

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
LABORATORIO COSTERO DE CAMANÁ



INFORME TÉCNICO

**EVALUACIÓN BIOLÓGICO-POBLACIONAL DEL RECURSO
ERIZO *Loxechinus albus* (Molina, 1782) EN EL LITORAL ROCOSO
ENTRE EL CHORAL Y LA PINGÜINERA (DISTRITO DE
ATICO, PROVINCIA DE CARAVELI),
AREQUIPA – 2022**



CAMANÁ, MARZO 2023



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

1. INTRODUCCION

En la región Arequipa, una de las principales zonas de extracción que sustenta el aprovechamiento del erizo rojo se encuentran en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera (distrito de Atico, provincia de Caraveli), la cual soporta una fuerte explotación registrada desde el año 1997 y ocupa el segundo lugar en contribuir al desembarque total de erizo de la región Arequipa. Es así que en el año 1997 (293 t) y 1998 (64,5 t) su aporte anual fue de 83%, y actualmente desde el 2011 (excepto el 2020 y 2021) ha variado entre el 5 % y 52%, que significó volúmenes de desembarque de erizo de 11 a 213 t. En el caso del año 2020 y 2021, los desembarques de erizo fueron escasos; originados principalmente por las restricciones de la emergencia sanitaria COVID 19 y también al hecho de que SANIPES restringió la emisión de DERs para zonas de pesca que aún no cuentan con una clasificación sanitaria. En términos generales, la información pesquera indica que el aprovechamiento del recurso erizo en esta zona ha sido sostenida en el tiempo, con volúmenes menores al año 1997); sin embargo, no se está considerando el esfuerzo pesquero de los buzos no embarcados, ya que muchas de estas extracciones de erizo no son desembarcadas en los muelles. Este hecho, entre otros, conllevaría a subestimar la fracción explotada de este recurso.

Teniendo en cuenta la relevancia de esta zona pesquera para el erizo, el escaso conocimiento de este stock sobre sus variaciones de abundancia local y considerando que solo se cuenta con información de desembarques y esfuerzo pesquero que está limitada a las temporadas de mayor extracción; el IMARPE inició estudios de evaluación directa para obtener información más detallada sobre los aspectos biológicos y poblacionales de éste stock en relación a las principales características de su entorno, con el fin de fortalecer y mejorar la sostenibilidad de esta especie y su pesquería en la mencionada zona.

En este contexto, el Laboratorio Costero de Camaná - IMARPE, realizó la “Evaluación biológico poblacional del erizo *Loxechinus albus* en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera (distrito de Atico, provincia de Caraveli)”, que se desarrolló del **31 de agosto al 02 setiembre y del 25 al 28 de octubre del 2022**; con el objetivo de evaluar los principales indicadores del estado actual del stock disponible de erizo sujeto a su entorno local; y a partir del cual brindar las recomendaciones de límites de captura permisible o cuotas para el manejo pesquero de esta especie.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

2. MATERIAL Y METODOS

2.1 Área de Estudio

La presente evaluación del recurso erizo se realizó en el litoral rocoso entre las localidades de El Choral ($73^{\circ}53'34,579''\text{O}$ - $16^{\circ}06'31.134''\text{S}$) y La Pingüinera ($73^{\circ}19'58,835''\text{O}$ - $16^{\circ}19'44,628''\text{S}$), zona en la que se desarrolla una importante actividad extractiva de erizo por parte de la flota marisquera artesanal proveniente de los puertos de Atico y Puerto Viejo.

Con fines de ejecución, considerando la información histórica de desembarques y frecuencia de uso de la flota marisquera dedicada a la extracción de erizo, el área de estudio fue dividida se dividió en 04 sectores, siendo delimitados de norte a sur de la siguiente manera (Figura 1):

- Sector A: entre $16^{\circ}06'31,134''\text{S}$ y $16^{\circ}10'54,753''\text{S}$
- Sector B: entre $16^{\circ}10'54,753''\text{S}$ y $16^{\circ}13'50,608''\text{S}$
- Sector C: entre $16^{\circ}13'50,608''\text{S}$ y $16^{\circ}16'47,954''\text{S}$
- Sector D: entre $16^{\circ}16'47,954''\text{S}$ y $16^{\circ}19'44,628''\text{S}$

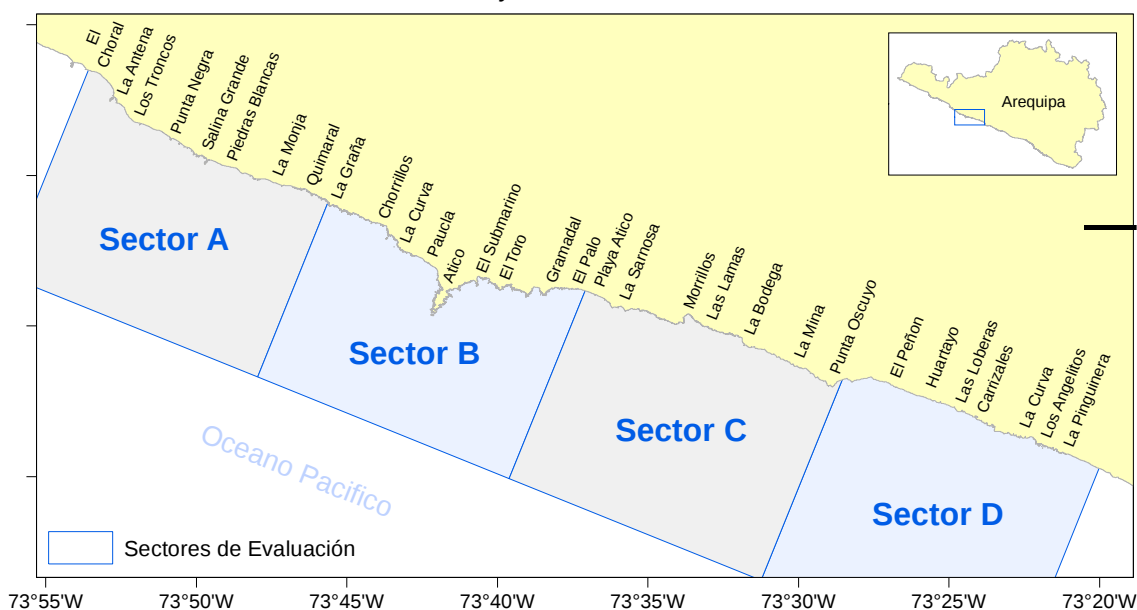


Figura 1. Cobertura geográfica del área de estudio, dividida en cuatro sectores (A, B, C y D).

2.2. Evaluación Biológica y Poblacional

2.2.1. Distribución, abundancia y biomasa

Con el fin de determinar la distribución espacial, abundancia, biomasa y estructura poblacional de *Loxechinus albus*, se aplicó un muestreo sistemático estratificado.



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Del total del área evaluable se seleccionó la franja litoral rocosa con características ecológicas favorables para el desarrollo de erizo (área habitable), estableciéndose transectos perpendiculares a la costa, equidistantes en aproximadamente 1300 m entre sí.

En cada transecto se situaron Unidades Básicas de Muestreo (UBM) de 40 m² de superficie (cuadrante de 20 m de largo x 2 m de ancho), en cuatro estratos de profundidad:

Estrato I: Entre 0 y 5 m de profundidad

Estrato II: Entre 5 y 10 m de profundidad

Estrato III: Entre 10 y 15 m de profundidad

Estrato IV: Profundidades superiores a 15 m

En cada Unidad Básica de Muestreo (UBM), un buzo marisquero local colectó de forma manual todos los ejemplares de erizo ubicados dentro del cuadrante. El material colectado se llevó en chinguillo a bordo de la embarcación, donde el personal científico contó y midió (mm) todos los ejemplares colectados, además de registrar el peso total de la muestra (g).

Simultáneamente, se registró información de la ubicación geográfica (posición inicial y final del cuadrante mediante un GPS portátil) y profundidad (inicio y fin del cuadrante, con el uso de una ecosonda portátil).

Este estudio se realizó con la participación de 02 embarcaciones marisqueras (provistas de buzo y personal científico especializado) para efectuar un muestreo por mar (07 días) y por orilla (01 día), realizándose un total de 155 unidades básicas de muestreo (UBM), distribuidas por sector y estrato (Tabla 1), cubriendo un área habitable de 15 845,26 km² (Tabla 2) (Anexo 1):

Tabla 1. Número de unidades básicas de muestreo (UBM) ejecutadas por sector y estrato de profundidad en toda el área evaluada

Sector	Estrato de Profundidad				TOTAL
	I	II	III	IV	
	< 5m	5-10m	10-15m	> 15m	
A	9	15	12	6	42
B	8	22	8	5	43
C	6	15	7	12	40
D	3	11	8	8	30
TOTAL	26	63	35	31	155





PERÚ

Ministerio
de la ProducciónIMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Tabla 2. Área habitable (km²) para el recurso erizo *L. albus*, distribuida por sector y estrato de profundidad en toda el área litoral evaluada

Sector	Estrato de Profundidad				Total
	I	II	III	IV	
	< 5m	5-10m	10-15m	> 15m	
A	1610,80	1856,46	1478,66	1154,32	6100,24
B	1367,67	1404,77	1319,94	951,61	5043,99
C	980,97	1050,07	990,70	543,98	3565,72
D	485,86	407,96	171,90	69,60	1135,31
Total	4445,29	4719,25	3961,20	2719,52	15845,26

La estimación de la abundancia poblacional y biomasa de *L. albus* para cada sector y estrato de profundidad se realizó mediante la aplicación del método de área barrida aplicada por Bazigos, 1981.

2.2.2. Estructura Poblacional por Tamaños

Para determinar la estructura poblacional por rango de tallas de erizo, se analizaron las medidas del diámetro de la testa (Dt) al milímetro inferior, de todos los ejemplares colectados en cada UBM.

La estructura por tallas observada se ponderó a la biomasa y abundancia estimada para cada sector y se calcularon algunos estadísticos descriptivos (media, moda, rango y % de ejemplares menores a la talla mínima de captura). Los resultados se muestran en histogramas de tallas agrupados en intervalos de 3 mm.

2.2.3. Estructura Poblacional por Edades

Para determinar la estructura por edades se aplicó la ecuación inversa de Von Bertalanffy y la transformación talla-edad (a partir de los parámetros de crecimiento $L_{inf} = 118$ mm, $k = 0,2$ año⁻¹) sobre la estructura por tallas, sin distinción de sexo y ponderada a la biomasa total. Cabe indicar que los valores de los parámetros de crecimiento fueron obtenidos de datos provenientes de investigaciones sobre esta misma especie en el litoral rocoso de las regiones Ica y Moquegua.

2.2.4. Relación Talla – Peso y Factor de Condición

De los ejemplares colectados en cada UBM, se tomaron muestras para ser analizadas en laboratorio, siguiendo el protocolo de muestreo de equinodermos (Galindo et al, 2016). Para determinar la relación del diámetro de la testa y peso total de los ejemplares, sin distinción del sexo, se empleó el modelo de ajuste potencial, definido por la ecuación (adaptada de Ogle, 2016):

$$Pt_i = \alpha * Dt_i^\beta 10^{\varepsilon_i}$$

Donde:





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Pt_i = Peso total del individuo i .

Dt_i = Diámetro de la testa sin púas del individuo i .

α y β = Parámetros de ajuste de la función

10^{ε_i} = Error multiplicativo del individuo i .

Con el modelo resultante se realizaron los cálculos de biomasa estructurada por tallas, a partir de la ponderación de la estructura por tallas de la muestra.

Con el fin de conocer la condición somática de erizo y sus variaciones espaciales, se calculó el Factor de Condición (FC) de Fulton de los ejemplares analizados, que fueron agrupados en cinco rangos de talla (<25 mm, de 26 a 50 mm, de 51 a 70 mm, de 71 a 90 y >90 mm), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FC_i = \frac{Pt_i}{Dt_i^3} * 10^4$$

Donde:

Pt_i = Peso total del individuo i .

Dt_i = Diámetro de la testa del individuo i .

10^4 = Constante (similar a lo aplicado por Arana 2005)

2.2.5. Aspectos Reproductivos

De los datos de peso total $PT_i(g)$ y el peso húmedo de las cinco gónadas $PG_i(g)$, se estimó el Índice Gonadosomático (IGS_i) de erizo y sus respectivas variaciones latitudinales, a partir de la siguiente expresión:

$$IGS_i = \frac{PG_i}{PT_i} * 100$$

Donde:

PG_i = Peso de la gónada del individuo i

PT_i = Peso total del individuo i

2.3. Aspectos Oceanográficos

En cada UBM se registró la Temperatura Superficial del Mar (TSM), mediante el empleo de un termómetro de mercurio (0.1°C) protegido.

2.4. Perspectivas de Explotación y Manejo Pesquero

Con la finalidad de dar mayor alcance a los resultados de esta evaluación se realizaron proyecciones de pesca de corto plazo (1 año), para determinar los niveles de esfuerzo pesquero adecuados para la próxima temporada de extracción, que permitan el aprovechamiento sostenible del stock de erizo entre las localidades del Choral y La Pingüinera.





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Proyecciones de Pesca de Corto Plazo

Para estimar las proyecciones de pesca, estableciéndose cuotas de captura permisible, en función a diferentes tasas de mortalidad por pesca, se procedió a:

- Primero se estimaron los puntos de referencia biológicos de F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{30\%}$ y $F_{40\%}$ ¹, para esto se aplicó el modelo de Rendimiento por Recluta (Y/R) de Beverton y Holt (1957) en función a los datos de tallas obtenidas en la evaluación y de diferentes valores de mortalidad por pesca (F).
- Segundo, a partir de los puntos de referencia biológicos obtenidos se proyectaron diferentes escenarios de rendimiento de pesca, utilizando el modelo de Thompson y Bell (1934). Para estas proyecciones de corto plazo se utilizaron las siguientes variables:
 - a) Matriz de N_i : estructura inicial por grupos de edad resultante de esta evaluación.
 - b) W_i Stock: Peso por edad del stock, calculado a partir de los parámetros de talla - peso calculados en este estudio.
 - c) M : tasa instantánea de mortalidad natural (0,34 año⁻¹), constante para todos los grupos de edad (Anexo 2).
 - d) Parámetros de crecimiento: $L_{inf} = 118$ mm; $k = 0,2$ año⁻¹.
- Finalmente, con la aplicación de las ecuaciones de sobrevivencia ($N_{t+1} = N_t * e^{-(Z)}$) y de captura ($C_t = (F / (Z)) * (1 - \exp(-F-M)) * N_t$) se estimó el rendimiento (Y) de erizo bajo diferentes escenarios o puntos de referencias biológicos para la siguiente temporada de pesca 2023 para la zona entre El Choral y La Pinguinera.



3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Evaluación Biológica y Poblacional

3.1.1. Distribución, Abundancia y Biomasa

El erizo *L. albus* se encontró distribuido en toda el área evaluada entre los 2 y 13 m de profundidad, con presencia en el 34,83 % del total de UBM, con una densidad media total de 1,50 ($\pm 0,49$) ind/m² (Tabla 3).

¹ F_{max} : es el valor de F en el punto donde la curva alcanza el máximo rendimiento por recluta (R/Y).

$F_{0.1}$: es el valor de F en el punto donde la pendiente de la curva de rendimiento por recluta es 0.1 de la pendiente en el punto donde F es 0 (pendiente inicial).

$F_{30\%}$: es el valor de F al que la biomasa alcanza el 30% de la biomasa inicial.

$F_{40\%}$ es el valor de F al que la biomasa alcanza el 40% de la biomasa inicial.



**PERÚ**Ministerio
de la Producción**IMARPE**
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Por sectores (Tablas 3), la mayor densidad se ubicó en el sector A y B, entre El Choral y El Palo) entre profundidades de 2 a 9,9 m (estratos I y II), principalmente en la zona más somera de ambos sectores A (estrato I = 2,36 ind/ m²) y B (estrato I = 3,61 ind/m²); y la menor densidad en el sector C (entre Playa Atico y Punta Oscuyo), con un nivel medio de densidad que varió por estrato de profundidad de 0,00 a 0,80 ind/m² (Tabla 3).

Tabla 3. Densidad media (ind/m²) de erizo *L. albus*, por sector y estrato de profundidad en el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022

Sector	Estrato de Profundidad				Total
	I	II	III	IV	
	< 5m	5-10m	10-15m	> 15m	
A	2,36	0,68	0,00	0,00	1,31
B	3,61	1,93	0,00	0,00	2,47
C	0,80	0,24	0,05	0,00	0,32
D	1.32	1.88	0.00	0.00	1.74
Total	2.30	1.16	0.05	0.00	1.50

La biomasa total de erizo, en el total del área habitable, se estimó en **594.89 t** ($\pm 27.54\%$) equivalente a 15.19 millones de individuos. Aproximadamente el 77.4% del total de la biomasa estimada se ubica entre los 2 y 9.9 m de profundidad del sector A y B (Tabla 4).

Tabla 4. Biomasa (t) estimada de erizo *L. albus*, distribuida por sector y estrato de profundidad en el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022

Sector	Estrato de Profundidad				Total
	I	II	III	IV	
	< 5m	5-10m	10-15m	> 15m	
A	146,76	51,67	0,00	0,00	198,43
B	153,65	108,15	0,00	0,00	261,80
C	50,07	18,02	1,24	0,00	69,33
D	30,06	35,27	0,00	0,00	65,33
Total	380,54	213,11	1,24	0,00	594,89

3.1.2. Estructura por Tamaños

En general, la población total estimada de *Loxechinus albus* en el área evaluada, estuvo constituida por ejemplares entre 11 y 116 mm de diámetro de la testa, con una media de 38,52 mm, una moda principal en 36 mm y el 94,26 % de ejemplares con tallas menores a 70 mm (TMC) (Figura 4).



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

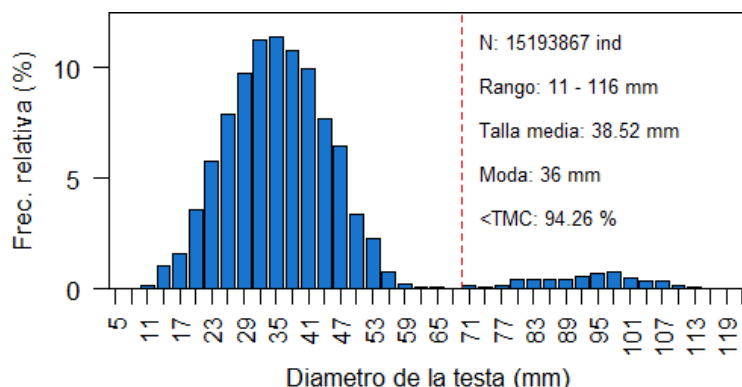


Figura 2, Estructura por tallas (diámetro de la testa, mm) de erizo *L. albus* en toda el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022

Por sector, en el sector A, donde se ubicó el 33,4% de la biomasa total estimada, el erizo alcanzó tallas de 11 a 113 mm, con talla media de 38,48 mm, moda principal de 41 mm y un 94,22% de ejemplares menores a la TMC. En el sector B, donde se observó el 44,0% de la biomasa total, la población presentó ejemplares de 11 a 116 mm, con una talla media de 37,18 mm, moda principal en 32 mm y un 95,94% de ejemplares menores a 70 mm (TMC). En el sector C, tallas variaron de 14 a 107 mm, con talla media de 48,45 mm, moda principal en 50 mm y un 91,96% de ejemplares menores a la TMC. En el sector D, la población mostró ejemplares de 14 a 107 mm, con una talla media de 39,05 mm, moda principal en 35 mm y un 88,13% de ejemplares menores a 70 mm (TMC) (Figura 3).

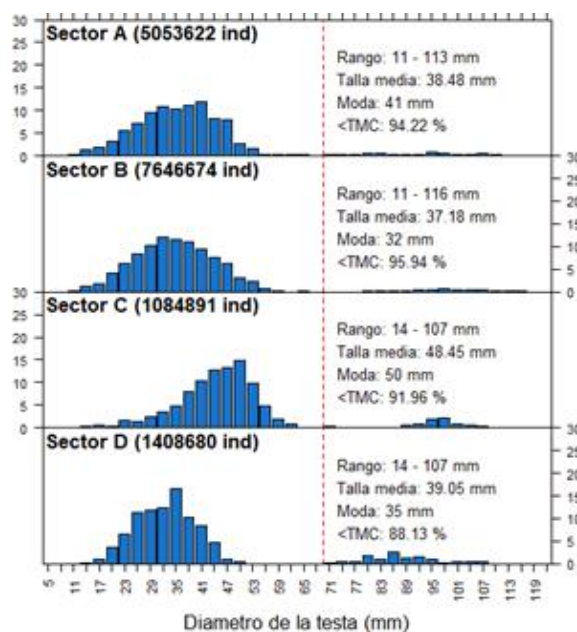


Figura 3. Estructura por tamaños de erizo ponderados a la biomasa total, por sector en área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

3.1.3. Estructura por Edades

Las edades de erizo estimadas comprendieron entre 0 y 10+ años, siendo los de 1 y 2 años los más representativos, agrupando en conjunto al 86,03% del total de la población observada (Figura 4).

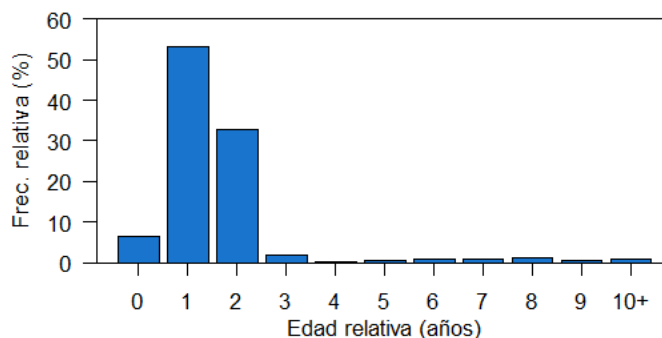


Figura 4, Estructura por grupos de edad de erizo en el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022

3.1.4. Relación Talla - Peso

La relación talla - peso total (g) del erizo para toda el área evaluada, en base al análisis de 1154 ejemplares, sin distinción de sexo, mostró un valor de pendiente de 2.773 (a=0,001 y $r^2 = 0,9893$) (Figura 5).

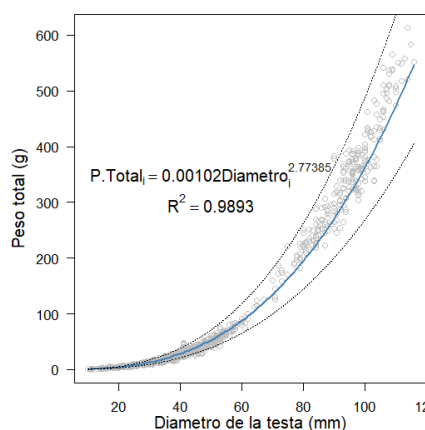


Figura 5. Relación diámetro de la testa (mm) y Peso total (g) de erizo en el área litoral evaluada

3.1.4. Factor de Condición

En esta evaluación, el Factor de Condición de Fulton (FC) del erizo mostró un promedio global de $4,47 (\pm 0,057)$, observándose los promedios más altos en el sector A ($4,88 \pm 0,13$) y D ($4,56 \pm 0,08$), seguido por el B ($4,45 \pm 0,10$) y C ($3,84 \pm 0,06$) (Figura 6).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Por rango de tallas, el grupo de tallas $\leq 25\text{mm}$ mostró una condición somática superior a los de mayor talla, a excepción del Sector C, cuyo FC medio fue menor (3,961) al promedio total (Figura 6).

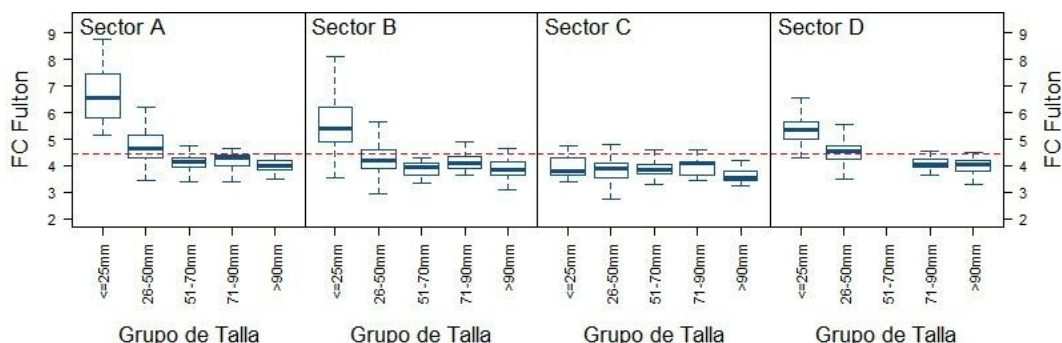


Figura 6. Diagrama de caja de los valores de Factor de Condición de *L. albus* por sector y grupo de talla en el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022. La línea punteada representa el valor medio

3.1.5. Aspectos Reproductivos

El índice gonadosomático (IGS) de los ejemplares de erizo, sin distinción de sexo, tuvo un valor medio total de $6,28 \pm 0,39\%$; observándose en el sector A y C con valores de IGS superiores a los demás sectores. En todos los sectores, los mayores IGS se dieron en erizos con tallas mayores a 70 mm (Figura 7), a excepción del sector B.

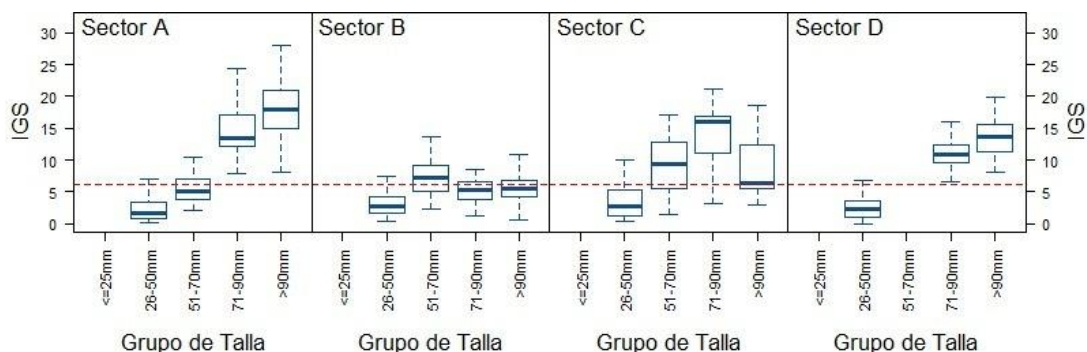


Figura 7. Diagrama de caja de la variación del IGS) de erizo *L. albus* por sector y grupo de talla en el área evaluada entre Choral y La Pinguinera, agosto 2022. La línea punteada representa el valor medio

3.2. Aspectos Oceanográficos

La temperatura superficial del Mar (TSM) fluctuó entre $12,0$ y $15,2$ °C, con un promedio total de $13,2$ °C, favoreciendo una gradiente térmica positiva de norte a sur (Figura 8).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

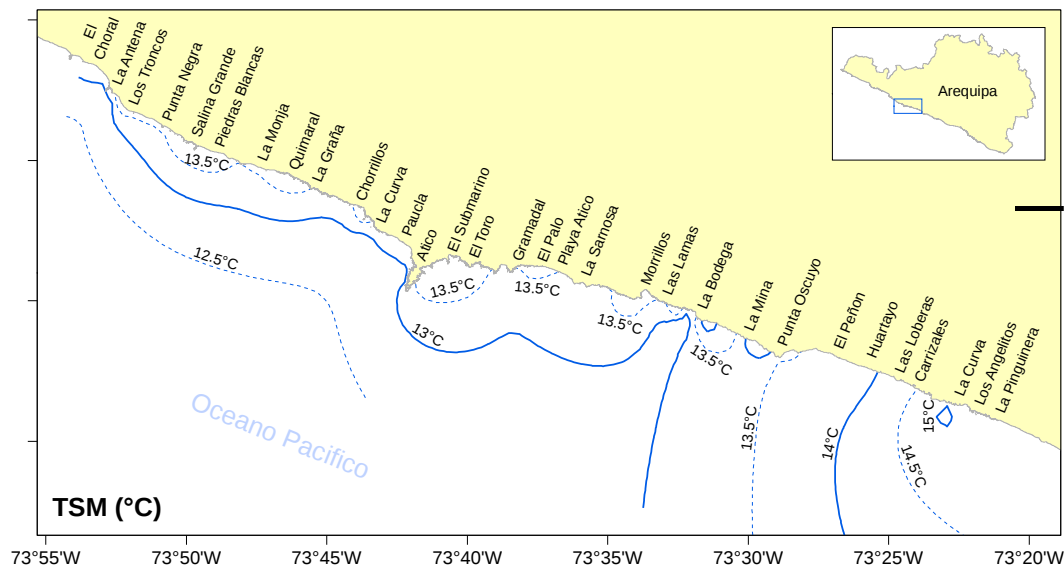


Figura 8, Distribución de la temperatura superficial del mar TSM (°C), en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera, agosto 2022

3.3. Perspectivas de Explotación y Manejo Pesquero

Puntos de referencia biológicos (PRB)

Los puntos de referencia biológico de F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{30\%}$ y $F_{40\%}$, basados en diferentes valores de mortalidad natural (M), resultantes del modelo de rendimiento por recluta se muestran en la Figura 9 y Tabla 5.

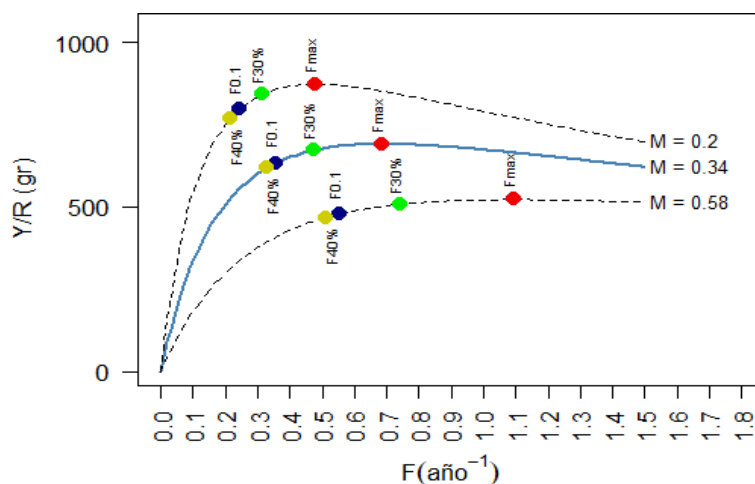


Figura 9, Modelo de Beverton y Holt (1957) de Rendimiento por Recluta (Y/R) en base a tallas de *L. albus*, con valores de F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{30\%}$ y $F_{40\%}$ estimados a partir de valores de M . La línea azul muestra la estimación media y las líneas punteadas los valores superior e inferior respectivamente

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Tabla 6. Tasas de mortalidad por pesca (F_{max} , $F_{0,1}$, $F_{30\%}$ y $F_{40\%}$), estimadas a partir de diferentes valores de M año⁻¹

M	F_{max}	$F_{0,1}$	$F_{30\%}$	$F_{40\%}$
0,20	0,48	0,24	0,32	0,22
0,34	0,69	0,36	0,48	0,33
0,58	1,09	0,55	0,74	0,51

Proyecciones de pesca corto plazo

A continuación, se presenta las proyecciones de pesca de erizo a corto plazo, bajo diferentes escenarios de pesca o puntos de referencia biológicos (PRB) (Figura 10 y Tabla 7):

Con un PRB de F_{max} (0,69 año⁻¹), el rendimiento medio es de 115,78 t, equivalente a 6,54 millones de individuos con un patrón de explotación (F/Z) de 0,67 año⁻¹, con una biomasa desovante sobreviviente al final de la temporada de pesca de ~ 254 t.

Tomando un PRB de $F_{0,1}$ (0,36 año⁻¹), el rendimiento medio se estima en 69,42 t, equivalente a 3,92 millones de individuos, con un patrón de explotación de 0,52 año⁻¹ y una biomasa resultante de ~ 292 t.

Si consideramos a $F_{40\%}$ como PRB, el rendimiento de la flota no debería pasar de 64,43 t, equivalente a 3,64 millones de erizos adultos, con un patrón de explotación de 0,49 y con una biomasa sobreviviente de ~296 t.

Finalmente, si consideramos a $F_{30\%}$ como PRB, el rendimiento de la flota no debería pasar de 87,58 t, equivalente a 4,95 millones de adultos, con patrón de explotación de 0,59 y una biomasa sobreviviente de ~277 t.

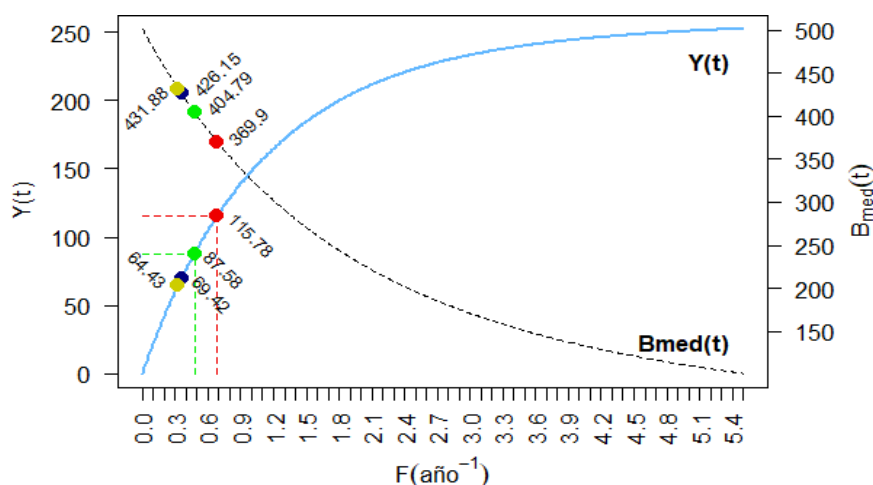


Figura 10. Proyección de rendimiento (Y) y Biomasa media (B_{med}) de corto plazo, a partir de diferentes valores de F

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Tabla 7. Niveles de captura (C), rendimiento (Y), patrón de explotación (E) y biomasa (B) media de erizo, resultante de las proyecciones e corto plazo de la población de erizo en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera

PRB	F	C	Y (t)	E	B _{med} (t)	SSB _{med} (t)
F _{max}	0,48	4981631	88,18	0,59	404,07	276,97
	0,69	6540569	115,78	0,67	369,90	253,55
	1,09	8842687	156,53	0,77	314,40	215,51
F _{0,1}	0,24	2798544	49,54	0,42	448,71	307,57
	0,36	3921316	69,42	0,52	426,15	292,11
	0,55	5583281	98,84	0,62	391,14	268,11
F _{40%}	0,22	2527822	44,75	0,39	454,03	311,22
	0,33	3639812	64,43	0,49	431,88	296,04
	0,51	5246984	92,88	0,60	398,40	273,09
F _{30%}	0,32	3530366	62,49	0,49	434,10	297,56
	0,48	4947293	87,58	0,59	404,79	277,47
	0,74	6897571	122,10	0,69	361,74	247,96

Los PRB obtenidos representan diferentes estrategias de manejo a decidir con riesgos que se menciona a continuación. El F_{max} (compatible con el F_{MRS} en el que la mortalidad por pesca alcanza el máximo rendimiento sostenible MRS, (Sparre y Venema, 1997)), según recientes investigaciones indican que está siempre por encima del valor real del MRS (Haddon, 2011) y que su uso llevaría al colapso de una pesquería manejada con este criterio. Por otro lado, el $F_{0,1}$, representa un punto de referencia más estable y que podría ser adoptado como el de menor riesgo de depleción de un recurso pesquero (Punt y Smith, 2001); sin embargo, los bajos niveles de captura permisible no son compatibles con los objetivos económicos de una pesquería, generando incompatibilidades con las estrategias de manejo. En cuanto al $F_{30\%}$, que considera como objetivo conservar niveles de biomasa reproductora sobreviviente que aseguren el proceso de reclutamiento y crecimiento poblacional, es una alternativa viable que permita tomar un riesgo medio superior al $F_{0,1}$ y $F_{40\%}$, sin asumir los riesgos del valor máximo (F_{max}).

Teniendo presente los riesgos citados anteriormente, es recomendable seguir las perspectivas de extracción en base a un PRB de $F_{30\%}$. En ese sentido, para la temporada de pesca 2023 del erizo *L. albus* para el área evaluada entre El Choral (73°53'34,579"O - 16°06'31,134"S) y La Pingüinera (73°19'58,835"O - 16°19'44,628"S), el límite máximo de captura total (LMCP), no debe sobrepasar de 87,58 t, compuestas por ejemplares tallas superiores a 70 mm (TMC). Esta captura recomendada de 87,58 t, por sectores (en base a la biomasa estimada para cada sector) se muestran en la tabla 8 y figura 11.

Tabla 8. Distribución de la Biomasa (t) estimada y el rendimiento Y (t) a partir de $F_{30\%}$, resultante de las proyecciones de corto plazo de la población de erizo en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Sector	Límite Norte		Límite Sur		Biomasa (t)	YF30% (t)
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
A	73°53'34,579"O	16°06'31,134"S	73°45'38,244"O	16°10'54,753"S	198,43	28,60
B	73°45'38,244"O	16°10'54,753"S	73°37'04,162"O	16°13'50,608"S	261,80	35,46
C	73°37'04,162"O	16°13'50,608"S	73°28'32,947"O	16°16'47,954"S	69,33	9,36
D	73°28'32,947"O	16°16'47,954"S	73°19'58,835"O	16°19'44,628"S	65,33	14,15
Total	73°53'34,579"O	16°06'31,134"S	73°19'58,835"O	16°19'44,628"S	594,89	87,58

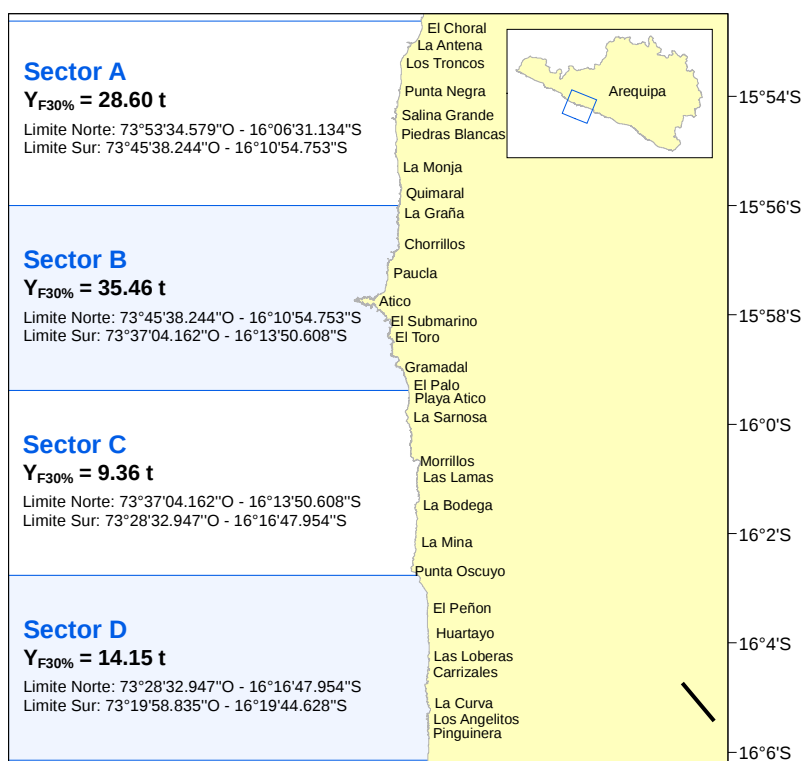


Figura 11. Distribución del rendimiento Y (t) a partir de $F_{30\%}$, resultante de las proyecciones de corto plazo de la población de erizo en el litoral rocoso entre El Choral y La Pingüinera

4. CONCLUSIONES

- En el litoral rocoso entre las localidades de El Choral (73°53'34,579"O - 16°06'31,134"S) y La Pingüinera (73°19'58,835"O - 16°19'44,628"S), provincia de Caravelí, región Arequipa, el erizo *L. albus* presentó sus mayores niveles de concentración en el sector A y B, entre profundidades de 2 y 9,9 m.
- La biomasa total de erizo *L. albus*, para el total del área habitable, se estimó en 594,89 t ($\pm 27,54\%$) equivalente a 15,19 millones de individuos y siendo el 77,4% de esta



PERÚ

Ministerio
de la ProducciónIMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

biomasa ubicada entre los 2 y 9,9 m de profundidad del sector A y B (entre El Choral y El Palo).

- La población del erizo evaluada estuvo estructurada por erizos entre 11 y 116 mm de diámetro de la testa, con talla media de 38,52 mm, cuya moda principal corresponde al grupo de 36 mm.
- Con fines de manejo pesquero y precautorio, el límite máximo de captura permisible (LMCP) de erizo para la temporada 2023, se debe basar en un PRB de $F_{30\%}$, cuya estimación es de 87,58 toneladas.

5. RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de adoptar estrategias de manejo pesquero que coadyuven a la sostenibilidad del erizo *L. albus*, y de conformidad con el Reglamento de Ordenamiento Pesquero (ROP) de recursos invertebrados marinos bentónicos (D.S. N° 018-2021-PRODUCE), se recomienda que, durante la próxima temporada de pesca 2023, la captura total de erizo entre las localidades de El Choral (73°53'34,579"O - 16°06'31,134"S) y La Pingüinera (73°19'58,835"O - 16°19'44,628"S), no sobrepase las **87,58 t** (Límite Máximo de Captura Permisible - LMCP), compuestas de ejemplares con tallas mayores a 70 mm de diámetro de la testa (TMC); siendo este límite de captura sectorizada de la siguiente manera:

Sector	Límite Norte		Límite Sur		LMCP (t)
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
A	73°53'34,579"O	16°06'31,134"S	73°45'38,244"O	16°10'54,753"S	28,60
B	73°45'38,244"O	16°10'54,753"S	73°37'04,162"O	16°13'50,608"S	35,46
C	73°37'04,162"O	16°13'50,608"S	73°28'32,947"O	16°16'47,954"S	9,36
D	73°28'32,947"O	16°16'47,954"S	73°19'58,835"O	16°19'44,628"S	14,15
Total	73°53'34,579"O	16°06'31,134"S	73°19'58,835"O	16°19'44,628"S	87,58

- Promover las actividades de control y vigilancia que contribuyan al cumplimiento de las medidas de ordenamiento a través de estrategias de capacitación dirigidas a los pescadores artesanales, así como la declaración de información de la extracción de erizo desarrollada por pescadores de orilla.

Camaná, Marzo del 2023

Lab, Costero de Camaná - IMARPE: SLP/ MQR
AFIIMM: EEL/AGS





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

6. REFERENCIAS

- ARANA, P, 2005, Demografía y pesquería del erizo *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinidae) en la región sur-austral de Chile, Rev, Biol, Trop, (Int, J, Trop, Biol, ISSN-0034-7744) Vol, 53 (Suppl, 3): 367-382.
- 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, CPPS, Series Seminarios y Estudios, 3:1-17.
- BENDITA, H, 2016, Determinación del ciclo reproductivo del "Erizo verde" *Loxechinus albus* asociados a periodos estacionales en la zona de Punta de coles - Ilo, 2015, Tesis para optar por el título de Ingeniero pesquero, Universidad Nacional de Moquegua, Perú, 89 pp.
- BEVERTON, R,J,H, y S,J, HOLT, 1957 On the dynamics of exploited fish populations, Fish, Invest, Minist, Agric, Fish, Food G,B, (2 Sea Fish), 19:533 p.
- GUISO, CH,, E, ARIAS, E, PÉREZ, F, GALLEGUILLOS y M, VALDEBENITO, 1998, Estudio reproductivo del erizo en las regiones I a VIII, Informe Final, FIP N° 96-44- 233 pp,
- HADDON, M, 2011, Modelling and Quantitative Methods in Fisheries, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group LLC, 433 pp.
- HILBORN, R, y C,J, WALTERS, 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment - Choice, Dynamics and Uncertainty, Chapman and Hall, New York.
- OGLE, D,H, 2016, Introductory Fisheries Analyses with R, Champan y Hall /CRC. The R Series, 1st Edition, 305 pp.
- PAULY, D, 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks, J, Cons, CIEM, 39(2):175-92.
- PUNT, A,E, y A,D,M, SMITH, 2001. The gospel of maximum sustainable yield in fisheries management: birth, crucifixion and reincarnation, In J, Reynolds, G,M, Mace, K,H, Redford & J,G, Robinson, eds,, Conservation of Exploited Species, 41-66, Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom),
- RIKHTER, V,A, y V,N, EFANOV, 1976, On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations, ICNAF Res, Doc, 76/VI/ 8, 12 pp.
- SPARRE, P,y S,C, VENEMA, 1998. Introduction to tropical fish stock assessment, Part 1: Manual, FAO Fisheries Technical Paper 306: 1-337.
- STOTZ, W,B, 2004. Sea-urchin fisheries: a Chilean perspective, In: Lawrence, J,M,, Guzmán, O, (Eds,,), Sea Urchins: Fisheries and Ecology, DEStech Publications Inc, Lancaster, Pennsylvania, pp, 3-17,
- TAYLOR, C, 1958, Cod growth and temperature, Journal du Conseil International pour l' Exploration de la Mer 23: 366-70.
- THOMPSON, W, F, y F, H, BELL, 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery, 2, Effect of changes in intensity upon total and yield per unit of gear, Rep, Int, Fish, (Pacific Halibut) Comm,, 8: 49 p,
- VASQUEZ J,A,y G,A, DONOSO, 2013, *Loxechinus albus* en: Sea Urchins: Biology and Ecology, Editor: John Miller Lawrence, pp, 285-296.
- YAMASHIRO, C,, C, BENITES, J, ZEBALLOS Y R, TAFUR, 1996. Algunos aspectos biológico-pesqueros del recurso erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782), Inf, Prog, Inst, Mar Perú N° 38, pp, 31-46.



7. PERSONAL PARTICIPANTE

COORDINACION GENERAL

Ing. Marco Antonio Quiroz Ruiz Coordinador del Laboratorio Costero de Camaná

EVALUACION BIOLOGICO-POBLACIONAL

Blgo, Stevens Nils Lucero Perez

Ing. Pesq, Roger Saul Muñoz Quispe

Ing. Quim, Jorge Alonso del Aguila Rivera

Blgo, Aldrin Monroy Rospigliosi

Ing. Pesq, Juan Jose Chambilla Llanos

Blgo, Pesq, Sarita Virginia Campos Leon

Ing. Pesq, Juan Ysidoro Hernandez Elias





PERÚ

Ministerio
de la ProducciónIMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ANEXO 1

Estimación del Área Habitable (AH):

Con la finalidad de estimar el área habitable de erizo, dentro del área total de estudio, se elaboró un modelo batimétrico digital (MBD) de alta resolución (5 metros), a partir de datos de sondeos batimétricos obtenidos en esta evaluación (Ecosonda portátil GPSmap 521 GARMIN), complementados y fusionados con data batimétrica proveniente de diferentes actividades de investigación realizadas por el Laboratorio Costero de Camaná y datos de la base GEBCO (<http://www.gebco.net/>). Asimismo, a partir de información visual y registro fotográfico colectado en cada estación de muestreo, se construyó un modelo estratigráfico digital (MED), validado de acuerdo al criterio de clasificación de Udden – Wentworth (Φ) y reclasificada en fondo rocoso y arenoso.

A partir de MBD y del MED, la selección del área habitable de erizo se realizó a partir de los siguientes criterios: i) registros de presencia de recurso a partir de observaciones previas (provenientes de la actividad pesquera y/u observaciones de investigaciones anteriores), ii) condiciones ambientales favorables (profundidad, tipo de fondo, inclinación, etc.) y iii) distribución de *Lessonia trabeculata* y/o biota asociada.

Utilizando el programa MaxEnt versión 3,3,1, se obtuvo el mapa de distribución de probabilidades, aplicando un umbral de corte de acuerdo a la presencia mínima de puntos con las características seleccionadas (Minimum training presence). El modelo de distribución obtenido fue exportado a formato TIFF y posteriormente segmentado de acuerdo a la delimitación latitudinal de los sectores de evaluación, El área habitable (m²) por sector se estimó mediante las herramientas del módulo ArcMap v10,4.

ANEXO 2

Estimación de la Tasa de Mortalidad Natural (M)

En ausencia de estimaciones de la tasa de mortalidad natural (M) de *Loxechinus albus*, basados en observaciones directas en el sur de Perú, se realizaron estimaciones basadas en la aplicación de modelos empíricos: Pauly (1980) y Rikhter y Efanov (1976), Hoening (1983), Taylor (1958), Brey y Gage (1997), obteniendo valores de M que oscilaron entre 0,2 año⁻¹ a 0,58 año⁻¹.

Los parámetros de crecimiento usados fueron $L_{inf} = 118 \text{ mm}$ y $k = 0,2 \text{ año}^{-1}$ (estimados a partir de datos de frecuencia de longitud del banco natural de Punta Coles en Ilo – Moquegua). La edad media de primera madurez ($Tm_{50\%}$) se dedujo de las estimaciones de talla media de primera madurez de Guisado (1998) en el norte de Chile y de Bendita (2016) en Ilo-Moquegua-Perú (~50 mm). A partir de estas estimaciones se calculó una tasa de mortalidad natural (M) promedio de 0,34 año⁻¹ (Tabla 5).

Tabla 5. Tasa instantánea de mortalidad natural promedio (M) de erizo, basada en estimaciones realizadas a partir de modelos empíricos

Modelo	M (año ⁻¹)	Datos de Entrada
Pauly (1980)	0,34	$L_{inf} = 118,7$; $k = 0,2$; $T^{\circ} = 17^{\circ}\text{C}$
Rikhter y Efanov (1976)	0,58	$Tm_{50\%} = 2,76 \text{ años (50 mm)}$
Hoening (1983)	0,3	$T_{max} = 15 \text{ años}$
Taylor (1958)	0,2	$k = 0,2$ $t_0 = 0$
Brey y Gage (1997)	0,26	$k = 0,2$
Valor Promedio	0,34	

