F_{MRS}$	1.17	-----	1.106	1.256	-----	-----
$F_{0.1}$	0.377	año <sup>-1</sup>	0.369	0.384	97	viajes
$Y_{0.1}$	12.1	t	10.2	13.6	10.9	t
$F_{2/3}$	0.279	año <sup>-1</sup>	0.273	0.285	72	viajes
$Y_{2/3}$	10.9	t	9.2	12.2	9.8	t

Como se puede observar los valores encontrados por el modelo determinístico Schaefer se encuentra dentro de los intervalos de confianza del modelo dinámico CMSY por lo que ambos modelos predicen de manera similar el MRS, al comparar la mortalidad por pesca durante el 2020 ( $F_{2020}/F_{MRS}$ ) es 1.17 veces mayor que la mortalidad por pesca que produce el máximo rendimiento sostenible, lo que se deduce que la presión pesquera es alta y por ende ha afectado la biomasa en el 2020 reduciéndola en un 25% respecto a la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible. Cabe señalar que a pesar de los puntos de referencias alternativos y de menor riesgo que podrían aplicarse para mejorar el manejo de esta pesquería ello no sería posibles por parámetros biológicos mencionados con anterioridad pues está afectada biológicamente (reproducción y tallas).

## IV. CONCLUSIONES

- *Thaisella chocolata* **caracol negro** y *Octopus mimus* **pulpo** registraron densidades y biomásas que indicaría que son sometidos a una presión intensa de extracción afectando las tallas y pesos menores a lo normado.
- Por los volúmenes de desembarque el **caracol negro** y **pulpo** representan una importante pesquería para la Caleta Puerto Morín y la región La Libertad.
- Los puntos biológicos de referencia indican que estas pesquerías se encuentran sobre explotadas con altas tasas de explotación.
- Si bien se ha calculado cuotas de captura para **caracol negro** y **pulpo**, no es aplicable porque más del 97% de la población de **caracol negro** se encuentra por debajo de la talla mínima de captura, así como el **pulpo** que presenta un elevado porcentaje debajo del peso mínimo de captura.
- *Octopus mimus* **pulpo**  
El porcentaje de juveniles es elevado en los años analizados.  
La tasa de explotación estimada sitúa al pulpo en un nivel de sobreexplotación.  
La biomasa por recluta se sitúa muy por debajo de 0.5 que es el nivel crítico.  
El rendimiento máximo sostenible ha sido sobrepasado.
- *Thaisella chocolata* **caracol negro**  
El porcentaje de juveniles es elevado en los años analizados, llegando casi al 100%.  
La tasa de explotación estimada sitúa al caracol en un nivel de sobreexplotación.  
La biomasa por recluta se sitúa muy por debajo de 0.5 que es el nivel crítico.  
El rendimiento máximo sostenible ha sido sobrepasado.

## V. Bibliografía

- Andrade C, Gonzalez J, Oliva J, Baros V, Olguin A, Leon C, Romero M, Cortes M, Cortes C (1994). Estudio del ciclo vital del recurso Locate (*Thais chocolata*), en las regiones I a IV. Informa final FIP 1994-34. Instituto de fomento pesquero. 241 pp.
- Avilez S, Lozada E (1975) Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Bruguire, 1789) en Punta Saliente, Coquimbo. Boletín de la sociedad de biología de concepción. Concepción. Chile 44, 207-218.
- Barkati S, Ahmed M (1983). Studies on reproductive biology of the nother Arabian sea II; Eggs capsules and larvae of four species of *Thais*. The Veliger, 26(1), 30-36.
- Bautista j, Gamarra C, Silva I; Retuerto F. Observaciones sobre el desarrollo intercapsular en *Thais chocolate* (Duclos, 1832) (gatsropoda: Muricidae) 1995. Biotempo,2:91-96; diciembre 1995
- Bazigos G. 1981. El diseño de reconocimiento de pesca con redes de arrastre. FAO. Com. Coord. Invest. Cient. (COCIC-CPPS). 24-28 noviembre 1980. Lima, CPPS. Series Seminarios y Estudios, 3:1-17
- Caddy F., y Mahon R. 1996. Puntos de referencia para la ordenación pesquera Vol. 347. Food & Agriculture Org.
- Cardoso, F; P. Villegas, C. Estrella. 2004. Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopoda) en la costa peruana. Revista Peruana de Biología 11,45 - 50.
- Cortez, T., A. González, & A. Guerra. 1999b. Growth of *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae) in wild populations. Fisheries Research 42,31 - 39.
- Chavance, P. Flores, H.D, Yañez-Arancibia, A y Amezcua., L.F. 1984. Ecología, biología y dinámica de las poblaciones de *Bardiella chysoura*, en la laguna de Términos, Sur del golfo de México. An.Inst. Cienc. Del Mar y Limn. Univ. Nac. Auton. Mer., 21:153-159.
- Ferrada S, Canales C, Barrera A, Dib M, Pizarro P, Gallardo C, Valenzuela M, Hernandez C, Gajardo G, Beristain P. 2010. Caracterización molecular de los principales recursos bentónicos, y estudio de conectividad entre sus poblaciones entre la I y II regiones". FIP. N° 2008-39. Concepcion-Chile.
- Froese R. Binohlan C. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology (2000) 56, 758–773.
- Ganoza F, Ramírez A, Gonzales R, Barreto J. 2021. Evaluación de *Thaisella chocolata* "caracol negro" y *Cheilodactylus variegatus* "pintadilla" en las islas del grupo Huaura de la Región Lima, diciembre 2018. Inf Inst Mar Perú. 48(1): 146-165.
- Gayanilo.C., Pauly, D. 1997. FAO – ICLARM stock assessment tools. Reference Manual. ICLARM – FAO. Roma, 219 p.
- Hoydal, K.; Rorvik, C.; Sparre, P. 1982. Estimacion of effective mesh sizes and their utilization in Assessment. Dana, 2:69-95.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books. 341 P.
- Leite, T; M. Haimovic; W. Molina & K. Warnke. 2008. Morphological and genetic description of *Octopus insularis*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris* complex (Cephalopoda, Octopodidae) from tropical southwestern Atlantic. . Journal of Molluscan Studies 74.
- Leonce-ValenciaA, C., Defeo, O. 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: The red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). Sci. Mar. 61(3): 297 – 303.

- Meyer R, Millar R. 1999. Bugs in Bayesian stock assessments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56 (6): 1078-1087.
- Millar R. Meyer R. 2000. Non-linear state space modelling of fisheries biomass dynamics by using Metropolis Hastings within-Gibbs sampling. *J. Roy. Stat.Soc.Serv.C. (Appl.Stat.)*,49(3):327-342.
- Nacarino M. 1997. Aspectos reproductivos del pulpo *Octopus mimus* en la zona de Pucusana. Tesis para optar la licenciatura en la Universidad Particular Ricardo Palma. 98 pp.
- Olivares-Paz, A; J. Quintero & M. Rey-Méndez. 2006. Autenticación de lapas del género *Fissurella* (Mollusca, Vetigastropoda) en la costa chilena, mediante PCR-RFLP. *Investigaciones Marinas* 34,113 - 118.
- Osorio, C. 2002. Moluscos marinos en Chile, especies de importancia económica. Guía para su identificación. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile Press, Chile.
- Palmer R. 1983. Grow rate as a measure of food value in thaidid gastropods: Assumptions and implications for prey morphology and distribution. *Journal of experimental marine biology and ecology* 73:95-124
- Palomares M, Pauly D. 2021. SeaLifeBase. Publicación electrónica en la World Wide Web. [www.sealifebase.org](http://www.sealifebase.org), versión (08/2021).
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Studies & Reviews* 8, 1–325.
- Punt A, Hilborn R. 1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7, 35–63 (1997).
- Plumer M. 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling.<https://www.r-project.org/conferences/DSC-2003/Proceedings/Plummer.pdf>
- Ramorino, L 1975, „Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. *Revista de Biología Marina* vol. 15, no 2, pp 149 - 177.
- Rojas, N., Tarazona, J. y Ishiyama, V. (1986).- Ciclo de reproducción y escala de madurez gonadal en el "caracol" *Thais* (*Stramonita*) *chocolata* (*Duclos*, 1832). *Rev. de Cien. U.N.M.S.M.*, Vol. 74, (1): 117-129.
- Schnute J, Richards L, and Cass A. 1989. Fish growth: investigations based on a size-structured model. *Can. j. Fish. Aquat. Sci.* 46: 730-742.
- Sparre P., Venema S. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306/1. 420 P.
- Tafur R, Mariátegui L, Condori W, Buitrón B. 2016. Protocolo para muestreo biológico y biométrico de cefalópodos. *Inf Inst Mar Perú.* 43(4): 375-401.
- Tapia C, González J, Wilson A, Garrido J, Orensanz J. 2003. Ordenación espacio temporal de la actividad extractiva artesanal entre la I y IV regiones. Informe final. Fondo de investigación pesquera. FIP N° 2001-25. 200 pp
- Ulloa J, Benitez A, Belmont J, Rodriguez G. 2003. Relaciones talla-peso en la mojarra *Oreochromis aureus*. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Retamales, R & R. González. 1982. Prospección, evaluación y reproducción del erizo (*Loxechinus albus*), Ostión para (*Chlamys* (*Argopecten*) *purpurata*) y locote (*Thais* (*Stramonita*) *chocolata*). Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). SERPLAC I Region. 75pp.

- Warnke, K. 1999. Observations on the embryonic development of *Ocotpus mimus* (Mollusca, Cephalopoda) from northern Chile. *Veliger* 42,211–217.
- Zamora, M & A. Olivares. 2004. Variaciones bioquímicas e histógicas asociadas al viento reproductivo de la hembra de *Octopus mimus* (Mollusca, Cephalopoda). *International Journal of Morphology* 22,207-216.