

VARIACIÓN TEMPORAL DE LA MADUREZ GONADAL E ÍNDICE GONADOSOMÁTICO EN *Patallus mollis* (ANCOCO), COMO INDICADORES DE SU CICLO DE DESOVE, EN PROVINCIA DE EL SANTA-ÁNCASH, 2018 -2019

TEMPORAL VARIATION OF GONADAL MATURITY AND GONADOSOMATIC INDEX IN *Patallus mollis*, AS INDICATORS OF ITS DEVELOPMENT CYCLE, IN THE SANTA PROVINCE, ÁNCASH REGION (2018 -2019)

Pedro Berrú Paz¹

Jhonatan Ríos Peña

RESUMEN

BERRÚ PAZ, P. & RÍOS PEÑA, J. (2024). Variación temporal de la madurez gonadal e índice gonadosomático en *Patallus mollis* (ancoco), como indicadores de su ciclo de desove, en provincia de El Santa-Áncash, 2018-2019. *Inf Inst Mar Perú* 51(2): 136-146.- *Patallus mollis* "ancoco" es un equinodermo marino que se extrae regularmente en el litoral de Áncash para ser exportado, principalmente, a países asiáticos. Su explotación indiscriminada ha generado pérdidas locales y disminución abrupta de sus capturas en los últimos diez años, generando por ello, la necesidad de conocer su ciclo de desove y algunos indicadores biológicos con el fin de crear herramientas adecuadas para su manejo. Se analiza mensual y estacionalmente la información biométrica y biológica, recogida durante los años 2018 y 2019 de la provincia de El Santa en la Región Áncash, con el fin de determinar algunos aspectos como estructura de tallas, ciclo de desove, talla media de madurez y relación longitud-peso. El rango de tallas de *P. mollis* varió de 50 a 320 mm de longitud, presentando estructura multimodal con modas mensuales más frecuentes en 125, 145, 155 y 165 mm de longitud de cuerpo. El análisis gonadal en su fracción desovante, destacó que la especie se reproduce durante todo el año, con valores mensuales que variaron de 65 a 100%, registrándose un pico importante de desove de junio a julio y otro secundario en noviembre y diciembre. El análisis del índice gonadosomático presentó mayores valores durante mayo-junio y noviembre-diciembre. La relación Longitud-Peso fue explicada por una función de potencia, con un r^2 estacional de 0,734 a 0,794 y crecimiento de tipo alométrico negativo ($b < 3,00$), estimándose la talla media de madurez gonadal en 167 mm de longitud y 96 gr de peso. Debido a la ausencia de estudios sobre biología reproductiva mediante histología de *P. mollis* en la Región, y ante la incertidumbre del estado poblacional del recurso en todo el litoral de Áncash y, al amparo del "enfoque precautorio" estipulado por FAO 1997, se sugiere adoptar preliminarmente veda reproductiva de junio a julio y establecer la talla mínima de extracción en 167 mm y/o 96 gr de peso para tratar de revertir la presión de pesca, hasta que la continuidad de los estudios, demuestren su recuperación poblacional.

PALABRAS CLAVE: *Patallus mollis*, estructura de tallas, ciclo de desove, índice gonadosomático, Región Áncash

ABSTRACT

BERRÚ PAZ, P. & RÍOS PEÑA, J. (2024). Temporal variation of gonadal maturity and gonadosomatic index in *Patallus mollis*, as indicators of its development cycle, in the Santa province, Áncash Region (2018-2019). *Inf Inst Mar Peru* 51(2): 136-146.- *Patallus mollis* is a marine echinoderm harvested regularly along the Áncash coast for export, primarily to Asian countries. Over the past decade, indiscriminate exploitation has led to local population declines and a significant decrease in catch volumes, highlighting the need to understand its spawning cycle and key biological indicators for better management. This study analyzes monthly and seasonal biometric and biological data collected in 2018 and 2019 from El Santa Province in the Áncash Region to determine aspects such as size structure, spawning cycle, average maturity size, and length-to-weight ratio. The size range of *P. mollis* varied from 50 to 320 mm in length, exhibiting a multimodal structure with the most frequent monthly modes at 125-, 145-, 155-, and 165-mm. Gonadal analysis revealed that the species reproduces throughout the year, with monthly values ranging from 65 to 100%, showing a significant spawning peak from June to July and a secondary peak in November and December. The gonadosomatic index (GSI) presented higher values during May-June and November-December. The length-to-weight ratio followed a power function, with a seasonal r^2 of 0.734 to 0.794 and negative allometric growth ($b < 3.00$). The average size at gonadal maturity was estimated to be 167 mm in length and 96 g in weight. Given the lack of reproductive biology studies using histology for *P. mollis* in the Region and the uncertainty regarding the resource's population status along the entire Áncash coast, and in line with the "precautionary approach" stipulated by FAO 1997, it is recommended to preliminarily adopt a reproductive ban from June to July and establish a minimum extraction size of 167 mm and/or 96 g to mitigate fishing pressure until further studies indicate population recovery.

KEYWORDS: *Patallus mollis*, size structure, spawning cycle, gonadosomatic index, Áncash Region

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Chimbote, pberru@imarpe.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

El ancoco o pepino de mar "*Patallus mollis*", es una especie dioica, sin dimorfismo sexual externo, con gónada ramificada, cuyo desarrollo confirma la existencia de cinco estadios: indiferenciado, gametogénesis, maduración, maduro y desove. Estos equinodermos son importantes al desempeñar un papel ecológico como modificadores del sustrato, ya que, al ingerir sedimentos, modifican su composición y reciclan la materia orgánica (HENDLER *et al.*, 1995; MANGION *et al.*, 2003), para que otras especies de la comunidad puedan alimentarse de pequeñas algas, sedimentos ricos en nutrientes y materiales de desecho (considerados recicladores).

La demanda internacional de pepinos de mar hasta 2010, ascendía a 7.299 toneladas y en los últimos años se ha registrado un incremento promedio de aproximadamente 900 toneladas anuales (PURCELL, 2010). Como resultado de esta tendencia las poblaciones de pepino de mar han sido sobre explotadas en muchos países. Su captura global total, se calcula en alrededor de 100.000 toneladas de animales vivos por año (PURCELL, 2010).

En la Región Áncash, la tendencia decreciente de la abundancia relativa de *P. mollis*, representada indirectamente por las capturas totales, sugiere que la población viene siendo afectada por la presión de pesca, disminuyendo anualmente en una tasa de 10,2% durante el periodo 2008-2017 (BERRÚ PAZ & RÍOS PEÑA, 2020). En el litoral de Áncash, la pesquería de ancoco, se viene desarrollando para atender la demanda de exportación al continente asiático, donde se consume tradicionalmente, por lo que, está siendo sometido a extracciones irregulares y esporádicas en zonas expuestas del intermareal y submareal de poca profundidad.

En el Laboratorio Costero de IMARPE en Chimbote, se viene haciendo el seguimiento de la biología de *P. mollis* desde el año 2017, con especial interés en el ciclo de desove, que es de importancia para otros estudios como los de reclutamiento, edad y crecimiento que proveen de información básica para su manejo (CLEMENTE & INGOLE, 2009).

Aquellas especies con ciclos claramente marcados que durante su desarrollo gonádico utilizan sustancias de reserva previamente almacenadas se les conoce como "especies conservativas" (BAYNE, 1976); por lo que, cambios temporales de su condición o peso, podrían ser interpretadas como una cuantificación del crecimiento del tejido reproductivo; es por ello que se ha considerado la evolución temporal de la madurez gonadal (fracción reproductiva) y el Índice gonadosomático.

La finalidad del presente trabajo es estimar el comportamiento temporal del desove y algunos indicadores biológicos de *P. mollis* procedente del litoral de la provincia de El Santa en la Región Áncash, en base a la información estadística del seguimiento biológico, durante los años 2018 y 2019.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El litoral de la provincia de El Santa en la Región Áncash, corresponde a una extensión de aproximadamente 60 km y es bañado por el Océano Pacífico. La línea de costa mantiene una forma muy irregular, configurando bahías, ensenadas, puntas, islas, islotes y baleríos, que permiten el desarrollo de la pesquería artesanal en sus distintas modalidades (Fig. 1).

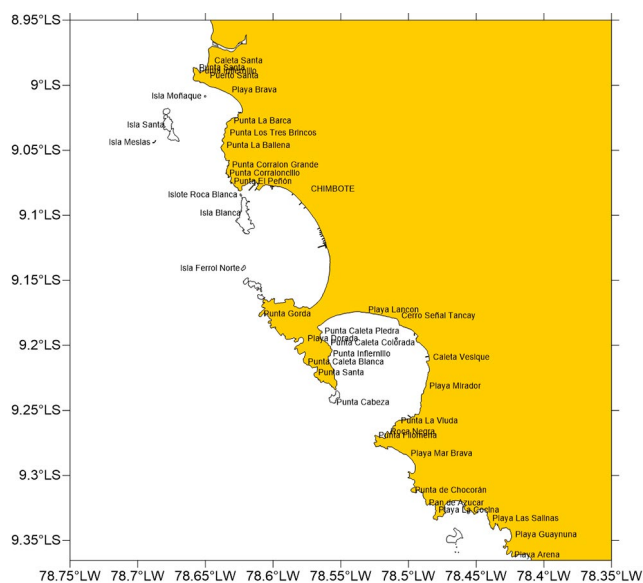


Figura 1.- Litoral de la provincia de El Santa en la Región Áncash

Análisis biométrico y biológico

Se efectuaron muestreos mensuales de *P. mollis* entre febrero 2018 y diciembre 2019. Los ejemplares procedieron de capturas comerciales realizadas en el litoral de la provincia de El Santa, Región Áncash, analizándose desde el punto de vista biométrico 3.734 individuos y desde el punto biológico 2.412 ejemplares.

Antes de la medición, los ejemplares fueron relajados al ambiente durante una hora, usando intervalos de 10 mm para la distribución de frecuencia de tallas.

Para el análisis biológico se consideró todos los ejemplares contenidos en cada muestra registrándose: longitud total (mm), peso total (gr), peso eviscerado, peso de gónada y madurez gonadal.

Escala de madurez gonadal

Para el análisis de las gónadas, se siguió a GALINDO *et al.* (2016), quienes consideran cinco estadios:

Estadio (I). Indiferenciado o en reposo. Gónada cristalina, ramificada, poco desarrollada. Túbulos cortos (3–6 mm de longitud) y delgados (0,5 – 1 mm de diámetro).

Gametogénesis (II). La gónada, en crecimiento, adquiere un color naranja pálido. La longitud y diámetro de los túbulos aumentó (2 – 4 cm y 1 – 2 mm, respectivamente). Folículos con epitelio germinal en proceso de proliferación celular. Gran producción de oogonias previtelogénicas, esféricas, unidas al epitelio por un pedúnculo. Núcleo con nucleolo periférico. Pared folicular gruesa con pliegues. Gran cantidad de tejido conectivo. Crecimiento celular hacia el lumen y presencia de acinis.

Madurez (III). Gónada con máximo volumen, turgente y de color naranja intenso. Túbulos de 5 – 8 cm de longitud y de 2 – 3 mm de diámetro. Acinis llenos, pared folicular delgada, no hay tejido conectivo, llenos de ovocitos vitelogénicos. No hay espacios vacíos. Núcleo con tres nucléolos periféricos y citoplasma granuloso.

Desove (IV). Reducción del tamaño y diámetro de túbulos semivacíos. Gónada flácida y decolorada. Paredes foliculares engrosadas, formando pliegues. Lumen con grandes espacios vacíos. En esta fase los oocitos se liberan; los oocitos remanentes reducen tamaño y pierden forma.

Post-desove (V). Fase degenerativa. Folículos colapsados, casi vacíos, en reabsorción, con gran cantidad de tejido conectivo, la pared rota y de forma irregular con ovocitos aislados y amorfos.

Análisis de la fracción desovante

Se analizaron 2.412 ejemplares cuyas tallas variaron entre 50 y 320 mm; se registraron bimensual y estacionalmente, la frecuencia de ejemplares en condición de desove (AR) (ejemplares maduros y desovantes) para lo cual se utilizó la fórmula (CUBILLOS *et al.*, 1999):

$$AR(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ ind. AR}}{N^{\circ} \text{ total ind.}} \times 100$$

Donde: AR es el porcentaje de individuos en actividad reproductiva; N° total ind. es el número total de individuos en todos los estadios gonadales.

Análisis del índice gonadosomático

Se analizó el índice gonadosomático (IGS) que consistió en una representación porcentual del peso de la gónada húmeda (PG) dividido entre el peso húmedo del cuerpo eviscerado (PCE):

$$IGS = (PG/PCE) \times 100$$

Para ello, durante los años 2018 y 2019 se analizaron 2.382 ejemplares en un rango de 80 a 280 mm, con el fin de eliminar los sesgos producidos por valores extremos; estimándose mensual y estacionalmente el Índice gonadosomático.

El análisis de la información en forma bimensual y estacional reflejaron mayor claridad en la estimación de los picos de desove.

Talla media de madurez gonadal

Esa talla se estimó con información biológica de 2.412 individuos, agrupándose por talla la frecuencia de individuos madurantes, maduros, desovantes y desovados, siguiendo a GALINDO *et al.* (2016), para estimar una curva de frecuencia relativa acumulada, que fue ajustada al modelo logístico según CUBILLOS *et al.* (1999):

$$P = 100 / (1 + e^{-a+b*LT})$$

Donde: P es la proporción de ejemplares maduros a la longitud, LT es la longitud total (mm), a y b son el intercepto y pendiente de la recta.

L50 se estimó a partir de los parámetros de la función logística: $L50 = a/b$.

Relación Longitud-Peso

Se analizó estacionalmente, la relación altura total - peso total de los ejemplares provenientes del seguimiento de pesquerías de invertebrados marinos. Los datos fueron ajustados al modelo potencial descrito por FROESE (2006)

$$P = a \cdot L^b$$

Donde: P = peso total del cuerpo húmedo en gramos, L = longitud en cm, a y b son parámetros.

Análisis estadístico (ZAR, 2010)

Para comparar los valores medios del índice gonadosomático por estadio gonadal y establecer diferencias o no en los valores del IGS bimestral y estacional durante los picos de desove, se aplicó la prueba paramétrica ANOVA de un factor, rutina realizada con Análisis de datos en la hoja de cálculo Excel.

La hipótesis nula considera que los valores medios de los indicadores son iguales tanto en los estadios gonadales como en las estaciones del año, no existiendo relación entre la variable dependiente y la independiente ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$); mientras que la hipótesis alternativa considera que en al menos un valor de la variable dependiente difiere de los otros ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$).

Las expresiones para el cálculo de los elementos que intervienen en el ANOVA son:

$$\text{Media global } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{N}$$

$$\text{Variación total } SCT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X})^2$$

$$\text{Variación intra grupos } SCD = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2$$

$$\text{Variación inter grupos } SCE = \sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \bar{X})^2 n_i$$

Al descartarse la hipótesis nula, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey-Kramer para repeticiones desiguales, estimando la diferencia honestamente significativa como punto de referencia para cada una de las comparaciones por pares.

$$HSD_{ij} = q * \sqrt{\left(\frac{CME}{2}\right) * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

Donde HSD es la diferencia honestamente significativa, q es el valor obtenido en la tabla de Tukey con el número de tratamientos y grados de libertad para cada comparación, CME es el cuadrado medio del error obtenido de la prueba ANOVA y n_1 y n_2 son el número de repeticiones.

3. RESULTADOS

Análisis biométrico y estructura de tallas

El rango de tallas, varió de 61 a 276 mm para el 2018 y de 50 a 320 mm para el 2019, con talla media anual de 153 y 160 mm, respectivamente. La estructura de tallas mensual fue polimodal, con modas mayormente representadas por los picos de 125, 145, 155 y 165 mm (Tabla 1, Fig. 2).

Tabla 1.- Información biométrica de *P. mollis*, 2018-2019

Año	2018					2019					
	Mes	# indiv.	Rango (mm)	Media (mm)	D. st.	Moda	# indiv.	Rango (mm)	Media (mm)	D. st.	Moda
Enero						184	72 - 255	161	35,558	145	
Febrero	203	70-198	139	27,561	145	187	79-220	142	29,422	125	
Marzo	139	80-250	159	36,080	155	152	72-244	167	34,754	155	
Abril	150	90-210	145	24,513	135	180	90-240	143	29,479	125	
Mayo	139	82-213	133	23,301	125	146	100-260	167	29,743	165	
Junio	207	66-225	151	28,071	155	207	50-260	152	36,065	145	
Julio	151	93-221	152	26,803	125	158	80-202	151	28,554	165	
Agosto	150	90-216	158	28,207	165	213	80-255	149	31,360	155	
Setiembre	180	71-239	149	34,882	135	123	130-320	204	42,415	205	
Octubre	179	72-262	163	35,729	175	138	70-245	169	36,171	185	
Noviembre	133	72-276	175	36,306	155	150	105-240	162	28,745	165	
Diciembre	157	61-260	164	39,179	155	132	102-310	179	43,905	155	

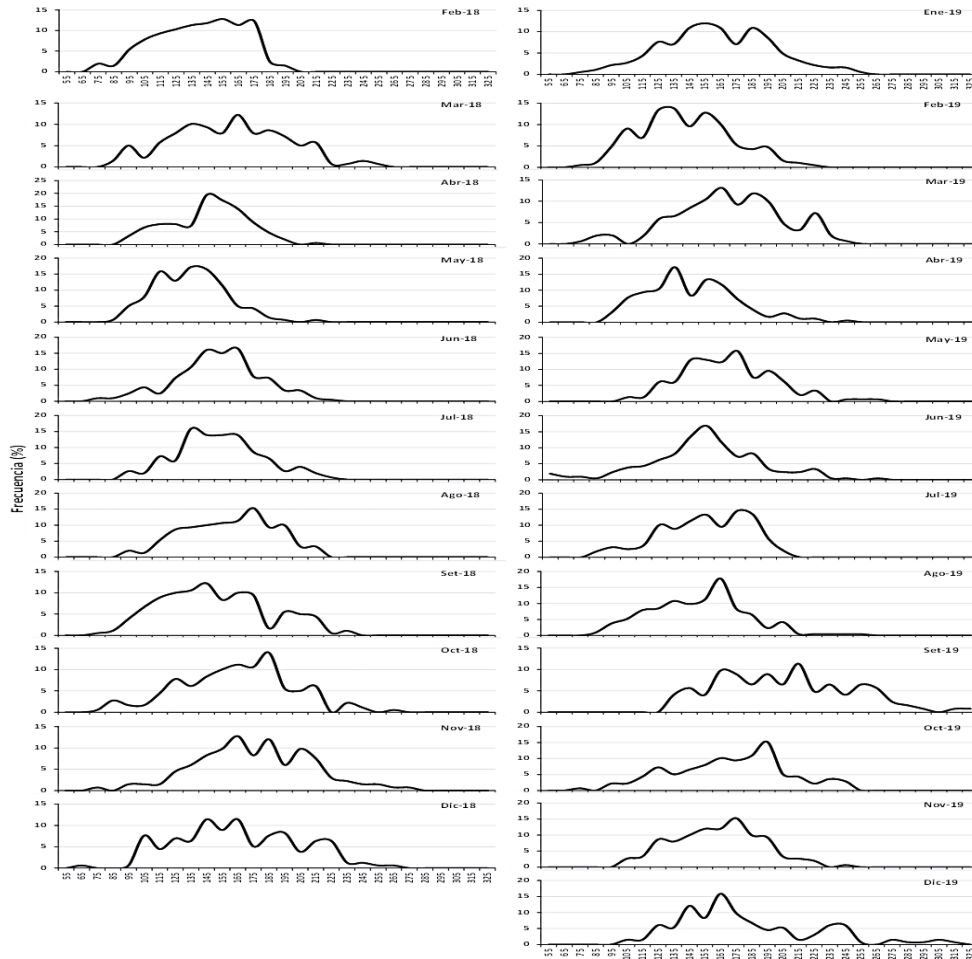


Figura 2.- Estructura de tallas de *P. mollis*, 2018 - 2019

Actividad reproductiva

La evolución mensual de la fracción de ejemplares en actividad reproductiva (maduros + desovantes) permitió evidenciar que la especie desova durante todo el año, con valores mensuales que variaron de 65 a 100%, estimándose los máximos valores en junio y julio, así como un pico secundario en noviembre y diciembre (Fig. 3).

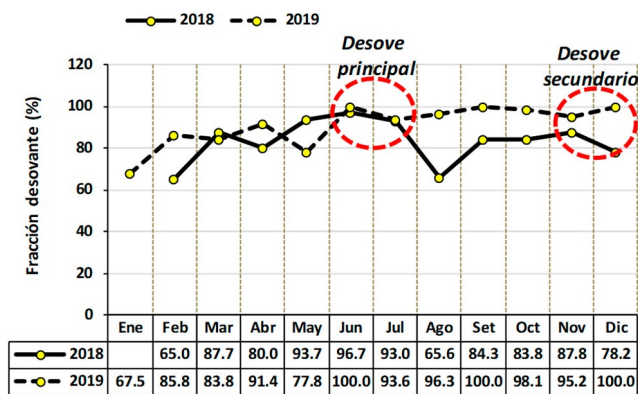


Figura 3.- Variación mensual de la fracción desovante en *P. mollis*. 2018-2019

Análisis del índice gonadosomático (IGS)

Validación estadística de la fracción desovante mediante el índice gonadosomático. El IGS promedio por estadio gonadal registró valores de 9,18 para **madurante**; 19,84 para **maduro**; 27,68 para **desovante** y 10,39 para **post desove**, registrándose máximos valores para los estadios maduro y desovante (actividad reproductiva) (Fig. 4).

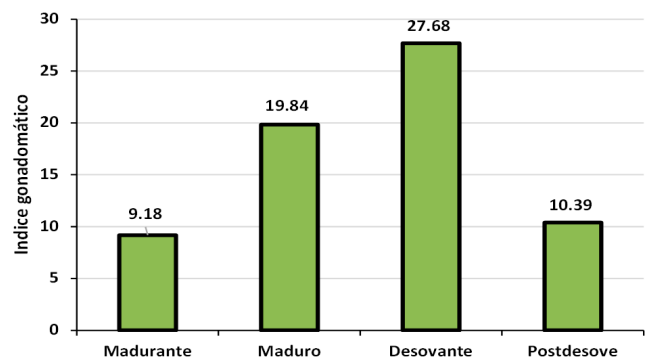


Figura 4.- Variación del Índice gonadosomático promedio por estadio gonadal en *P. mollis*. 2018-2019

Tabla 2.- Análisis de varianza de un factor para valores del Índice gonadosomático por estadio gonadal

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Madurante	256	2349	9,18	32,807		
Maduro	1645	32631	19,84	88,908		
Desovante	431	11932	27,68	148,748		
Postdesove	50	520	10,39	25,914		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen variaciones	SC	GL	PC	F	Probabilidad	VC para F
Entre grupos	60076,4503	3	20025,483	216,692	2,92E-124	2,609
Dentro de los grupos	219761,906	2378	92,415			
Total	279838,356	2381				

SC=suma de cuadrados GL=grados de libertad PC=promedio cuadrados VC=valor crítico $\alpha=0.05$

Tabla 3.- Estimación de la diferencia honestamente significativa (DHS) para valores medios del índice gonadosomático mediante la prueba Tukey-Kramer

Comparación	n1	n2	Diferencia	Error std	DHS	Conclusión
Madurante vs maduro	256	1645	10,66	0,457	1,66	Diferentes
Madurante vs desovante	256	431	18,51	0,536	1,95	Diferentes
Madurante vs postdesove	256	50	1,22	1,051	3,82	Iguals
Maduro vs desovante	1645	431	7,85	0,368	1,34	Diferentes
Maduro vs postdesove	1645	50	9,44	0,976	3,54	Diferentes
Desovante vs postdesove	431	50	17,29	1,016	3,69	Diferentes

DHS= diferencia honestamente significativa

Estadísticamente y mediante el análisis ANOVA de un factor para el Índice de condición se concluyó que al menos uno de los grupos es diferente (Probabilidad <0,05) (Tabla 2).

Debido al rechazo de la hipótesis nula, se realizó el análisis de Tukey-Kramer, estimándose la diferencia honestamente significativa (DHS) como punto de referencia para cada una de las comparaciones por pares.

La comparación por pares de la prueba permitió concluir que los valores medios del Índice gonadosomático por estadio gonadal, son diferentes estadísticamente, a excepción del par madurante-post desove que fueron significativamente iguales; lo que sustentaría independientemente el uso de individuos desovantes para explicar en forma mensual y estacional su actividad reproductiva (Tabla 3).

Variación mensual del Índice gonadosomático

El Índice gonadosomático (IGS) presentó valores bimestrales de 18,2 a 22,1, con mayores valores durante los bimestres junio-julio y noviembre-di-

ciembre como consecuencia de los picos de desove principal y secundario respectivamente (Fig. 5).

Variación estacional del índice gonadosomático

La variación estacional de Índice gonadosomático presentó similar tendencia que los valores mensuales, registrando una caída importante de estos valores durante el cambio de estación de otoño a invierno y de primavera a verano como consecuencia del desove principal y secundario, respectivamente en *P. mollis* (Fig. 6).

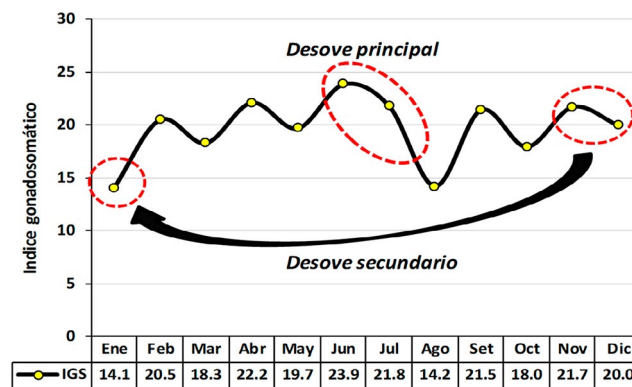


Figura 5.- Variación mensual del Índice gonadosomático en *P. mollis*. 2018-2019

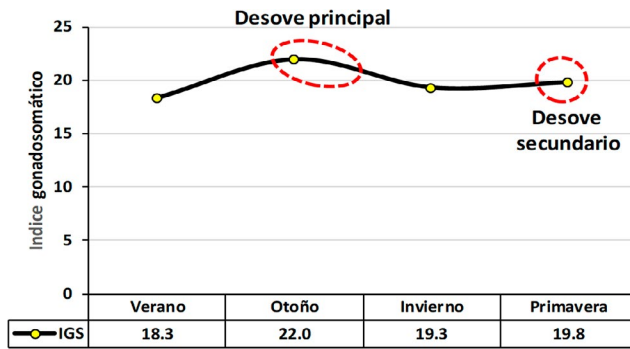


Figura 6.- Variación estacional del índice gonadosomático en *P. mollis*. 2018-2019

Tabla 4.- Análisis de varianza de un factor para valores del Índice de condición modificado por estaciones del año

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Verano	565	10338	18.30	117.496		
Otoño	626	13742	21.95	93.558		
Invierno	612	11786	19.26	124.200		
Primavera	608	12067	19.85	137.451		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen variaciones	SC	GL	PC	F	Probabilidad	VC para F
Entre grupos	4341.82087	3	1447.274	12.264	5.8137E-08	2.609
Dentro de los grupos	284060.439	2407	118.014			
Total	288402.26	2410				

SC=suma de cuadrados GL=grados de libertad PC=promedio cuadrados VC=valor crítico $\alpha=0.05$

Tabla 5.- Estimación de la diferencia honestamente significativa (DHS) para valores estacionales del Índice gonadosomático mediante la prueba Tukey-Kramer

Comparación	n1	n2	Diferencia	Error std	DHS	Conclusión
Verano vs otoño	565	626	3.66	0.446	1.62	Diferentes
Verano vs invierno	565	612	0.96	0.448	1.63	Iguales
Verano vs primavera	565	608	1.55	0.449	1.63	Iguales
Otoño vs invierno	626	612	2.69	0.437	1.59	Diferentes
Otoño vs primavera	626	608	2.10	0.437	1.59	Diferentes
Invierno vs primavera	612	608	0.59	0.440	1.60	Iguales

DHS= diferencia honestamente significativa

El análisis ANOVA de un factor para el Índice gonadosomático permitió concluir que al menos uno de los grupos fue diferente estacionalmente (Probabilidad <0,05) (Tabla 4).

Rechazando la hipótesis nula, se realizó el análisis de Tukey-Kramer, estimándose la diferencia honestamente significativa (DHS) como punto de referencia para cada una de las comparaciones por pares.

La comparación por pares de la prueba permitió concluir que, los valores medios estacionales del Índice gonadosomático son diferentes estadísticamente para el par otoño-invierno; por lo que la gran caída de este valor de 22,0 en otoño a 19,3 en invierno sustentaría el desove principal en la especie (Tabla 5).

Talla de madurez gonadal

La talla de madurez gonadal, estimada mediante el modelo logístico, fue de 167 mm de longitud total, siendo los parámetros determinados: $a = 8,5376$, $b = 0,0511$ y $r^2 = 0,9847$ (Fig. 7).

Relación Longitud-Peso

La relación biométrica Longitud-Peso en pepino de mar, proveniente del seguimiento de la pesquería comercial, mostró un buen ajuste al modelo potencial para cada una de las estaciones del año, con valores del coeficiente de determinación (r^2) de 0,734 para verano, 0,744 para otoño, 0,777 para invierno y 0,794 para primavera. Los valores de la pendiente "b" de dicha relación determinaron un crecimiento alométrico negativo (< 3,0) para cada una de las estaciones analizadas (Tabla 6).

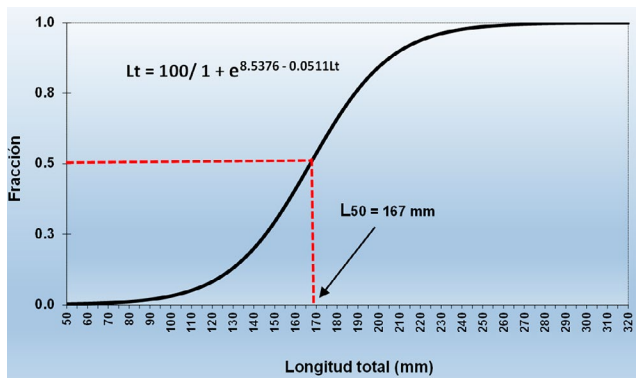


Figura 7.- Talla media de madurez gonadal para *P. molli*

Tabla 6.- Relación estacional de la Longitud-Peso en *P. molli*. 2018-2019

Estación	a	b	r ²
Verano	0,009519	1,788963	0,734167
Otoño	0,004150	1,966532	0,743824
Invierno	0,006630	1,888744	0,777221
Primavera	0,004065	1,962549	0,793655

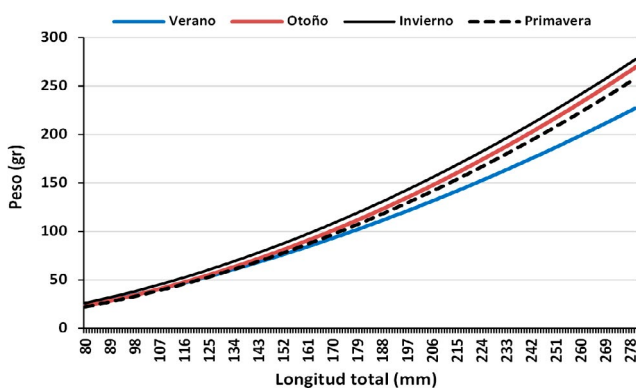


Figura 8.- Curvas estacionales talla-peso en *P. molli*. 2018 - 2019

Asimismo, se registraron diferencias en los pesos medios de pepino, siendo mayor para las estaciones de otoño e invierno y menor para primavera y verano (Fig. 8).

4. DISCUSIÓN

La tendencia decreciente de la abundancia relativa de *P. molli* en la Región Áncash, representada indirectamente por las capturas totales, sugiere que la población viene siendo fuertemente afectada por la presión de pesca. Las capturas anuales en la Región disminuyeron en 91,5% durante el 2017 respecto al 2008, a una tasa anual del 10,2% (BERRÚ PAZ & RÍOS PEÑA, 2020).

La disminución de la abundancia en la especie se acentúa aún más respecto a otras, por su gran sedentarismo y mínima capacidad de desplazamiento, que la hace más vulnerable; sin embargo, son los compradores directos los que han generado en cierta forma la saca indiscriminada del recurso, por cuanto en el afán de abastecer los requerimientos de la demanda internacional, propician su extracción en una suerte de “carretera de postas” a lo largo del litoral de Áncash. Es así que, del 2013 al 2017, habiéndose agotado su abundancia en áreas de influencia de los puertos de Huarmey y El Dorado, el esfuerzo fue redirigido a otras áreas de extracción bajo la influencia de los puertos de Chimbote y Culebras (BERRÚ PAZ & RÍOS PEÑA, 2020).

P. molli es una especie que no tiene ninguna regulación normativa para su manejo sostenido, ni existe algún interés interno por parte de los propios pescadores artesanales para su conservación; sin embargo, el Código de Conducta Para la Pesca responsable (FAO, 1995), con sus principios, objetivos y elementos para la acción, insta a todos los actores de las pesquerías tomar acciones para asegurar la abundancia y diversidad de los recursos marinos. Así mismo, bajo el “principio precautorio” la FAO (1997), asume que “La ausencia de información científica adecuada no debe ser usada como una razón para posponer o no tomar medidas de conservación o de manejo”.

En holotúridos de cuerpo blando, como la especie en estudio, debido al estrés que presentan al ser extraídos de su hábitat, es difícil mensurar su longitud debido a la contracción que estos presentan; por lo que su medición se realizó en condición relajada, después de haberlos dejado reposar por 60 minutos en la mesa de trabajo. Esta técnica, permitió estimar en la relación longitud-Peso estacional un buen coeficiente de determinación (r²) que varió de 0,734 a 0,794. Otras técnicas de medición como las citadas por RAMÍREZ *et al.* (2017)² empleando agua de mar refrigerada para la relajación del pepino de mar o la medición en su propio hábitat, arrojaron menores coeficientes de determinación, con valores de 0,756 y 0,635 respectivamente, por lo que podría uniformizarse el reposo antes de las mediciones a efectos de estandarizar metodologías de trabajo.

2 Ramírez, A., Pumachagua, E., Dibucho, O. & Ramo=s, G. (2017). Estudio poblacional de pepino de mar *Patallus molli* en el área comprendida entre islote Tartacay e islotes Lachay, Huacho – Región Lima, mayo 2017 (informe interno Imapre Huacho)

La ocurrencia de ejemplares desovantes durante todos los meses, indicaría que *P. mollis* se reproduce durante todo el año. Mensualmente, la fracción desovante varió de 65 a 100%, registrando mayores valores en junio y julio como un indicador de un pico principal de desove y de noviembre a diciembre como indicador de un pico secundario de desove.

Algunas especies comerciales pueden desovar varias veces al año o periódicamente cada año, tales como *Isostichopus fuscus* en Ecuador (MERCIER *et al.*, 2007). Las especies de zonas templadas, como *Cucumaria frondosa* en Canadá, generalmente desovan una vez al año en primavera o a inicios del verano (HAMEL & MERCIER, 1996). La temperatura del mar podría jugar un papel importante en el desarrollo gonadal de la especie y estaría estrechamente ligada a un contexto altamente regional, por cuanto según BERRÚ PAZ y RÍOS PEÑA (2020) en zonas ubicadas más al sur como Casma y Huarmey, en islas, puntas y ensenadas protegidas con distintos registros térmicos, presentaron un distinto patrón de desove. La temporalidad del ciclo reproductivo se ha asociado a la distribución geográfica y a cambios en las condiciones ambientales, especialmente temperatura, intensidad lumínica, fotoperiodo y disponibilidad de alimento (ASHA & MUTHIAH, 2008; MERCIER & HAMEL, 2009).

El método cuantitativo ampliamente utilizado para la estimación de la actividad reproductiva es el índice gonádico; que ha sido utilizado en varios grupos de animales incluyendo invertebrados marinos (GIESE & PEARSE, 1974).

El método, es especialmente adecuado para analizar un gran número de individuos, pudiendo ser utilizado de varias maneras, siendo la más usual la proporción del peso gonadal húmedo entre el peso total húmedo del animal expresado como porcentaje. Para el caso de *P. mollis*, se utilizó el peso total del cuerpo eviscerado, por encontrarse gran cantidad de agua dentro de su cavidad en ejemplares completos. Los valores mensuales del IGS variaron de 14,1 a 23,9 y presentaron similar tendencia que la ocurrencia de ejemplares desovantes, siendo estos mayores durante junio-julio y noviembre-diciembre como consecuencia de los picos de desove principal y secundario, respectivamente. Estacionalmente, los valores del IGS mostraron un descenso importante en los

cambios de estación de otoño a invierno y entre primavera y verano, coincidentes con los desoves principal y secundario.

Si bien es conocido que los estudios histológicos en la reproducción animal son de vital importancia por ser estos de mayor precisión para determinar el ciclo de madurez de una especie, sin embargo, cuando se carece de ellos, se debe recurrir a otras herramientas como las empleadas en el presente estudio, que validadas estadísticamente podrían sustentar un nivel de acercamiento en el ciclo de desove de las especies acuáticas.

Estacionalmente, la diferencia estadística del IGS mediante la prueba ANOVA de un factor y el análisis de Tukey-Kramer, sustentaron estadísticamente la caída de estos valores durante el desove principal, de 22,0 en otoño a 19,3 en invierno.

La talla de madurez gonadal, estimada fue de 167 mm. BEVERTON y HOLT (1959), observaron que la proporción de esta talla con la talla máxima de la especie, es una proporción constante que varía de 0,3 a 0,9; por lo que, considerando la talla máxima observada de 320 mm en el presente estudio, se obtuvo una proporción de 0,52 (167/320) que vendría a constituir aproximadamente un punto medio del rango sugerido por los autores; aspecto que estaría sustentando equilibradamente el valor de 167 mm de longitud estimado y que debería ser adoptado preliminarmente como una talla mínima de extracción (TME) y su peso correspondiente de 96 gr, para disminuir la presión de la pesca artesanal sobre el recurso hacia un primer intento de manejo sostenido.

Asumiendo como referencia la TME de 167 mm estimada en el presente estudio (periodo 2018-2019), el 64,5% de la población capturada registraría tallas no permitidas por la normatividad; lo que pondría en evidencia el gran impacto que viene ocasionando la pesquería extractiva a la sostenibilidad del recurso como consecuencia de la falta de normas que regulen su extracción mediante la talla mínima.

La relación longitud-peso permitió obtener las constantes de dicha relación: "a" factor de condición y "b" parámetro de alometría, que pueden variar por diversos aspectos como la época del año, reproducción, migración, etc. (SAFRAN, 1992). Entre otras opciones, está determinar si el

organismo conserva o no una relación isométrica desde el paso de juvenil a adulto.

Estacionalmente, la relación longitud-peso de *P. mollis* en el presente estudio, se ajustó al modelo potencial, con coeficientes de correlación " r^2 " de 0,734 a 0,794, un factor de condición " a " que varió de 0,0041 a 0,0095, registrándose menores valores durante las estaciones de otoño y primavera. Estas caídas del factor de condición o índice de gordura estarían relacionadas parcialmente con los picos de desove registrados durante cambios de estación de otoño a invierno y de primavera a verano. Por otro lado, los valores del parámetro de alometría " b " variaron de 1,79 a 1,97. Según FROESE (2006), con valores de " b " menores de 3, los especímenes grandes han mantenido su forma alargada, lo que tendría algún sentido sabiendo que *P. mollis* es un equinodermo que utiliza su forma elongada para protegerse e incrustarse en las fisuras de las rocas.

Debido a los pocos estudios sobre biología y pesquería de *P. mollis* en la Región, y ante la incertidumbre del estado poblacional del recurso en todo el litoral de Áncash; y, al amparo del "enfoque precautorio" estipulado por la FAO (1997), se sugiere adoptar preliminarmente una veda reproductiva los meses de junio y julio y establecer una talla mínima de extracción en 167 mm y/o 96 gr de peso para tratar de revertir la presión de pesca, hasta que la continuidad de los estudios, demuestren su recuperación poblacional.

5. CONCLUSIONES

Las tallas del ancoco o pepino de mar *Patallus mollis*, durante el periodo de estudio variaron de 50 a 320 mm de longitud, registrando una estructura de tallas mensual de tipo multimodal.

P. mollis, desova durante todo el año, con una moda importante durante junio-julio y una moda secundaria durante noviembre-diciembre.

La variación mensual de la fracción desovante mediante la madurez gonadal y el índice gonadosomático son concordantes, determinando independientemente los picos de desove en la especie.

Estacionalmente, la variación del índice gonadosomático mediante la prueba ANOVA de un factor y el análisis de Tukey-Kramer, sustentaron estadísticamente la caída de estos valores durante el desove principal, de 22,0 en otoño a 19,3 en invierno.

La talla de madurez gonadal fue estimada en 167 mm de longitud corporal y 96 gr de peso.

Estacionalmente, la relación longitud-peso de *P. mollis* en el presente estudio, se ajustó al modelo potencial, con coeficientes de correlación " r^2 " de 0,734 a 0,794, un factor de condición " a " que varió de 0,0041 a 0,0095, registrándose menores valores durante las estaciones de otoño y primavera como consecuencia de los picos de desove.

6. REFERENCIAS

- ASHA, P. S. & MUTHIAH, P. (2008). Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria spinifera* (Echinodermata: Holothuroidea) from Tuticorin, Tamil Nadu, India. *Aquacult. Int.*, 16: 231-242. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9140-z>
- BAYNE, B. L. (1976). *Marine mussels: Their ecology and physiology*. Cambridge University Press, 506 pp.
- BERRÚ, P. & RÍOS, J. (2020). Pesquería de *Patallus mollis* Selenka, 1868 (Cucumariidae) y observaciones biológicas y poblacionales (2008-2017). Región Áncash. *Bol Inst Mar Perú*, 35(1), 69-79. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3453>
- BEVERTON, R. J. & HOLT, S. J. (1959). *A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature and their relation to growth and physiological characteristics*. *Ciba Foundation Symposium - The Lifespan of Animals (Colloquia on Ageing)*, Volume 5, 142-177. <https://doi.org/10.1002/9780470715253.ch10>
- CLEMENTE, S. & INGOLE, B. (2009). Gametogenic development and spawning of the mud clam, *Polymesoda erosa* (Solander, 1876) at Choro Island, Goa. *Marine Biology Research*, 5, 109-121. <https://doi.org/10.1080/17451000802317709>
- CUBILLOS, L. S., 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. *Revista de Investigación Marina*. Valparaíso, 27, 73-85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71781999002700008>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION [FAO]. (1995). *Código de Conducta para la Pesca Responsable*. <https://www.fao.org/3/v9878s/v9878s.pdf>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION [FAO]. (1997). *Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies* (Orientaciones Técnicas para la pesca responsable. No. 2). <https://www.fao.org/3/w3592s/w3592s.pdf>

- FROESE, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Leibniz Institute of Marine Sciences*, 22, 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- GALINDO, O., RAMIREZ, A., CAMPOS, S., QUISPE, S. & ARGUELLES, J. (2016). Protocolo para muestreo biológico y biométrico de pepino de mar. Región Áncash. *Inf Inst Mar Perú*, 43(4), 431 - 444. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3128>
- GIESE, A. C. & PEARSE, J. S. (Edits). (1974). *Reproduction of marine invertebrates. Acoelomate and Pseudocoelomate Metazons*. (Vol. I). Academic New York and London.
- HAMEL, J. & MERCIER, A. (1996). Early development, settlement, growth and spatial distribution of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Echinodermata: Holothuroidea). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(2), 253–271. <https://doi.org/10.1139/cjfas-53-2-253>
- HENDLER, G., MILLER, J., PAWSON, D. & KIER, P. (1995). *Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution Press.
- MANGION, P., TADDEI, D., CONAND, C. & FROUIN, P. (2003). Feeding rate and impact of sediment reworking by two deposit feeders *Holothuris leucospilota* and *Holothuria atra* on a fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean). In: Heinzeller T. y J.H. Nebelsick, E. 2004. *Echinoderms, München* (p 311-317). Taylor & Francis Group.
- MERCIER, A. & HAMEL, J. F. (2009). *Advances in Marine Biology. Endogenous and Exogenous Control of Gametogenesis and Spawning in Echinoderms*. Elsevier.
- MERCIER, A., YCAZA, R. H. & HAMEL, J. (2007). Long-term study of gamete release in a broadcast-spawning holothurian: predictable lunar and diel periodicities. *Marine Ecology Progress Series*, 329, 179–189. <https://doi.org/10.3354/meps329179>
- PURCELL, S. W. (2010). *Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico*. (Documento técnico de pesca y acuicultura Nro. 520). FAO. <https://www.fao.org/3/I1384S/i1384s.pdf>
- SAFRAN, P. (1992). Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.*, 112, 545-551. <https://doi.org/10.1007/BF00346171>
- ZAR, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. 5° ed. Person.