

# EVOLUCIÓN DE UNA SUBPOBLACIÓN DE *Ensis macha* EN CONDICIONES NO EXPLOTADAS EN EL BANCO NATURAL DE MAR BRAVA. PERIODO 2008-2021

## EVOLUTION OF AN UNEXPLOITED SUBPOPULATION OF *Ensis macha* IN THE NATURAL BANK OF MAR BRAVA: 2008-2021

Pedro Berrú Paz<sup>1</sup>      Ángel Perea de la Matta<sup>1</sup>

### RESUMEN

BERRÚ PAZ, P. & PEREA DE LA MATTA, Á. (2024). *Evolución de una subpoblación de Ensis macha en condiciones no explotadas en el banco natural de Mar Brava. Periodo 2008 – 2021. Inf Inst Mar Perú, 51(2), 147-163.*- Se analizó información biológica de la pesquería comercial y de estimaciones poblacionales de *Ensis macha* procedente del banco natural de Mar Brava (Santa-Áncash) para el periodo 2008-2021. La talla media de juveniles, se calculó mediante modelo logístico, también se elaboró la relación longitud-peso. Se estimó el patrón reproductivo mediante la fracción de ejemplares desovantes. Se determinaron relaciones interespecíficas mediante la dominancia estimada como índice de valor de importancia. La extracción comercial de *E. macha* entre el 2007 y 2008 registró tallas de 96 a 183 mm; mientras que, en las evaluaciones poblacionales, éstas variaron de 4 a 187 mm, presentando estructuras polimodales. Se determinó la talla media de juveniles en 54 mm de LT. En Mar Brava, *E. macha*, se reproduce durante todo el año, con moda principal en julio y agosto; la incidencia de juveniles presentó picos principales en marzo, abril, junio y diciembre. Los estimados poblacionales variaron de 0,3 a 2,29 millones de individuos con biomásas de 11,5 a 62,7 ton, valores que se incrementaron en el período 2019-2021 en 136% y 131%, respectivamente. El macrobentos dominante en el submareal arenoso de *E. macha* estuvo representado por *Nassarius gayi*, *Pagurus villosus*, *Ophiophragmus stellatus*, *Sinum cymba* y *Renilla* sp., determinándose principalmente dos tipos de interacciones: “depredación” entre *N. gayi* y *E. macha* y “comensalismo” entre *N. gayi* y *P. villosus*. Esta última ante la necesidad de habitar en las conchillas de *N. gayi* durante su crecimiento. A nivel del fondo marino, donde se encuentra la especie, los registros térmicos variaron de 13,7 a 19,8 °C, el oxígeno disuelto de 0,46 a 5,34 mL/L y la salinidad de 34,70 a 35,26, mostrando el rango de tolerancia y confort de la especie.

PALABRAS CLAVE: *Ensis macha*, subpoblación, denso-dependencia, depredación

### ABSTRACT

BERRÚ PAZ, P. & PEREA DE LA MATTA, Á. (2024). *Evolution of an unexploited subpopulation of Ensis macha in the natural bank of Mar Brava: 2008-2021. Inf Inst Mar Perú, 51(2), 147-163.*- Biological data from the commercial fishery and population estimates of *Ensis macha* from the natural bank of Mar Brava (Santa-Áncash) were analyzed for the period 2008-2021. The average juvenile size was calculated using a logistic model, and a length-to-weight ratio was established. The reproductive pattern was assessed through the fraction of spawning individuals. Interspecific relationships were identified based on dominance, measured as an importance value index. Between 2007 and 2008, commercial extraction of *E. macha* recorded sizes ranging from 96 to 183 mm, whereas population evaluations showed a range from 4 to 187 mm, with polymodal structures. The average juvenile size was 54 mm in total length (TL). *E. macha* reproduces throughout the year in Mar Brava, with peak spawning in July and August. Juvenile incidence showed main peaks in March, April, June, and December. Population estimates ranged from 0.3 to 2.29 million individuals, with 11.5 to 62.7 tons of biomasses increasing by 136% and 131% respectively during 2019-2021. The dominant macrobenthos in the sandy subtidal zone of *E. macha* included *Nassarius gayi*, *Pagurus villosus*, *Ophiophragmus stellatus*, *Sinum cymba*, and *Renilla* sp., with two primary types of interactions: “predation” between *N. gayi* and *E. macha*, and “commensalism” between *N. gayi* and *P. villosus*, the latter needing to inhabit *N. gayi* shells during growth. Environmental conditions in the seabed where the species is found showed temperature ranges from 13.7 to 19.8 °C, dissolved oxygen from 0.46 to 5.34 mL/L, and salinity from 34.70 to 35.26, indicating the species’ tolerance and comfort range.

KEYWORDS: *Ensis macha*, subpopulation, density-dependence, predation

## 1. INTRODUCCIÓN

Muchas de las pesquerías del mundo, pertenecen al grupo definido como “S fisheries” (en inglés). Este término se debe a que la letra “s” encabeza

el nombre de todas las características que las definen: pequeña escala (*small-scale*), espacialmente estructuradas (*strong-spatially-structured*) y actúa sobre stocks sedentarios (*sedentary stocks*) localizados en zonas costeras (ORENSANZ *et al.*, 2005).

1 Instituto del Mar del Perú, Laboratorio Costero de Imarpe, Chimbote. pberru@imarpe.gob.pe

*Ensis macha* (navaja), es un bivalvo infaunal del submareal arenoso, cuya pesquería pertenece al grupo de las S-fisheries y conforma agregaciones en áreas determinadas conocidas como “bancos naturales” que pueden ser aprovechados por el ser humano. Para su perpetuidad, en estas áreas se deben asegurar los procesos reproductivos y su posterior dispersión larval (CASTILLA, 1996).

La extracción artesanal de *E. macha* en el Perú se inició el año 2000 en la zona de Pisco y posteriormente en San Juan de Marcona y Huacho. Durante el 2006, se registró su extracción en la región Áncash en bancos importantes como Mar Brava, bahía Casma, Culebras y Tamborero.

BERRÚ *et al.* (2006) evidenciaron el 2005, en diversas localidades del litoral de Áncash, la presencia de ejemplares de *E. macha*, con tallas que variaron de 4 a 75 mm de longitud valvar mostrando importante presencia de ejemplares menores o iguales a 54 mm, talla en la que se consideran virginales. En condiciones no explotadas las poblaciones silvestres sirven de laboratorios naturales, que permiten efectuar estimaciones para determinar la capacidad de carga con el fin de establecer criterios adecuados para su sostenibilidad.

Mar Brava es una ensenada abierta ubicada al sur de la bahía de Samanco y considerada como un área muy importante de pesca artesanal en la Región Áncash, donde se extrae principalmente peces como anchoveta, pejerrey, cabinza, lorna y lenguado, además de calamar común extraído con chinchorro de orilla (BERRÚ *et al.*, 2006).

En Mar Brava, la navaja fue extraída comercialmente desde octubre 2006 hasta noviembre 2008, paralizándose su extracción el 2009, debido al cese temporal de las exportaciones a la Unión Europea (UE) de todos los moluscos bivalvos procedentes de Perú (Comunicado N° 046-2008-SANIPES/ITP vigente hasta la actualidad).

La importancia de la pesquería del recurso navaja en el litoral de la Región Áncash radica en que ha generado una alternativa de trabajo para los pescadores locales ante la disminución poblacional de los invertebrados tradicionales; lo que amerita una evaluación continua a fin de sentar las bases de manejo sostenido y perspectivas de explotación futura.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio correspondió a la ensenada de Mar Brava, ubicada en la provincia del Santa, en el distrito de Samanco, Región Áncash, Perú. Esta ensenada se encuentra ubicada entre las coordenadas 09,280-09,295°Sur /78,500°-78,515°Oeste. La toma de información, se realizó a bordo de un bote marisquero de 21 pies de eslora, con la participación de un buzo artesanal, provisto de una compresora y demás accesorios para buceo semiautónomo.

### ASPECTOS BIOLÓGICOS

#### Pesquería comercial

La información de los desembarques comerciales fue obtenida por un observador de campo del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) instalado en el puerto de Samanco, por donde los extractores navajeros desembarcan su producto.

#### Seguimiento biológico

Este seguimiento correspondió a dos muestreos mensuales de la pesquería comercial realizada entre 2007 y 2008, obteniéndose la información biométrica y biológica de la especie siguiendo a SANJINEZ *et al.* (2016).

#### Evaluaciones poblacionales

Durante el periodo 2008 - 2021, se realizaron 19 evaluaciones poblacionales que permitieron coleccionar información biológica, biométrica, poblacional (densidad y biomasa), macro bentónica y oceanográfica. La metodología se basó en muestreo estratificado al azar adoptando para la especie el protocolo para la evaluación de concha de abanico (ARGÜELLES *et al.*, 2011).

La talla media de juveniles, se estimó mediante la frecuencia de talla de individuos virginales, lo que permitió obtener la talla y la curva de frecuencia relativa acumulada ajustada al modelo logístico (CUBILLOS, 1999).

$$P = \frac{100}{1 + e^{a+b*LT}}$$

Donde P es la proporción de ejemplares maduros a la longitud, LT es la longitud valvar (mm), a y

b son el intercepto y pendiente de la recta. L50 se estimó a partir de los parámetros de la función logística:  $L50 = a/b$ .

### ASPECTOS POBLACIONALES

La metodología utilizada es la de Área Barrida (BAZIGOS, 1981), que emplea como tipo de muestreo el método estratificado al azar. La estratificación, se realizó de acuerdo a la profundidad, trabajándose en tres estratos: **I** (5-10 m), **II** (10-15 m) y **III** (15-20 m). Como unidad de muestreo se empleó un marco metálico de un metro de lado (1 m<sup>2</sup>) y el número de muestras obtenidas en dos días de evaluación fue de 26, sustentada en la siguiente fórmula:

$$N = \frac{t^2 * sd^2}{(D * \bar{X})^2}$$

Donde:  $t$  es el valor t Studen,  $Sd^2$  es la varianza,  $\bar{X}$  es la densidad media y  $D$  es el error.

El número de muestras por estrato se estimó empleando la técnica de afijación de "mínima varianza" o de "Neyman" considerando una mínima varianza para un valor fijo de muestras en toda el área de muestreo según la fórmula:

$$nh = \frac{Ah * Sh}{\sum Ah * Sh} N$$

Donde:  $nh$  es el número de muestras en el estrato  $h$ ,  $Ah$  es la superficie del estrato  $h$  (m<sup>2</sup>),  $Sh$  es la desviación estándar de la densidad en el estrato  $h$  y  $N$  es el tamaño de la muestra total usada en el muestreo estratificado (ARGÜELLES *et al.*, 2011).

Los cálculos de densidad, biomasa y varianza se hicieron en una hoja de cálculo Excel y para la elaboración de las cartas marinas se utilizó el programa Surfer 13,0.

### MACROBENTOS

Para la identificación taxonómica, se consultó bibliografía especializada como: ÁLAMO y VALDIVIESO (1987), KEEN (1971), COAN y VALENTICH-SCOTT (2012) para moluscos, MOSCOSO (2012) para crustáceos, CASO (1962) para equinodermos entre otros.

### Dominancia e interacciones denso-independientes

La dominancia de las principales especies del macrobentos fue estimada mediante el Índice de valor de importancia (IVI), registrado por QUIÑONEZ y MENDOZA (2009):

$$IVI = Dr + Ar + Fr$$

Dominancia relativa ( $Dr$ ) = dominancia de la especie A/dominancia de todas las especies.

Abundancia relativa ( $Ar$ ) = total de individuos de la especie A/total individuos de todas las especies.

Frecuencia relativa ( $Fr$ ) = valor de frecuencia de la especie A/valor total de frecuencia de todas las especies.

### VARIABLES OCEANOGRÁFICAS

Se registraron las variables oceanográficas en superficie y fondo en todas las estaciones de muestreo; determinándose la temperatura con un termómetro de mercurio; el oxígeno disuelto se estableció colectándose agua de mar en frascos de vidrio color ámbar de 100 mL de capacidad, siguiendo la metodología descrita por Winkler modificada por CARRIT y CARPENTER (1966). Las muestras de salinidad fueron analizadas utilizando el Método de Inducción, con un salinómetro Portasal Guildline 8410a.

Finalmente, la navegación y la ubicación de las estaciones bioceanográficas se realizó utilizando un Sistema de Navegación Satelital (GPS) Garmin 12XL y las cartas náuticas HIDRONAV 212, 213 y 214 de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (coordenadas referidas al Datum WGS-84).

## 3. RESULTADOS

### Área de estudio

El banco natural de *Ensis macha* en Mar Brava, constituye un área de aproximadamente 70 has, ubicado entre la latitud sur 09,280° y 09,295° y longitud oeste 78,50° y 78,515°. Batimétricamente, el banco se encuentra paralelo al borde costero del área de estudio entre las isobatas de 5 a 20 metros de profundidad (Fig. 1).

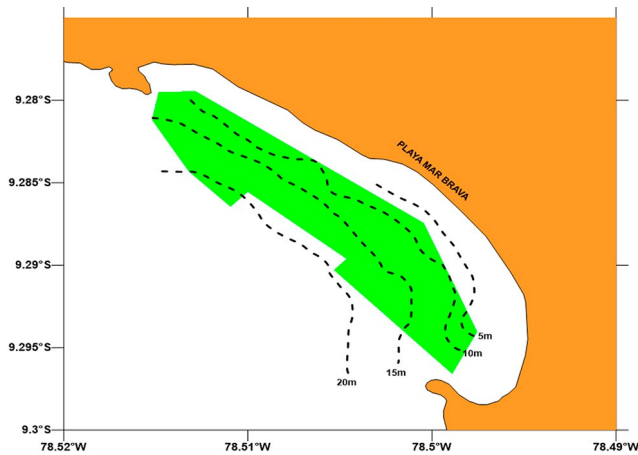


Figura 1.- Ubicación y delimitación geográfica del banco natural de *E. macha* en Mar Brava

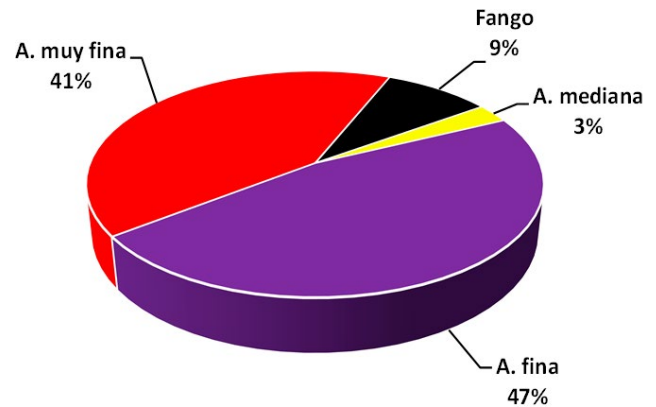


Figura 2.- Composición tipológica del sedimento en el banco natural de Mar Brava. Mayo 2017

Tabla 1.- Catalogación cuali-cuantitativa del sedimento muestreado en Mar Brava. Mayo 2017

Estación	Lat. S	Long. W	Prof. (m)	MOT (%)	Descripción visual y olfativa	
1	9°17'4,8"	78°30'38,4"	16,8	1,35	Gris claro. 5Y 7/2	Arena fina
3	9°17'13,8"	78°30'22,1"	14,9	1,61	Amarillo pálido. 5Y 7/3	Arena fina
12	9°16'58,1"	78°30'43,1"	14,5	1,30	Amarillo pálido. 5Y 7/3	Arena fina con conchuela
17	9°17'43,4"	78°29'57,9"	9,0	1,46	Amarillo pálido. 5Y 7/4	Arena fina con conchuela

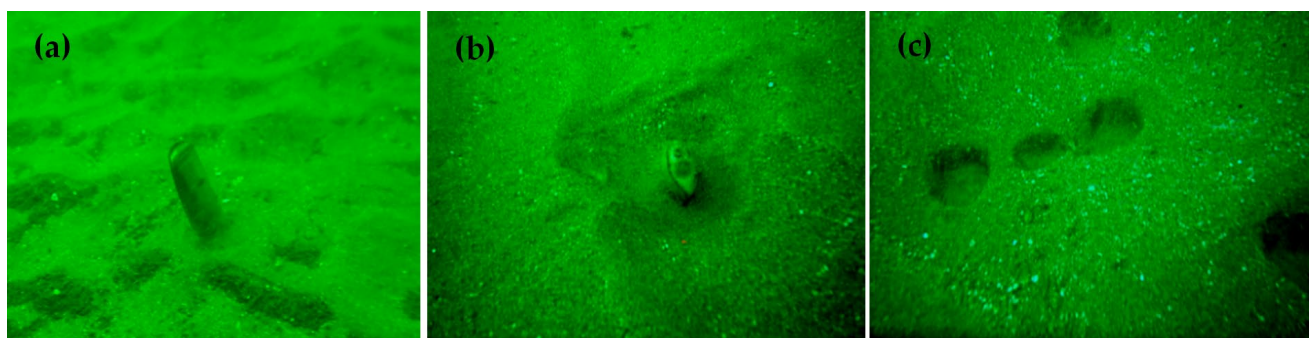


Figura 3.- Ubicación de *Ensis macha* en fondo marino semi-enterrada (a), enterrada (b) y huequeríos (c)

El recurso se distribuye sobre un sustrato compuesto principalmente por arena fina y arena muy fina con valores de 46,7% y 41,6%, respectivamente. Menores valores presentaron las tipologías fango (9,0%) y arena mediana (2,7%) (Fig. 2).

Durante el análisis del sedimento (mayo 2017), las muestras "in situ" no presentaron olor a sulfuros, mostrando coloración que varió del gris claro al amarillo pálido. En laboratorio, las muestras de materia orgánica en sedimentos, varió de 1,30 a 1,61% (Tabla 1).

Las llanuras sedimentarias en el banco natural de *E. macha*, a la distancia semejan un extenso de-

sierto bajo el agua y, en la medida que se incrementa el nivel de acercamiento surge la vida en sus distintos niveles (Fig. 3).

**ASPECTOS BIOLÓGICOS**

**Tallas en pesquería comercial**

Del 2007 al 2009, el rango de tallas osciló entre 96 y 183 mm, con tallas medias mensuales muy variables y de máximos valores entre julio y octubre 2008. La fracción de individuos menores a la talla media de extracción (TME) fue inferior al 11,2% (Tabla 2).

### Fracción desovante en la pesquería comercial

La variación mensual de la fracción desovante permitió registrar valores entre 0 y 82,9%, mayores valores se encontraron en julio y agosto de 2007 y 2008 (Fig. 4).

### Tallas en evaluaciones poblacionales

Del 2008 al 2021, se registró el rango de tallas de 4 a 187 mm de longitud valvar, con valores medios que variaron de 86 a 146 mm, las menores tallas medias se encontraron en mayo 2008. Durante el 2014, 2015 y 2016 estuvieron asociadas a mayor presencia de ejemplares juveniles ( $\leq 54$  mm) (Tabla 3).

Tabla 2.- Información biométrica de *Ensis macha* procedente de Mar Brava, durante periodo de análisis

Año	Mes	Rango	Media	Desv. st	Moda	<TME %
2007	May	97 - 158	130	9,318	127, 136	11,2
	Jun	97 - 155	138	8,221	142	4,7
	Jul	98 - 166	133	10,529	127, 136	8,9
	Ago	117 - 157	132	7,445	130	1,9
	Set	129 - 168	152	6,186	151	0,0
	Oct	122 - 165	144	8,212	139, 148	0,0
2008	Jun	96 - 175	139	11,823	145	7,3
	Jul	108 - 179	155	12,390	154, 163	3,6
	Ago	114 - 183	153	11,883	157	3,2
	Set	109 - 180	156	12,517	160	0,7
2009	Oct	118 - 181	156	9,505	157	0,2
	Oct	121 - 140	131	3,337	130	0,0

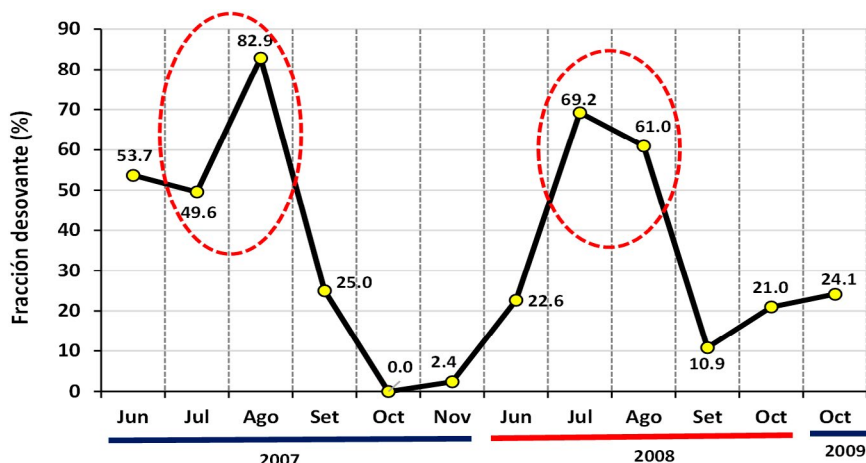


Figura 4.- Evolución de la fracción desovante de *E. macha* procedente de Mar Brava

Tabla 3.- Información biométrica de *E. macha* procedente de Mar Brava en evaluaciones poblacionales. 2008-2021

Año	Mes	Rango	Media	Desv. est.	Moda	$\leq 54$ mm	$\geq TME$ (%)
2008	Mayo	49 - 162	123	35,111	147	6,7	66,7
	Agosto	64-182	146	17,766	152	0,0	89,9
2009	Diciembre	63 - 187	146	19,824	127, 152	0,0	93,7
2010	Setiembre	62-173	142	23,184	142, 157	0,0	86,9
2011	Octubre	52-176	143	30,12	157	0,0	81,8
2012	Marzo	9-178	135	37,719	142, 162	5,2	80,4
	Setiembre	73 -176	142	24,207	137, 162	0,0	84,0
2013	Setiembre	25 - 185	144	37,333	87, 167	2,6	75,5
2014	Noviembre	45 - 180	108	36,855	97, 167	2,6	75,5
	Diciembre	4 - 175	100	47,078	7, 92, 152	10,8	36,6
2015	Junio	18 - 180	112	46,083	27, 112, 177	13,5	40,6
2016	Abril	12 - 17	95	43,937	17, 77, 142	17,9	34,2
	Setiembre	45 - 171	86	35,649	57, 87	5,7	17,2
2017	Mayo	48 - 180	107	23,424	82, 102, 132	0,6	26,8
2018	Abril	42 - 168	120	19,623	117, 142	0,5	52,4
	Agosto	75 -178	125	20,454	102, 137	0,0	58,6
2019	Abril	35 - 166	123	20,674	122	2,6	67,0
	Agosto	99 - 162	130	11,024	127	0,0	85,7
2021	Noviembre	34 - 165	121	21,703	77, 132	0,5	71,6

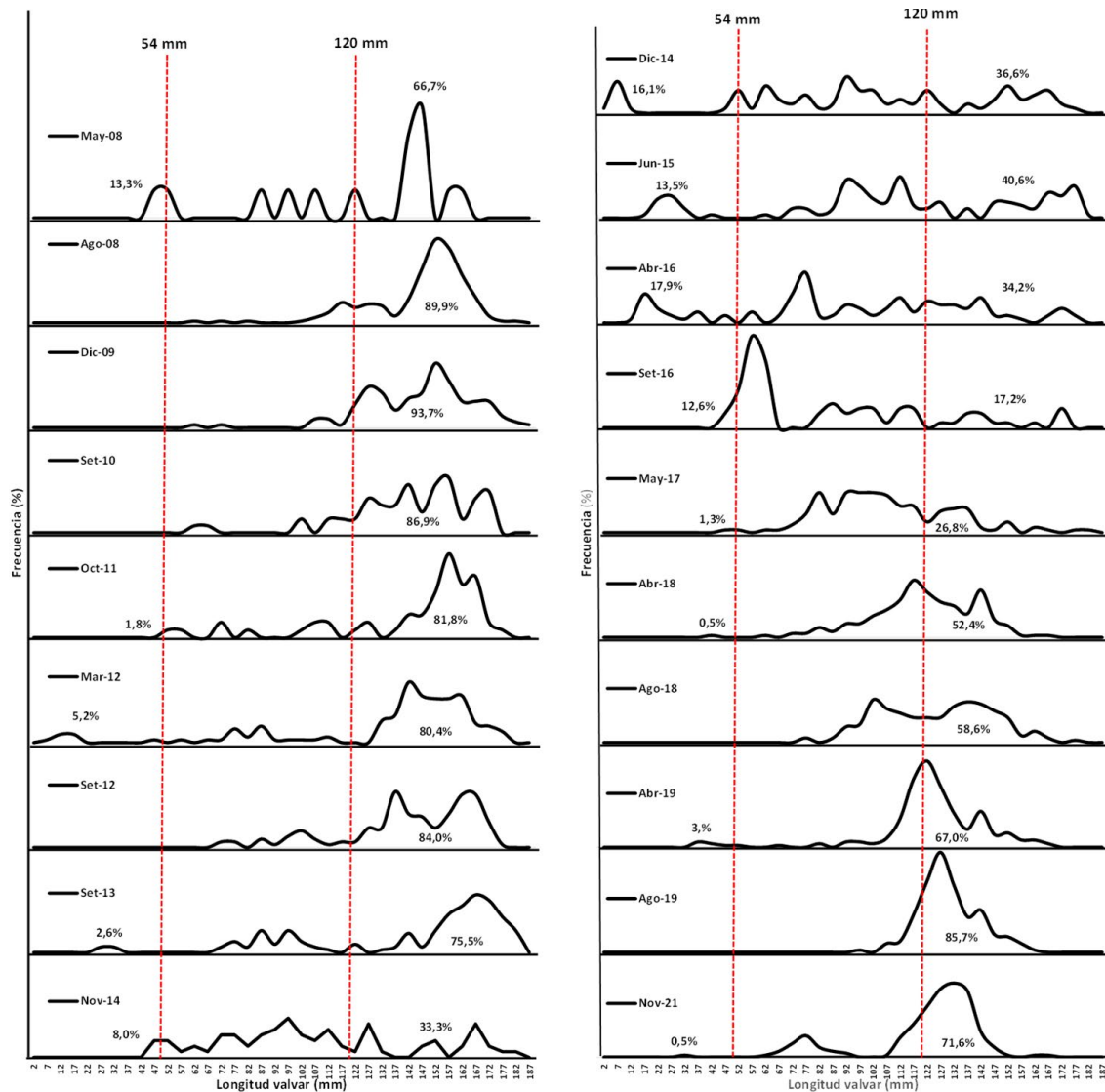


Figura 5.- Estructura de tallas de *E. macha* procedente de Mar Brava en evaluaciones poblacionales. 2008-2021

La estructura por tallas fue multimodal, con modalidades principales más frecuentes en 152, 157, 162 y 167 mm. La fracción de ejemplares comerciales ( $\geq 120$  mm) varió de 17,2 a 93,7%, siendo en el 68,4% de las evaluaciones mayores al 50% (Fig. 5).

### Talla y periodo juvenil

La talla media de juveniles (fracción virginal) estimada mediante el modelo logístico, fue de 54,0 mm de longitud valvar, los parámetros determinados fueron:  $a = 9,3233$ ,  $b = 0,1726$  y  $r^2 = 0,9571$  (Fig. 6). Con información proveniente de evaluaciones poblacionales y considerando la talla estimada para juveniles (54 mm), se registró la incidencia de 1,8 a 13,5%, siendo junio (13,5%), diciembre (6,4%) y marzo-abril (5,2%) los meses con mayor presencia de juveniles (Fig. 7).

### Relación Longitud-Peso

Esta relación biométrica, mostró un buen ajuste al modelo potencial para cada una de las estaciones del año, con valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,94 para verano, 0,81 para otoño, 0,88 para invierno y 0,79 para primavera. Estadísticamente, los valores de la pendiente "b" determinaron un crecimiento isométrico para la estación de verano ( $\approx 3,0$ ) y alométrico negativo ( $< 3,0$ ) para las estaciones de otoño, invierno y primavera (Tabla 4).

Tabla 4.- Variación estacional de las constantes de la relación peso-longitud de *Ensis macha* procedente de Mar Brava

Estación	a	b	r <sup>2</sup>
Verano	0,000010	3,081775	0,945225
Otoño	0,000337	2,355097	0,811051
Invierno	0,000081	2,645249	0,875502
Primavera	0,000031	2,829190	0,785871

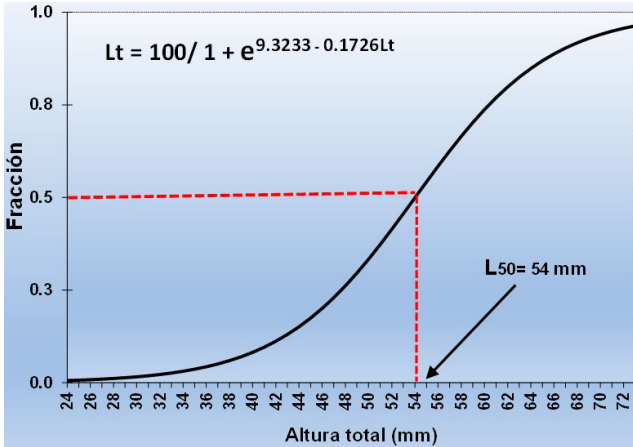


Figura 6.- Talla media de juveniles de *E. macha* en Mar Brava

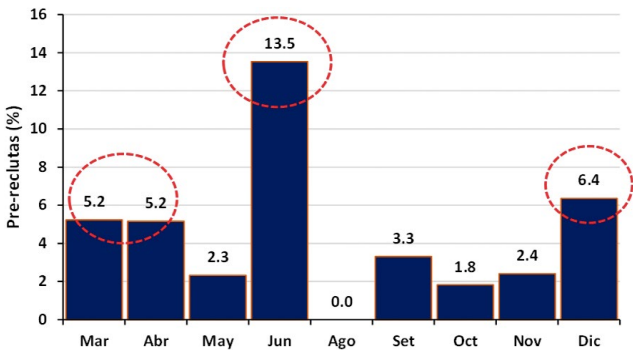


Figura 7.- Incidencia de juveniles de *E. macha* en Mar Brava. 2008-2021

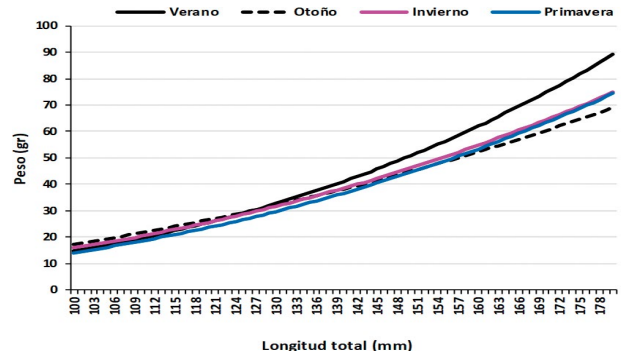


Figura 8.- Curvas estacionales de relación longitud-peso de *E. macha* procedente de Mar Brava

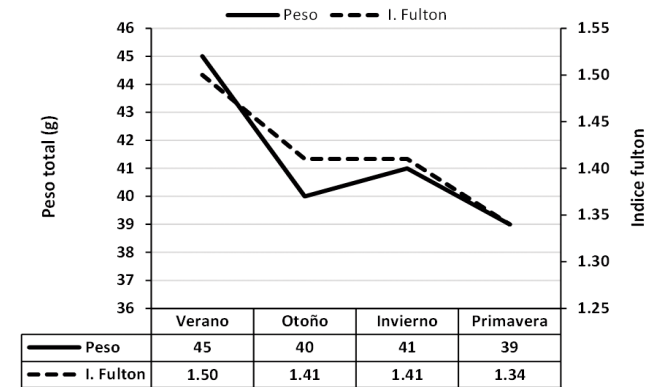


Figura 9.- Variación estacional del peso medio e índice de Fulton en *E. macha* procedente de Mar Brava. 2008-2021

Así mismo; la relación longitud-peso total, permitió encontrar para el rango de 100 a 180 mm, mayor peso durante las estaciones de verano e invierno (Fig. 8).

Los pesos medios e índice de Fulton, registraron mayores valores durante las estaciones de verano, asociándose las caídas de estos valores en otoño y primavera con los pulsos de desove en la especie (Fig. 9).

## ASPECTOS POBLACIONALES

### Abundancia

La población de *E. macha* en el banco natural, varió de 0,30 a 2,29 millones de individuos. Durante 2019-2021, la población promedio se incrementó en 136% respecto a años anteriores. La biomasa varió de 11,5 a 62,7 t, incrementándose en 131% durante el mismo periodo (Fig. 10).

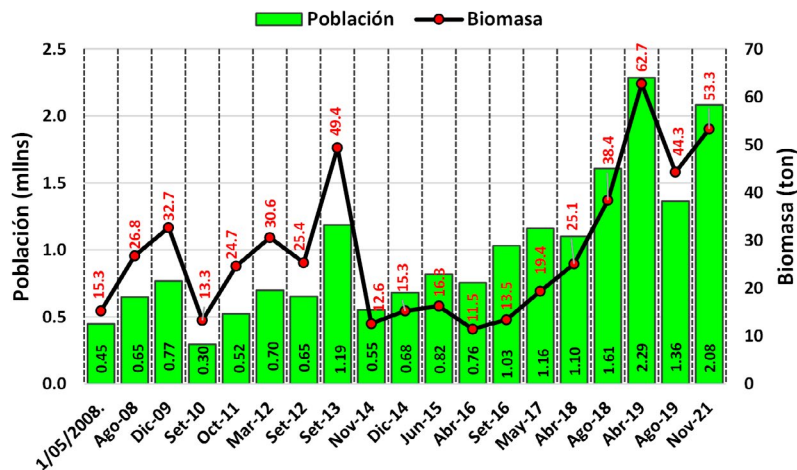


Figura 10.- Variación de la población y biomasa total de *E. macha* en Mar Brava. 2008-2021

### Concentración y distribución

La densidad estratificada del recurso varió de 1,52 a 6,93 ind./m<sup>2</sup>. En promedio disminuyó de 3,03 ind./m<sup>2</sup> durante 2008-2013 a 2,56 ind./m<sup>2</sup> en el 2014-2016, e incrementó a 5,40 ind./m<sup>2</sup> durante el 2017-2021 (Fig. 11).

Durante los periodos 2008-2011 y 2012-2015, se registraron pequeños núcleos de mayor concentración (6-12 ind./m<sup>2</sup>) al norte del banco evaluado; mientras que en el periodo 2016-2021, estos núcleos se desplazaron al centro y sur del banco evaluado (Fig. 12).

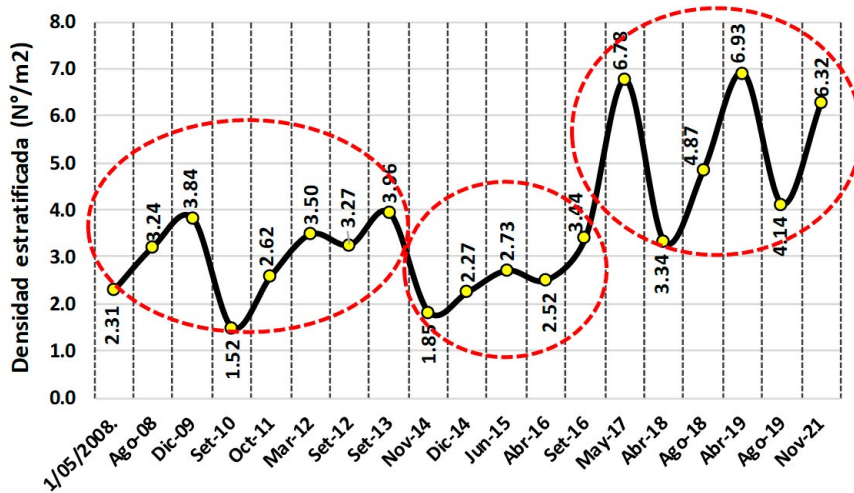


Figura 11.- Variación temporal de la densidad estratificada en Mar Brava, 2008-2021

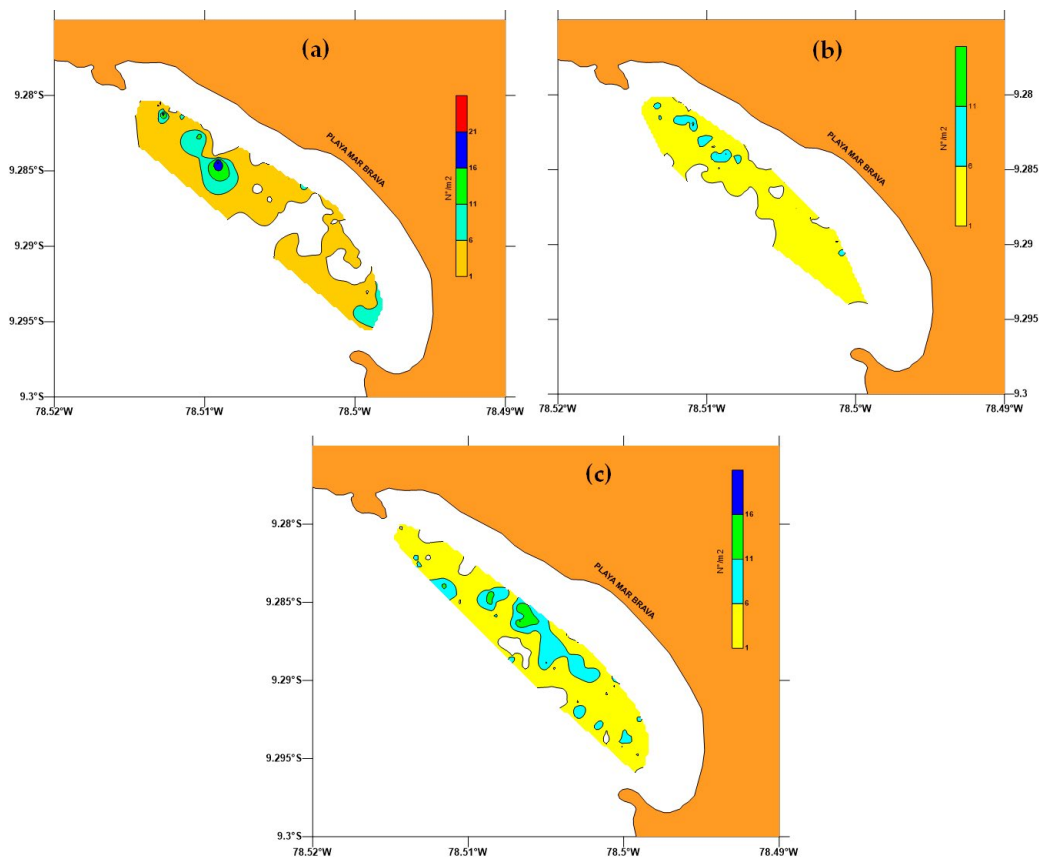


Figura 12.- Distribución y concentración de *E. macha* en Mar Brava, durante los periodos 2008-2011 (a), 2012-2015 (b), 2016-2021 (c)

**MACROBENTOS**

Del 2015 al 2021, se tomó información de abundancia del macrobentos, se registraron 47 unidades taxonómicas, pertenecientes a 6 grupos taxonómicos, como se detalla en la Tabla 5.

Por grupos taxonómicos, los más abundantes fueron: gasterópodos (36,0%), equinodermos (32,6%) y crustáceos (16,3%); mientras que, los menos importantes fueron poliquetos, bivalvos, cnidarios y otros (Fig. 13).

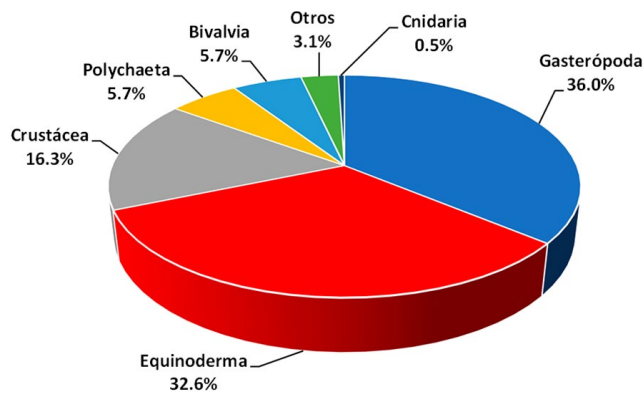


Figura 13.- Importancia del macrobentos por grupo taxonómico en Mar Brava. 2015-2021

Tabla 5.- Abundancia en la composición del macrobentos asociado al banco natural de *Ensis macha* en Mar Brava. 2015-2021

Grupo	Especie	Jun-15	Ago-16	May-17	Ago-18	Jul-19	Nov-21	Total	%
Gasterópoda	<i>Nassarius gayi</i>	196	564	1268	659	1034	163	3884	34,25
	<i>Solatia buccinoides</i>	29	12	28	30	25	20	144	1,27
	<i>Sinum cymba</i>	5	7	14	9	2	5	42	0,37
	<i>Polinices uber</i>		3	3	3	2	1	12	0,11
	<i>Alia unifasciata</i>							3	0,03
	<i>Natica unifasciata</i>		1					1	0,01
	<i>Oliva peruviana</i>	1						1	0,01
Equinoderma	<i>Luidia magellanica</i>			1				1	0,01
	<i>Ophiophragmus stellatus</i>	49	1067	933	364	1128	10	3551	31,32
	<i>Ophiactis kroeyeri</i>		46	55				101	0,89
	<i>Ophiothrix sp</i>		34		14			48	0,42
Crustácea	<i>Pagurus villosus</i>	1196	115	188	158	26	80	1763	15,55
	<i>Hepatus chilensis</i>	1	7	13	4	3		28	0,25
	<i>Camaroncito*</i>	15						15	0,13
	<i>Gammarus sp</i>					15	50	15	0,13
	<i>Blepharipoda occidentalis</i>	6			6			12	0,11
	<i>Emerita analoga</i>	8						8	0,07
	<i>Pinnixa transversalis</i>		3	1		1		5	0,04
	<i>Lepidopa chilensis</i>			3				3	0,03
	<i>Caprelus sp</i>			2				2	0,02
	<i>Pseudocorystes sicarius</i>					1	2	1	0,01
Polychaeta	<i>Owenia sp</i>		146	18		5		169	1,49
	<i>Glycera americana</i>	36	60	29	3	34	2	164	1,45
	<i>Nephtys multirrata</i>	63	16	2	7	33	4	125	1,10
	<i>Diopatra rhizoicola</i>	2	51	36	4			93	0,82
	<i>Hemipodia simplex</i>			4	23	28	13	68	0,60
	<i>Lumbrineris tetraura</i>		16	4		1		21	0,19
	<i>Pseudonereis gallapagensis</i>		6		3			9	0,08
	<i>Arenicola sp</i>		1					1	0,01
	<i>Halosydna brevisetosa</i>			1				1	0,01
Bivalvia	<i>Ensis macha</i>	71	84	84	124	103	134	600	5,29
	<i>Tellina sp</i>	7	25	5				37	0,33
	<i>Mulinia coloradoensis</i>	3	1					4	0,04
	<i>Nucula sp</i>		1					1	0,01
	<i>Argopecten purpuratus</i>			1				1	0,01
	<i>Glycimeris ovata</i>							1	0,01
	<i>Hiatela solida</i>			1				1	0,01
Cnidaria	<i>Paranthus sp</i>	2	2	15	2	1	2	24	0,21
	<i>Oulactis sp</i>			21				21	0,19
	<i>Anthothoe chilensis</i>			7				7	0,06
	<i>Bunodactis sp</i>			5				5	0,04
Otros	<i>Nemertinos</i>	5	4	6	5	39	11	70	0,62
	<i>Pycnogonida</i>			24				24	0,21
	<i>Branchiostoma elongatum</i>					6		6	0,05
	<i>Hirudinea</i>	1	1			2		4	0,04
	<i>Renilla sp</i>	14	86	68	37	26	10	241	2,13
	<i>Frailecillo</i>					1		1	0,01
<b>Total</b>		1710	2364	2835	1458	2516	507	11339	100,0

Entre el macrobentos importante por ser potencial depredador de *E. macha*, figuran los representantes del grupo gasterópoda, especialmente *Nassarius gayi*, *Solatia buccinoides* y *Sinum cymba*, en los equinodermos figura *Luidia magellanica*; mientras que, entre los crustáceos están *Pagurus villosus* y *Hepatus chilensis*.

Los valores de dominancia expresado por el índice del valor de importancia (IVI) se estimaron en las especies más abundantes como *N. gayi*, *P. villosus*, *E. macha* y *Ophiophragmus stellatus* (Tabla 6).

La variación histórica del IVI para las especies *N. gayi* y *E. macha*, mostraron una relación directa de correspondencia, incrementando o disminuyendo paralelamente sus valores en ambas especies, bajo un enfoque de interacción simbiótica de tipo “depredador-presa” (Fig. 14).

Por otro lado, la variación temporal del IVI en las especies *N. gayi* y *P. villosus* mostró relación indirecta o antagónica, coincidiendo paralelamente los mayores valores de una especie con los menores de la otra y viceversa, en un enfoque de interacción simbiótica de “comensalismo” (Fig. 15).

**VARIABLES OCEANOGRÁFICAS**

A nivel del fondo marino, la temperatura varió de 13,7 a 19,8 °C, con mayores valores en diciembre 2009, junio 2015, abril 2016 y mayo 2017, relacionados con la ocurrencia de eventos El Niño de intensidad moderada el 2016, fuerte el 2015 y extraordinaria el 2017 (Tabla 7).

El oxígeno disuelto, fue de 0,46 a 5,34 mL/L; valores menores a 1 mL/L ocurrieron en marzo 2012, diciembre 2014, abril 2019 y noviembre 2021. El 77,8% de los registros medios, presentaron valores mayores a 1 mL/L (Tabla 7).

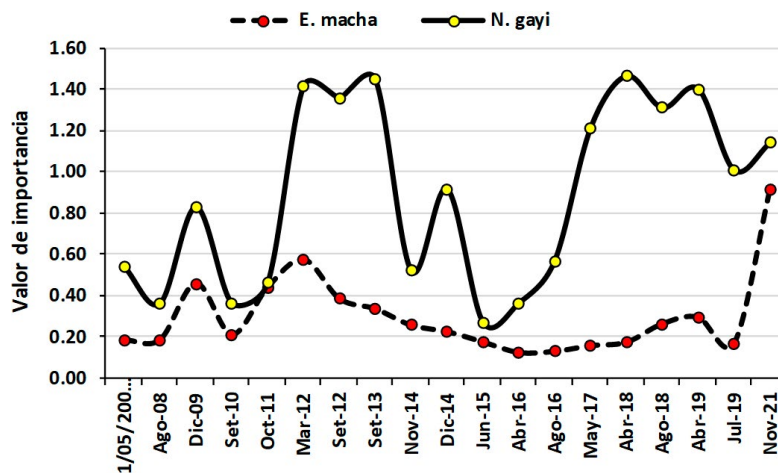


Figura 14.- Variación temporal del índice del valor de importancia en *E. macha* y *N. gayi*. 2008-2021

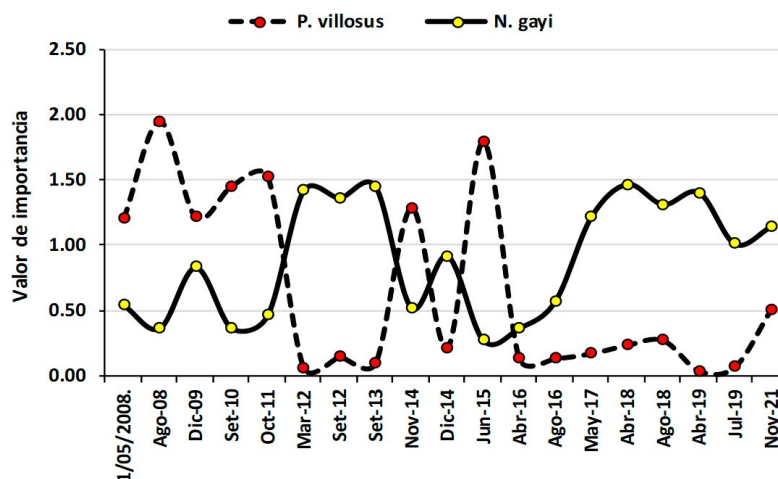


Figura 15.- Variación temporal del índice del valor de importancia en *N. gayi* y *P. villosus*. 2008-2021

Tabla 6.- Estimaciones del valor de importancia para las principales especies del macrobentos arenoso en Mar Brava. 2008-2021

Especie	<i>P. villosus</i>	<i>N. gayi</i>	<i>E. macha</i>	<i>O. stellatus</i>
May-08	1.206	0.544	0.189	0.135
Ago-08	1.947	0.367	0.191	0.086
Dic-09	1.217	0.833	0.463	0.161
Set-10	1.452	0.367	0.216	0.171
Oct-11	1.524	0.465	0.444	0.158
Mar-12	0.067	1.420	0.578	0.415
Set-12	0.146	1.363	0.388	0.190
Set-13	0.100	1.452	0.339	0.334
Nov-14	1.287	0.524	0.260	0.451
Dic-14	0.218	0.920	0.229	1.152
Jun-15	1.791	0.275	0.179	0.091
Abr-16	0.133	0.368	0.128	0.746
Ago-16	0.135	0.573	0.134	1.301
May-17	0.172	1.217	0.161	0.789
Abr-18	0.237	1.468	0.178	0.548
Ago-18	0.273	1.314	0.267	0.571
Abr-19	0.040	1.405	0.299	0.710
Jul-19	0.072	1.011	0.174	1.110
Nov-21	0.507	1.143	0.918	0.102
Rango	0.04-1.95	0.28-1.47	0.13-0.92	0.09-1.30
Promedio	0.659	0.896	0.302	0.485

Tabla 7.- Variables oceanográficas a nivel del fondo en Mar Brava. 2008-2021

Fecha	T°C	Oxig.(mL/L)	Sal.(ups)	Evento EN
May-08	16.2	5.34	34.897	Niño Débil
Ago-08	17.8	4.85	35.046	Niño Débil
Dic-09	19.8	3.86		Niño Débil
Set-10	13.7	1.28		Niño Débil
Oct-11	14.1		34.962	Niño Débil
Mar-12	16.4	0.46	34.992	Niño Débil
Set-12	15.9	2.37	35.047	Niño Débil
Set-13	14.7	2.27	34.976	Niño Débil
Nov-14	15.5	1.97	35.021	Niño Moderado
Dic-14	15.3	0.74		Niño Moderado
Jun-15	19.5	1.71	35.100	Niño Fuerte
Abr-16	19.0	2.34	35.259	Niño Moderado
Set-16	15.8	4.04	35.042	Niño Moderado
May-17	17.9	2.59	35.029	Niño Extraordinario
Abr-18	15.6	2.63	34.936	Niño Débil
Ago-18	15.5	2.07	34.991	Niño Débil
Abr-19	16.6	0.74	34.959	Moderado
Jul-19	15.0	3.58	34.702	Moderado
Nov-21	14.1	0.78	34.929	Niña Débil
Rango	13.7-19.8	0.46-5.34	34.702-35.259	

La salinidad varió de 34,70 a 35,26 con valor medio de 35,00. Valores mayores a 35,00, se encontraron en agosto 2008, setiembre 2012, noviembre 2014, junio 2015, abril 2016, setiembre 2016 y mayo 2017 (Tabla 7).

#### 4. DISCUSIÓN

Durante 22 meses entre octubre del 2006 y noviembre del 2008, se extrajeron 185 ton de navaja procedente de Mar Brava, con valores que variaron de 0,8 a 20,4 t/mes, y media mensual de 8,4 ton; siendo verano, invierno y primavera las estaciones de mayor extracción (Fig. 16).

En octubre 2008 ante el Comunicado N° 046-2008-SANIPES/ITP, se suspendió la extracción comercial de *Ensis macha*, como consecuencia de la prohibición de las exportaciones a la UE de todos los moluscos bivalvos provenientes del Perú, la misma que se continúa hasta el momento. Como consecuencia, las sub poblaciones de *E. macha*, distribuidas en los distintos bancos naturales de la Región, han venido sufriendo cambios en su abundancia, aun cuando no hay extracción comercial. Cambios en el hábitat, así como en las relaciones intraespecíficas (competencia por espacio y alimento) e interespecíficas (comensalismo, parasitismo, depredación) podrían desen-

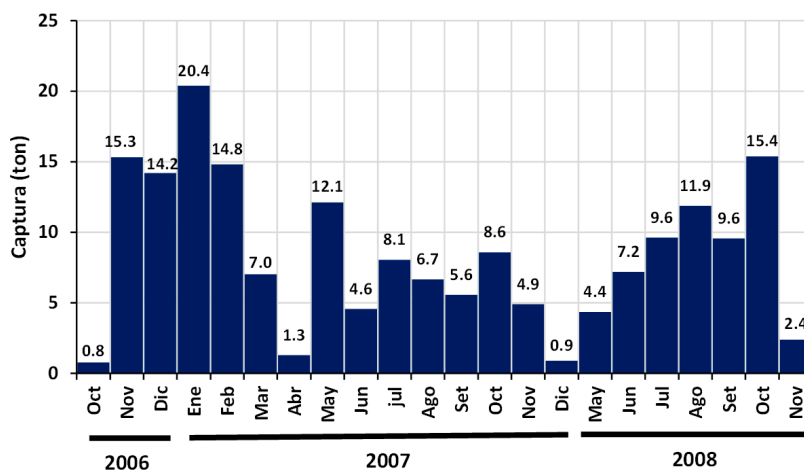


Figura 16.- Niveles de extracción de *E. macha* procedente de Mar Brava

cadena, en mayor o menor grado, variaciones poblacionales de la especie en estudio.

Las densidades de *E. macha*, en los últimos 14 años se ha venido incrementando, con valores que variaron de 1,52 ind./m<sup>2</sup> en setiembre del 2010 a 6,32 ind./m<sup>2</sup> en noviembre del 2021. El éxito reproductivo de una especie se mide directamente por la biomasa desovante e indirectamente por presencia de individuos recientemente asentados ( $\leq 54$  mm); registrándose mayor incidencia de estos ejemplares durante las estaciones de verano (5,2%), otoño (5,9%) y primavera (4,0%); y destacando la importancia de la temperatura y la oferta alimenticia en la incidencia de estos eventos. La incidencia de juveniles estuvo

asociada principalmente a temperaturas mayores de 15 °C; por lo que, se podría inferir que valores menores a 15 °C podrían constituir una barrera térmica para un mejor asentamiento larval de *E. macha* (Fig. 17).

Considerando los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy propuestos por ESPINOZA MELGAREJO (2006) para *E. macha* procedente de bahía Independencia:  $L_{\infty}=184,1$  mm,  $k=0,48$ /año y  $t_0=-0,39$ , la talla media de pre-reclutamiento se alcanzaría a los 4,5 meses de edad, aspecto que tendría mucha concordancia con los picos de desove registrados en julio y agosto, si consideramos además según LÉPEZ GARCÍA (2006) los 20 días que trascurren para el desarrollo larval (Fig. 18).

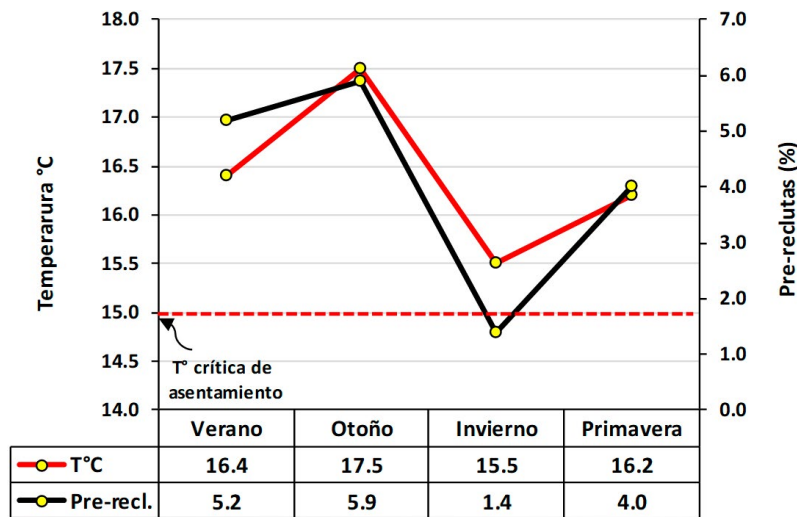


Figura 17.- Relación estacional entre la temperatura y la incidencia de juveniles en Mar Brava. 2008-2021

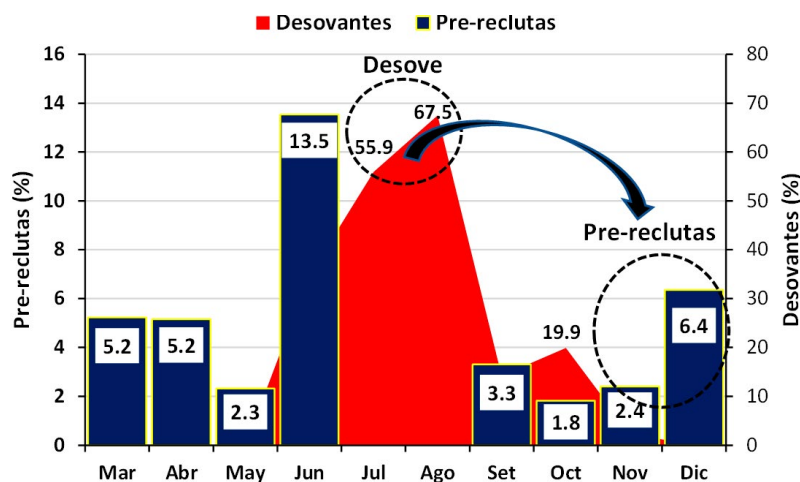


Figura 18.- Relación entre los picos de desove y presencia de juveniles en Mar Brava. 2008-2021

ARACENA *et al.* (1998) establecieron que el desove en la VIII Región de Chile ocurre entre noviembre y diciembre, por lo que se puede inferir que el inicio del periodo principal de desove tendría un fuerte componente regional, debido a las diferentes condiciones oceanográficas. La gestión de una pesquería, requiere entre otros aspectos del conocimiento de su biología y especialmente de la reproducción, considerando el principio básico en la ordenación de las pesquerías de que todo individuo capturado debe haberse reproducido al menos una vez.

La biomasa total estimada varió de 11,5 a 62,7 ton, siendo el límite superior un valor a tener en cuenta para estudios de dinámica poblacional, para los que se requiere además de indicadores biológicos (tallas, madurez), indicadores básicos de una población asociados al peso o número total de individuos. Los niveles de biomasa en un banco natural no explotado, podría anticiparnos a estimados de la capacidad de carga poblacional para la especie en el área de estudio. La biomasa y su potencial de crecimiento es un indicador muy importante ya que permite prever las dimensiones futuras de la población para determinar un abanico de posibles medidas de ordenación. Según CADIMA (2003) la biomasa de un stock no explotado no puede crecer más allá de un cierto límite, el cual depende de cada recurso, del espacio disponible, oferta alimenticia, competencia interespecífica y que es conocido como Capacidad de Carga, k.

Según la teoría "fuente-sumidero" (PULLIAM, 1988), el aporte de nuevos individuos en la subpoblación de Mar Brava, además de los originados en el propio banco, tendría origen en otros bancos naturales,

como el de bahía Casma ubicado a 17 km al sur de Mar Brava, que podría estar abasteciendo de nuevos individuos a la subpoblación local, merced a las corrientes y deriva larval.

*Ensis macha* es un recurso infaunal que ocupa un lugar especial en la cadena trófica de la comunidad macrobentónica del submareal arenoso, compartiendo su hábitat con gasterópodos, crustáceos y equinodermos. Entre los gasterópodos, se pueden citar principalmente a *Nassarius gayi*, *Solatia buccionoides*, *Sinum cymba* y *Polinices uber*, los que pueden comportarse como predadores de la especie; entre los crustáceos se tiene a *Pagurus villosus*, *Hepatus chilensis*, *Blepharipoda occidentalis*, *Pinnixa transversalis*, *Lepidopa chilensis* y *Pseudocorystes sicarius*; mientras que entre los equinodermos se encuentran *Luidia magellanica* y algunas estrellitas frágiles como *Ophiophragmus stellatus* entre otros.

A las interacciones entre las distintas poblaciones se les conoce como relaciones sociales o interrelaciones y algunas de ellas actúan como factores extrínsecos de regulación de las poblaciones, puesto que cualquier interacción modificará la capacidad de crecer y sobrevivir de las poblaciones involucradas. La interacción interespecífica en las poblaciones de *N. gayi* y *E. macha*, cae dentro del concepto conocido como "depredación", en la cual el depredador (*N. gayi*) ataca y mata a otra especie (*E. macha*) conocida como presa. Al existir exceso de presas se estimula el crecimiento del depredador, resultando en una declinación de la población presa, que al escasear hará disminuir la población del depredador, transformándose en ciclo depredador-presa con altas y bajas en sus poblaciones (Fig. 19).



Figura 19.- Ejemplares de *E. macha* depredados por algunas especies de gasterópodos

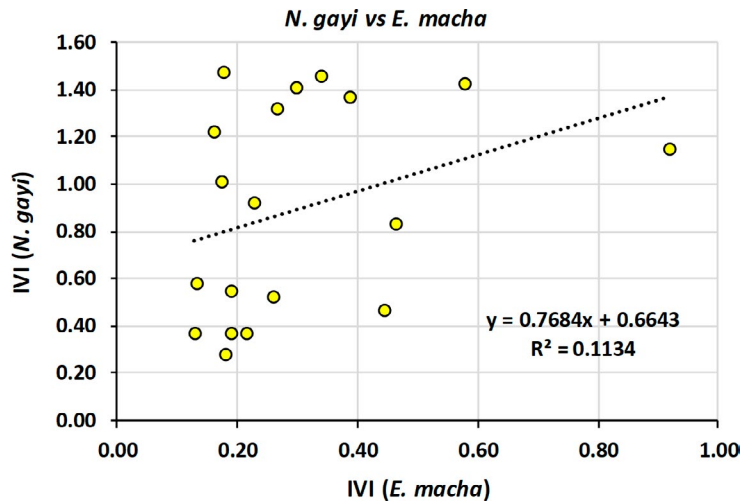


Figura 20.- Correlación de Pearson entre valores IVI de *N. gayi* y *E. macha* en Mar Brava. 2008-2021



Figura 21.- Babosa atrapando con su pie a una navaja. Vista submarina

Se encontró relación directa, en la interacción poblacional entre *E. macha* y *N. gayi*, aun estimándose un valor bajo de  $r^2$  (0,11), explicaría que la variación poblacional de *E. macha* en ausencia de pesca estaría siendo afectada parcialmente por la actividad depredadora de *N. gayi* (Fig. 25).

Aunque la abundancia de *S. cymba* varió de 1 a 14 individuos por intervención, es muy inferior a la registrada para *N. gayi* (64-1268 ind.) y *P. villosus* (10-2114 ind.), no deja ser una especie importante en la depredación de *E. macha*, por cuanto al ser mucho más grande, sus pesos medios equivalen aproximadamente a 75 veces los pesos de *N. gayi* y *P. villosus* (observación personal). Además, se observó que *S. cymba* es un activo depredador de *E. macha*, por cuanto al ubicarla, la persigue enterrándose juntamente con ella hasta atraparla con la contracción de su pie (Fig. 21).

Por otro lado, se determinó relación indirecta en la relación poblacional de *N. gayi* y *P. villosus*, estableciéndose interacción de tipo "comensalismo"; independientemente de que ambas especies depredan principalmente sobre juveniles de *E. macha*. Se determinó dependencia de *P. villosus* por ocupar las conchillas de *N. gayi* como casas temporales. Al respecto, QUIÑE (2003), manifiesta una preferencia del 94% de *P. villosus* por habitar una conchilla de *N. gayi*. Por otro lado, según BERRÚ PAZ y PEREA DE LA MATTA (2019), *N. gayi* es un predador oportunista que constituye una especie dominante en el submareal arenoso al igual que *P. villosus*; encontrándose para el presente estudio una correlación  $r^2$  de 0,56 entre valores IVI de *N. gayi* y *P. villosus* (Fig. 22).

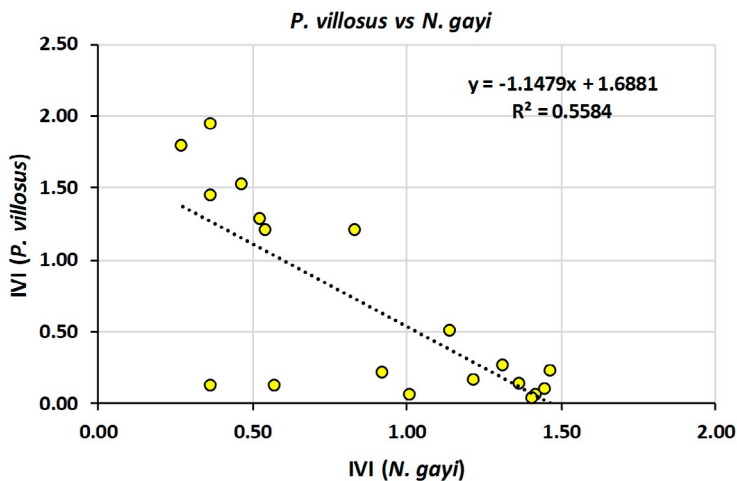


Figura 22.- Correlación de Pearson entre valores IVI de *N. gayi* y *P. villosus* en Mar Brava. 2008-2021

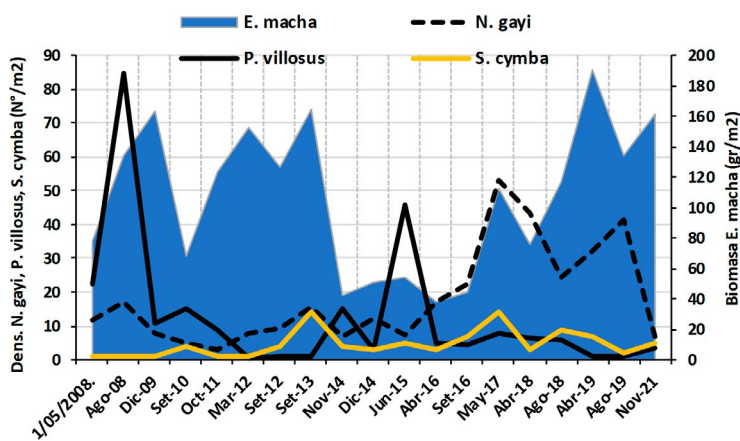


Figura 23.- Evolución de las densidades medias de *N. gayi*, *P. villosus* y *S. cymba* con relación a biomasa de *E. macha* en Mar Brava. 2008-2021

El incremento de la biomasa de *E. macha* durante los últimos cinco años (2017-2021), permitió sustentar favorablemente el incremento en la densidad de *N. gayi* y *S. cymba*; mientras la densidad de *P. villosus* disminuyó, siendo su abundancia inversamente dependiente de las variaciones de *N. gayi* (Fig. 23).

Los organismos poseen un rango de tolerancia a los factores extrínsecos (abióticos) del ambiente, con límites superiores e inferiores fuera de los cuales ya no es posible sobrevivir y dentro de los cuales se encuentra el rango óptimo donde se exhibe gran abundancia de individuos (BERRÚ PAZ & PEREA DE LA MATTA, 2019).

Los registros oceanográficos en el entorno de *E. macha*, en condiciones ambientales muy

variables, determinadas principalmente por Eventos El Niño como los registrados en la costa peruana de grado moderado (2014, 2016 y 2019), fuerte (2015) y extraordinario (2017); así como La Niña débil presentada durante el 2021, nos permiten determinar la capacidad de resiliencia que tiene la especie a cambios drásticos del entorno, principalmente térmicos. La temperatura registrada durante el periodo de análisis para el área de Mar Brava varió de 13,7 a 19,8 °C, en un amplio rango de 6,1 °C; valores que estarían brindando un anticipo del rango térmico vital para la sobrevivencia de *E. macha*, en distintas condiciones ambientales modeladas por la propia naturaleza y que deberían concluirse con experiencias en laboratorio. En bahía Independencia (ESPINOZA MELGAREJO, 2006) la temperatura en el entorno de *E. macha* varió

de 14,2 a 17,2 °C en un rango más acotado que en el presente estudio. BERRÚ PAZ y PEREA DE LA MATTA (2019) registraron una mortandad del 92,3% en la población de *Tagelus dombeii* en el banco natural de Isla Blanca-Enapu (Chimbote), como consecuencia de las elevadas temperaturas registradas durante El Niño costero extraordinario ocurrido el 2017 y que superaron la tolerancia máxima de 25,1 °C determinado para la especie. Las mejores condiciones térmicas para el asentamiento larval y reclutamiento exitoso son de vital importancia para la sostenibilidad poblacional de *E. macha*, siendo para el área de Mar Brava las temperaturas comprendidas entre 15,5 y 17,5 °C los valores óptimos para el asentamiento y reclutamiento; similar al valor registrado de 17,5 °C durante la delimitación de bancos naturales en la Región Áncash (BERRÚ *et al.*, 2006), donde se determinó un 92,9% de pre-reclutas en el litoral de Huarmey; pudiendo establecerse tentativamente un valor mínimo de tolerancia térmica de 15 °C para la fase de asentamiento y reclutamiento.

Es por ello de vital importancia el seguimiento de las pesquerías y monitoreos permanentes para detectar estos impactos y estar en la capacidad de responder a los usuarios directos de los recursos como son los pescadores artesanales.

## 5. CONCLUSIONES

Entre octubre 2006 y noviembre 2008, se extrajeron 185 t de navaja en Mar Brava, con un promedio de 8,4 t/mes.

Las tallas de *E. macha* en las capturas comerciales variaron de 96 a 183 mm; mientras que, en las evaluaciones poblacionales variaron de 4 a 187 mm, registrando en su mayoría estructuras polimodales.

Se estimó una talla media de semilla en 54 mm de longitud valvar, presentando picos

principales de asentamiento durante los meses de junio, noviembre y diciembre.

*Ensis macha* desova durante todo el año, con picos importantes durante julio y agosto.

La población total de *E. macha* en el banco natural de Mar Brava varió de 0,30 a 2,29 millones de individuos, con densidades medias de 1,52 a 6,93 ind./m<sup>2</sup> durante el periodo 2008-2021.

La biomasa total de *E. macha* en el banco natural de Mar Brava varió de 11,5 a 62,7 toneladas durante el periodo 2008-2021.

Los máximos valores de población y biomasa estimados durante abril del 2019 estarían brindando un anticipo de la máxima capacidad de carga del sistema para *E. macha*.

El macrobentos dominante en el banco natural de *E. macha* figuran *Nassarius gayi*, *Pagurus villosus*, *Ophiophragmus stellatus*, *Sinum cymba* y *Renilla* sp. existiendo interacciones denso dependiente de todas ellas con *E. macha*, a excepción de *O. stellatus* y *Renilla* sp.

Ecológicamente, las poblaciones del macrobentos registraron dos tipos de interacciones: 1. "depredación" entre *N. gayi* y *E. macha* y "comensalismo" entre *N. gayi* y *P. villosus*.

Durante el periodo de estudio, el entorno de *E. macha* registró un amplio rango de temperatura que varió de 13,7 a 19,8 °C, siendo por ello una especie de gran tolerancia a las variaciones térmicas; mientras que, en el entorno de los ejemplares juveniles, la temperatura varió de 15,5 a 17,5°C.

A nivel del fondo marino, el oxígeno disuelto varió de 0,46 a 5,34 mL/L y la salinidad de 34,70 a 35,26 ups, mostrando con ello el rango de tolerancia y confort de la especie para estas variables.

## 6. REFERENCIAS

- ÁLAMO, V. & VALDIVIESO, V. (1997). *Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú*. Instituto del Mar del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1436>
- ARACENA, O., CARMONA, M. & MEDINA, L. (1998). *La navaja en la VIII Región* (Documento N°1, Proyecto FONDEF 96/1095). Instituto de Fomento Pesquero, Universidad de Concepción.
- ARGÜELLES, J., AGUILAR, S., ALFARO, S., BERRÚ, P., DE LA CRUZ, J., DONAYRE, S., FLORES, D., GALINDO, O., HOSTIA, P., RAMÍREZ, A., TAIPE, A., TEJADA, A., SANJINEZ, M., TORRES, E., ORDINOLA, E. & YAMASHIRO, C. (2011). Protocolo para la evaluación de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Inf Inst Mar Perú*, 38(4), 359-371. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2171>
- BAZIGOS, G. P. (1981). *El diseño de reconocimiento de pesca con redes de arrastre*. FAO. Com. Coord. Invest. Cient. (COCIC-CPPS), 24-28 noviembre 1980, Lima, Perú. Series Seminarios y Estudios.
- BERRÚ PAZ, P. & PEREA DE LA MATTA, A. (2019). El Niño Costero 2017: Impacto sobre población de *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) y estructura comunitaria del macrobentos en el banco natural de Isla Blanca-Enapu, Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 34(2), 369-384. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3398>
- BERRÚ PAZ, P., TRESIERRA AGUILAR, Á., GARCÍA NOLAZCO, V., CERVANTES RENJIFO, C., DOMÍNGUEZ OBREGÓN, N., VÁSQUEZ ESPINOZA, L. & TENORIO CALDERÓN, J. (2006). Identificación y delimitación de bancos naturales de invertebrados marinos, zonas de pesca artesanal y áreas propuestas para maricultura en el Litoral de la Región Ancash. *Inf Inst Mar Perú*, 33(4), 195-270. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1948>
- CADIMA, E. L. (2003). *Manual de Evaluación de Recursos Pesqueros* (Documento Técnico de Pesca. N° 393). FAO. <https://www.fao.org/3/x8498s/x8498s.pdf>
- CARRIT, D. E. & CARPENTER, J. H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater; A NASCO report. *Journal of Marine Research*, 24, 286-318. [https://elischolar.library.yale.edu/journal\\_of\\_marine\\_research/1077/](https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077/)
- CASO, M. E. (1962). Estudios sobre equinodermos de México. Contribución al conocimiento de los equinodermos de las Islas Revillagigedo. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 33(1-2), 293 - 330.
- CASTILLA, J. C. (1996). The small-scale fishery of the red sea urchin, *Loxechinus albus* (Molina, 1782), in Chile and the management and exploitation Area of "Caleta" el Quisco. *Out of the shell*, 5(2), 5-8. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/18277>
- COAN, E. V. & VALENTICH-SCOTT, P. (2012). *Bivalve seashells of Tropical West America. Marine Bivalve Mollusks from Baja California to Northern Peru*. Santa Barbara Museum of Natural History.
- CUBILLOS, L., CANALES, M., BUCAREY, D., ROJAS, A. & ALARCÓN, R. (1999). Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el período 1993-1997, en la zona centro-sur de Chile. *Investigaciones Marinas*, 27, 73-85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71781999002700008>
- ESPIÑOZA MELGAREJO, R. C. (2006). *Estructura y dinámica poblacional de Ensis macha (Molina, 1782) en bahía Independencia, Pisco, Perú, durante el periodo 2002-2004* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/814>
- KEEN, M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America* (2° ed). Stanford University Press.
- LÉPEZ GARCÍA, I. (2006). El cultivo de la navaja chilena *Ensis macha*. En M. Rey, J. Fernández, M. Izquierdo & A. Guerra (Eds.), *VIII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas* (pp. 347-349). Asociación Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. [https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/viii\\_foro\\_recursos\\_marinos.pdf](https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/viii_foro_recursos_marinos.pdf)
- MOSCOSO, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 27(1-2), 8-207. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2190>
- ORENSANZ, J. M., PARMA, A. M., JEREZ, G., BARAHONA, N., MONTECINOS, M. & ELÍAS, I. (2005). What are the key elements for the sustainability of "S-Fisheries"? Insights from South America. *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 527-556. <https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2005/00000076/00000002/art00017#>
- PULLIAM, H. R. (1988). Sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist*, 132(5), 652- 661.
- QUÍNE, M., TARAZONA, J. & BALAPATIÑO, A. (2003). Características de la estructura poblacional de *Pagurus villosus* (Nicolet, 1849) en Bahía Independencia, Pisco, Perú durante 1999. En *Libro de Resúmenes XII Reunión Científica ICBAR*. UNMSM.
- QUIÑONEZ, M. & MENDOZA, G. (2009). *Manual de prácticas de ecología de comunidades*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- SANJINEZ, N., TAIPE, A., BERRÚ, P. & ALFARO, S. (2016). Protocolo para muestreo biológico y biométrico de invertebrados marinos. *Inf. Inst. Mar Perú*, 43(4), 349-364. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3118>