

## ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL ERIZO VERDE *Loxechinus albus* (Molina, 1782) DE LA REGIÓN AREQUIPA, 2017-2018

### REPRODUCTIVE ASPECTS OF THE GREEN SEA URCHIN *Loxechinus albus* (Molina, 1782) OF THE AREQUIPA REGION. 2017-2018

Angela Incio Pérez

Stevens Lucero Pérez<sup>1</sup>

Edward Barriga Rivera<sup>1</sup>

#### RESUMEN

INCIO A, LUCERO S, BARRIGA E. 2020. Aspectos reproductivos del erizo verde *Loxechinus albus* (Molina, 1782) de la Región Arequipa, 2017-2018. *Bol Inst Mar Perú*. 35(1): 60-68.- El erizo verde *Loxechinus albus* es endémico de las costas de Perú y Chile, y es uno de los invertebrados marinos de mayor importancia comercial. El objetivo del estudio fue determinar la condición gonadal mensual, proporción sexual e índices reproductivos durante el periodo 2017-2018 en el litoral de la Región Arequipa, para determinar su patrón reproductivo, basados en el análisis histológico, mediante el método de infiltración en parafina, de 1092 muestras de bancos naturales de la provincia de Islay durante 14 meses. La proporción sexual fue de 0,8: 1 machos respecto a hembras. La condición gonadal evidenció mayor proporción de organismos madurantes (II) en mayo y julio, de maduros (III) de julio a octubre, de desovantes/expulsantes (IV) principalmente en setiembre y octubre; y en recuperación/reposo (V) de marzo a mayo, no se identificaron organismos virginales (I). El índice gonadosomático (IGS) exhibió el valor más alto en julio (12,4%). Los índices de actividad reproductiva (IAR) y desovante (IAD) mostraron tendencia similar, el IAR de las hembras tuvo valores altos en setiembre y octubre, cuando hubo mayor presencia de ejemplares con elevado desarrollo gonadal. El IAD mostró su más alto valor en octubre, el cual fue de 48% en hembras y 71,4% en machos, identificando a la primavera como principal época reproductiva, lo que coincide con lo descrito por otros autores y presentando una relación directa con la temperatura más baja.

PALABRAS CLAVE: *Loxechinus albus*, erizo, condición gonadal, índices reproductivos, temperatura

#### ABSTRACT

INCIO A, LUCERO S, BARRIGA E. 2020. Reproductive aspects of the green sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1782) of the Arequipa Region. 2017-2018. *Bol Inst Mar Peru*. 35(1): 60-68.- This research aimed to determine the monthly gonadal condition, sex ratio, and breeding rates of the green sea urchin *Loxechinus albus*, which is an endemic species of the Peruvian and Chilean coasts and is one of the most commercially important marine invertebrates. The study was carried out between 2017-2018 in the coast of the Arequipa Region to determine its breeding pattern, based on the histological analysis, by means of the paraffin infiltration method, of 1092 samples from natural banks in the Islay province over 14 months. The sex ratio was 0.8 M: 1 F. The gonadal condition showed a higher ratio of maturing organisms (II) in May and July, mature (III) from July to October, spawning/expelling (IV) mainly in September and October, and in recovery/rest (V) from March to May, no virgin individuals were identified (I). The gonadosomatic index (GSI) showed the highest value in July (12.4%). The reproductive activity index (RAI) and spawning activity index (SAI) showed a similar pattern; the RAI of the females had high values in September and October when there was a greater presence of specimens with high gonadal development. The SAI showed its highest value in October (48% in females and 71.4% in males) and spring was the main breeding season, which coincides with what has been described by other authors and has a direct relationship with the lower temperature.

KEYWORDS: *Loxechinus albus*, sea urchin, gonadal condition, reproductive indexes, temperature

## 1. INTRODUCCIÓN

El erizo verde *Loxechinus albus* (Molina, 1782), perteneciente a la familia Echinidae, es endémico de las costas de Perú y Chile y su distribución va desde las islas Lobos de Afuera - Perú (6°53'50"S) hasta Cabo de Hornos - Chile (56°70'S), incluyendo el sudoeste Atlántico, a lo largo de la plataforma continental Argentina hasta los 37°35'S, y las islas Malvinas (VÁSQUEZ & DONOSO, 2013).

## 1. INTRODUCTION

The green sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1782), belonging to the family Echinidae, is endemic to the Peruvian and Chilean coasts and its distribution ranges from the Lobos de Afuera Islands - Peru (6°53'50"S) to Cape Horn - Chile (56°70'S), including the southwestern Atlantic, along the Argentine shelf slope to 37°35'S, and the Malvinas Islands (Falkland) (VÁSQUEZ & DONOSO, 2013).

<sup>1</sup> IMARPE, Laboratorio Costero de Camaná. Balneario Los Cerrillos I (Mz. Y Zona A), distrito Samuel Pastor, Camaná, Arequipa. angela.incio@gmail.com

Es el principal equinodermo explotado por la pesquería artesanal en el centro y sur de Perú, desde Pisco hasta Ilo, a profundidades entre 5 y 35 m (YAMASHIRO *et al.*, 1996) cuya pesquería se encuentra regulada por la talla mínima de captura (TMC) establecida en 70 mm de diámetro del caparazón, mediante la Resolución Ministerial N° 209-2001-PE (26-6-2001).

Debido a su alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional, la presión pesquera en sus principales bancos naturales se ha incrementado, generando un impacto negativo en el recurso, en sinergia con el aumento de la extracción de algas pardas (*Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia*) las cuales son de gran importancia para la alimentación, reproducción, reclutamiento y desarrollo de este recurso y otras especies que componen la comunidad bentónica de fondo rocoso. A esto se suma el esfuerzo pesquero, el cual coincide con la época de mayor actividad reproductiva, incidiendo directamente en su éxito reproductivo y reclutamiento.

En los últimos años, la demanda por información sobre la biología de este recurso se ha incrementado en Perú; no obstante, la información disponible sobre talla de madurez (BENDITA, 2016) la cual ha sido calculada en 44 mm de diámetro de caparazón y los aspectos reproductivos es aún escasa, teniendo como referencia los realizados sobre épocas de desove (YAMASHIRO *et al.*, 1996; SALAZAR, 1999) identificando a la primavera como principal época reproductiva y su relación con la temperatura.

El objetivo de este trabajo fue identificar el patrón de maduración e identificar la época principal de reproducción a partir del cálculo de índices reproductivos así como su relación con la variación de la temperatura superficial del mar (TSM) durante el periodo abril 2017-octubre 2018 con el fin de aportar sustento técnico en la implementación de medidas regulatorias para la extracción del recurso, tomando en cuenta que, en la Región Arequipa el recurso tiene importancia biológica, en las comunidades inter y submareales, además de la comercial, y sustenta la actividad extractiva.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras analizadas de *Loxechinus albus* se obtuvieron de desembarques de la pesquería artesanal del puerto de Matarani provenientes de bancos naturales comprendidos desde La Olla (16°53,2'S) hasta Chimú (17°1,2'S) en el litoral rocoso de la provincia de Islay, los que se extrajeron

It is the main echinoderm exploited by the artisanal fisheries in central and southern Peru, from Pisco to Ilo, at depths between 5 and 35 m (YAMASHIRO *et al.*, 1996) whose fishery is regulated by the minimum catch size (MCS) established at 70 mm carapace diameter, through Ministerial Resolution No 209-2001-PE (26-6-2001).

Fishing pressure on its main natural banks has increased given its high demand in both the national and international markets, generating a negative impact on the resource, which is synergistic with the increase in the extraction of brown seaweeds (*Lessonia trabeculata* and *Macrocystis integrifolia*) which are of great importance for the feeding, breeding, recruitment, and development of this resource and other species that make up the rocky bottom benthic community. Also, fishing effort coincides with the period of greatest reproductive activity, which directly affects breeding success and recruitment.

The demand for information on the biology of this resource has increased in recent years in Peru; however, the information available on maturity size (BENDITA, 2016) which has been estimated at 44 mm carapace diameter, and the breeding aspects are still scarce, using as a reference those carried out on spawning seasons (YAMASHIRO *et al.*, 1996; SALAZAR, 1999) which identified spring as the main breeding season and its relationship with the temperature.

This study aims to identify the pattern of maturation and identify the main breeding season by calculating reproductive indices and their relationship with the variation in sea surface temperature (SST) between April 2017-October 2018 to provide technical support for the implementation of regulatory measures for the extraction of the resource since it is of biological importance in the Arequipa Region, in the intertidal and subtidal communities, as well as commercially, and also supports the extraction activity.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The analyzed samples of *Loxechinus albus* were obtained from landings of the artisanal fishery in Matarani in the natural banks located from La Olla (16°53.2'S) to Chimú (17°1.2'S) in the rocky coast of the Islay province. They were extracted by diving with a compressor, from a depth between 5 and 15 m, from March 2017 to September 2018.

mediante buceo con compresora, desde 5 hasta 15 m de profundidad, de marzo 2017 a setiembre 2018.

Se muestrearon 1092 ejemplares, obteniendo datos del diámetro del caparazón (DC) con 1 mm de precisión; peso total y peso de gónadas con el uso de una balanza electrónica con 0,01 g de precisión. Se preservó uno de los lóbulos gonadales en formol al 10%, el cual fue sometido a procesamiento histológico mediante el método de infiltración con parafina (HUMANSON, 1979) obteniendo cortes de 6 µm de espesor los que se colorearon con Hematoxilina-Eosina, los preparados histológicos fueron examinados microscópicamente. Las fases de madurez gonadal fueron virginal (I), en maduración (II); maduro (III); desovante/expulsante (IV) y recuperación/reposo (V) (BENDITA, 2016).

Una vez identificados el sexo y la fase de madurez gonadal, se calculó la proporción sexual y se realizó la prueba del Chi-cuadrado (X<sup>2</sup>). Asimismo, se calcularon los índices de actividad reproductiva (IAR), desovante (IAD) y gonadosomático (IGS) mediante las siguientes fórmulas:

$$IAR = \frac{\text{Fase III} + \text{Fase IV}}{H_{tot}} \times 100$$

Donde:

Fase III: N° de organismos maduros

Fase IV: N° de organismos desovantes/expulsantes

Htot: Suma de individuos de la fase I al V.

$$IAD/IAE = \frac{\text{Fase IV}}{H_{tot}} \times 100$$

Donde:

Fase IV: N° de organismos desovantes/expulsantes

Htot: Suma de individuos de la fase I al V.

$$IGS = \frac{W_{gon}}{W_{tot}} \times 100$$

Donde:

Wgon: Peso de la gónada

Wtot: Peso total

A total of 1092 specimens were sampled, obtaining data on carapace diameter (CD) with 1 mm accuracy; the total weight and weight of gonads using an electronic balance with 0.01 g accuracy. One of the gonadal lobes was preserved in 10% formalin, then histologically processed by the paraffin infiltration method (HUMANSON, 1979) obtaining 6 µm thick cuts which were stained with Hematoxylin-Eosin, the histological preparations were examined microscopically. The stages of gonadal maturity were virginal (I), maturing (II); mature (III); spawning/expelling (IV), and recovery/rest (V) (BENDITA, 2016).

Once the sex and the gonadal maturity stage were identified, the sex ratio was estimated and the Chi-square (X<sup>2</sup>) test was performed. Likewise, the reproductive activity index (RAI), spawning activity index (SAI), and gonadosomatic index (GSI) were calculated using the following formulas:

$$RAI = \frac{\text{Stage III} + \text{Stage IV}}{H_{tot}} \times 100$$

Where:

Stage III: No. of mature organisms

Stage IV: No. of spawning/expelling organisms

Htot: Sum of individuals from stage I to V.

$$SAI/EAI = \frac{\text{Stage IV}}{H_{tot}} \times 100$$

Where:

Stage IV: No. of spawning/expelling organisms

Htot: Sum of individuals from stage I to V.

$$GSI = \frac{W_{gon}}{W_{tot}} \times 100$$

Donde:

Wgon: Weight of the gonad

Wtot: Total weight

### 3. RESULTADOS

El rango de tallas osciló entre 39 mm y 106 mm de DC, con 18,1% de organismos por debajo de la TMC y diámetro promedio de 77,4 mm de DC.

Macroscópicamente las gónadas de ambos sexos presentaron una coloración naranja, con mayor turgencia a partir de agosto.

De los 1092 organismos analizados, 52,9% fueron hembras, 44,7% machos y hubo 2,4% de indeterminados. La proporción sexual general fue de 0,8: 1 machos respecto a hembras. La variación mensual mostró predominio de hembras de marzo a julio con diferencias significativas y, con valores cercanos a 1: 1 en setiembre y octubre. La proporción sexual por rango de talla (cada 10 mm) favoreció a las hembras a partir de los 60 mm de DC.

La variación de las fases de madurez gonadal por mes evidenció que tanto en hembras como en machos la maduración inicia a finales del otoño extendiéndose hasta el invierno (julio), predominando organismos en maduración (II), observándose ovocitos desprendiéndose de la pared folicular. El proceso de maduración continuó en invierno, cuando predominaron organismos maduros (III) con proporciones significativas de estos hasta la primavera, estación donde además se identificó la mayor proporción de organismos desovantes/expulsantes (IV), siendo octubre donde se presentaron los valores más altos, con proporciones cercanas al 50% en hembras y 70% en machos. El reposo (V) se evidenció a partir de otoño con valores de hasta 95% observándose gónadas compuestas por tejido de relleno y células inmaduras listas para el siguiente evento reproductivo (Fig. 1).

### 3. RESULTS

The size range was between 39 mm and 106 mm CD, with 18.1% of organisms below the MCS and a mean diameter of 77.4 mm CD.

The gonads of both sexes were macroscopically orange, with greater turgidity from August onwards.

A total of 52.9% of the 1092 organisms analyzed were female, 44.7% were male, and 2.4% were undetermined. The overall sex ratio was 0.8M: 1F. Monthly variation showed a predominance of females from March to July with significant differences and, with values close to 1: 1 in September and October. The sex ratio by size range (every 10 mm) favored females from 60 mm CD.

The variation in the stages of gonadal maturity per month showed that in both females and males, maturation begins in late autumn and extends into winter (July), with a predominance of maturing organisms (II), with oocytes detaching from the follicular wall. The maturation process continued in winter when mature organisms (III) predominated with significant proportions of these until the spring, when the highest proportion of spawning/expelling organisms (IV) was identified, with October showing the highest values (close to 50% in females and 70% in males). Rest (V) was evident from autumn with values of up to 95% with gonads composed of filling tissue and immature cells ready for the next breeding event (Fig. 1).

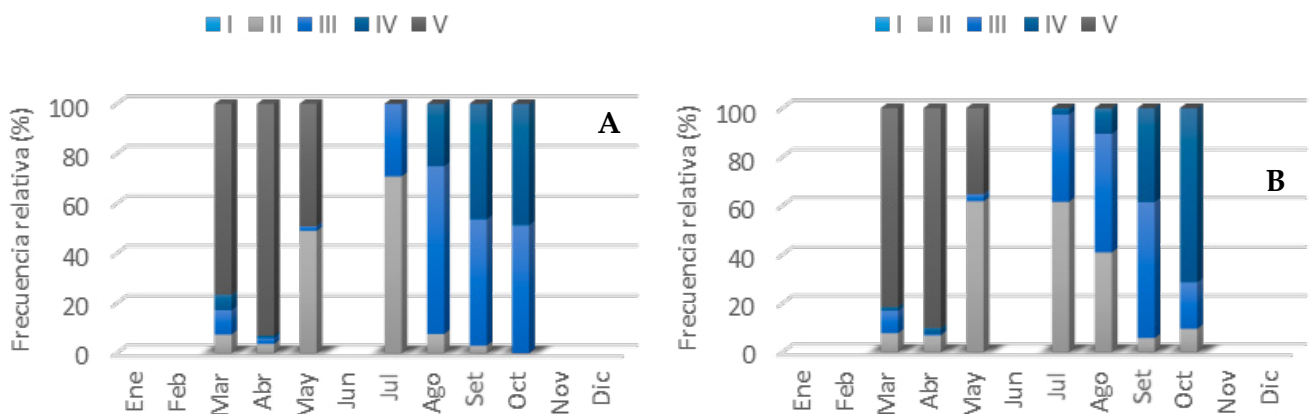


Figura 1.- Frecuencia relativa de las fases de madurez gonadal de *Loxechinus albus* por sexo. A: hembras, B: machos. 2017-2018

Figure 1. Relative frequency of gonadal maturity stages of *L. albus* per sex. A: females, B: males. 2017-2018

No se encontraron organismos virginales (I) a pesar de haber incluido organismos con tallas inferiores a los 44 mm de DC.

No virgin (I) organisms were found despite the inclusion of organisms with sizes smaller than 44 mm CD.

El índice de actividad reproductiva (IAR), que indica la proporción de organismos gonadalmente activos, presentó una tendencia similar en ambos sexos, observándose sus valores más bajos (inferiores a 3%) entre abril y mayo (otoño); mientras que, a partir de julio (invierno) este índice se incrementó alcanzando sus máximos valores en setiembre y octubre (primavera). En hembras alcanzó valores por encima del 90% a partir de agosto; mientras que en machos fue a partir de setiembre.

The reproductive activity index (RAI), which indicates the ratio of gonadally active organisms, showed a similar pattern in both sexes, with its lowest values (less than 3%) observed between April and May (autumn); while, from July (winter) this index increased, reaching its maximum values in September and October (spring). In females, it reached values above 90% as of August; while in males it was as of September.

Por otro lado, el índice de actividad desovante/expulsante (IAD/IAE), presentó una proporción máxima del 50% en hembras y 70% en machos durante setiembre y octubre, evidenciando la época principal de reproducción de *L. albus* en primavera para la región Arequipa (Fig. 2).

On the other hand, the Spawning Activity Index (SAI), had a maximum ratio of 50% in females and 70% in males in September and October, demonstrating that the main breeding season for *L. albus* is in spring for the Arequipa Region (Fig. 2).

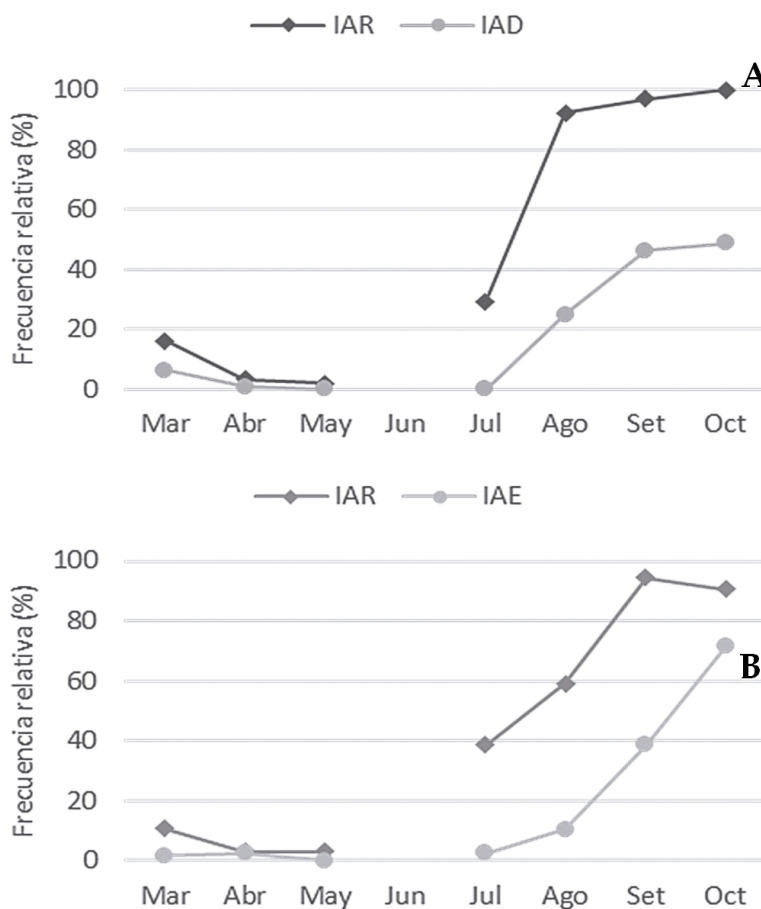


Figura 2.- Variación del índice de actividad reproductiva (IAR) y desovante/expulsante (IAD/IAE) por sexo de *Loxechinus albus*. A: hembras, B: machos, 2017-2018

Figure 2. Variation in the reproductive activity index (RAI) and spawning/expelling index (SAI/EAI) of *L. albus* per sex. A: females, B: males, 2017-2018

Finalmente, el IGS presentó sus valores más altos en julio 2017 (13,6%) y agosto 2018 (13,1%), época en la que predominan organismos madurantes (II) y maduros (III). En diciembre 2017 se obtuvo el valor más bajo de IGS (7,4%) el que presentó un ligero aumento en los meses de otoño y continuó en aumento hacia los meses de invierno y primavera 2018 (Fig. 3).

La variación de la temperatura superficial del mar (TSM) de enero a mayo fue superior a 16 °C coincidiendo con la elevada inactividad gonadal; mientras que, a partir de junio, este parámetro empezó a descender hasta 14,8 °C en agosto. En setiembre, la TSM disminuyó a 14,4 °C, siendo este el valor promedio más bajo coincidiendo con el incremento del IAD/IAE (Fig. 4).

Finally, the GSI reached its highest values in July 2017 (13.6%) and August 2018 (13.1%), when maturing (II) and mature (III) organisms predominated. The lowest value of the GSI was obtained in December 2017 (7.4%), which showed a slight increase in the autumn and continued to rise towards the winter and spring 2018 (Fig. 3).

The variation in the sea surface temperature (SST) from January to May was more than 16 °C, coinciding with the high gonadal inactivity, while from June onwards this parameter begins to fall to 14.8 °C in August. The SST decreases to 14.4 °C in September, which is the lowest mean value, coinciding with the increase in the SAI/EAI (Fig. 4).

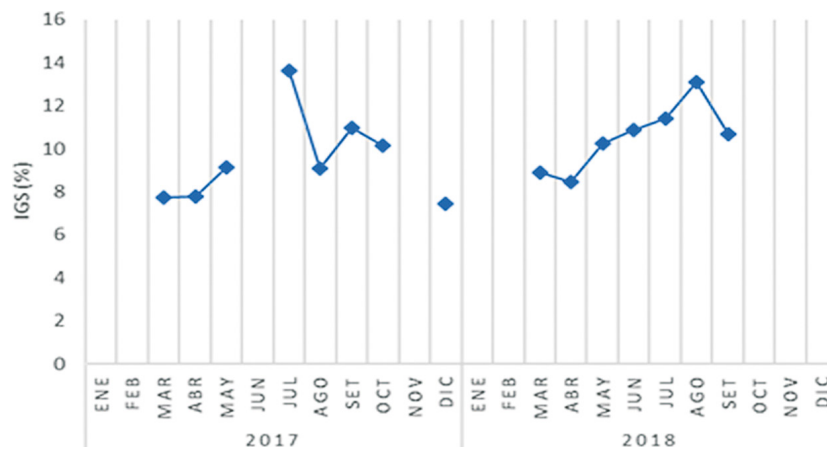


Figura 3.- Variación mensual del índice gonadosomático de *Loxechinus albus*. 2017-2018

Figure 3. Monthly variation in the gonadosomatic index. *L. albus*. 2017-2018

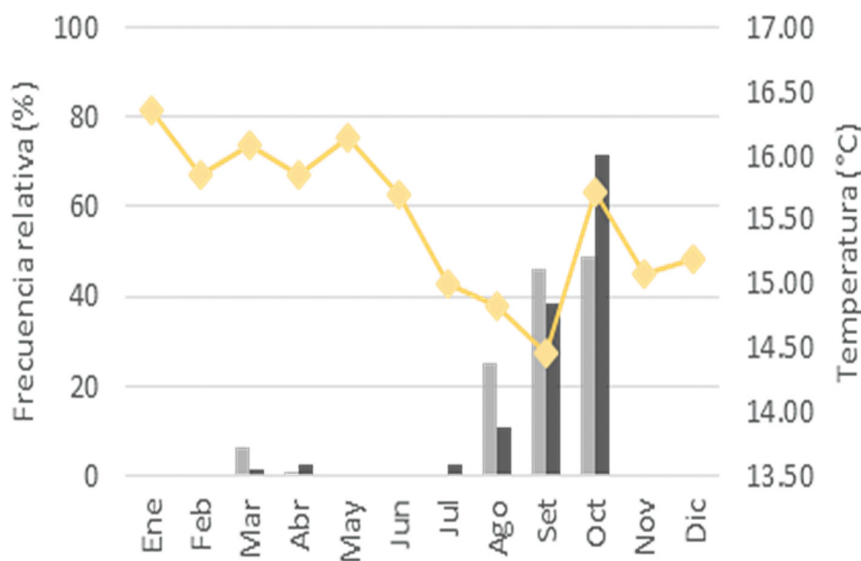


Figura 4.- Variación la temperatura superficial del mar (TSM) y variación de la IAD/IAE durante el periodo 2017-2018

Figure 4. Sea surface temperature (SST) variation and SAI/EAI variation between 2017-2018

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que el desove en la zona de estudio (17°S) se da principalmente de setiembre a octubre al igual que en el trabajo realizado por BENDITA (2016), mientras que YAMASHIRO *et al.* (1996) sugieren que este se da de octubre a noviembre. Por otro lado, en la zona norte de Chile PALMA y ARANA (1996) mencionan que este proceso ocurre entre noviembre y diciembre; mientras que en la zona central y sur ocurre entre julio y diciembre, es decir que este recurso puede presentar variaciones latitudinales, con una ocurrencia más tardía en el año conforme se avanza hacia el sur (ZAMORA y STOTZ, 1992) modificando su esfuerzo reproductivo en respuesta a condiciones ambientales favorables asociado principalmente a la disponibilidad y calidad del alimento (OYARZÚN *et al.*, 1999).

La maduración de *L. albus* durante el año fue sincrónica como en la mayoría de los equinoideos (BREWIN *et al.*, 2000) la cual además sigue una secuencia estacional (BYRNE, 1990). La gametogénesis inició en los meses de invierno cuando se produjo la mayor acumulación de gametos, siendo esta una característica propia de equinoideos (CALVO *et al.*, 1998) y si bien encontramos algunos organismos desovantes/expulsantes (IV) a fines de esta estación, la mayor proporción de estos se presentaron en primavera (YAMASHIRO *et al.*, 1996; CALVO *et al.*, 1998; SALAZAR, 1999; PÉREZ *et al.*, 2010) pudiendo extenderse al verano (BENDITA, 2016; PÉREZ *et al.*, 2010) como un desove secundario que es de baja intensidad y con elevada reabsorción (procesos de atresia) (ZAMORA y STOTZ, 1992). Durante el otoño primó el reposo gonadal, el cual puede tomar varios meses pues la gónada es usada para almacenar nutrientes para la producción de gametos de la siguiente época reproductiva (BYRNE, 1990).

En invertebrados marinos, se ha demostrado que las condiciones ambientales, especialmente temperatura, fotoperiodo y disponibilidad de alimento influyen a la maduración y los desoves (BROCKINGTON *et al.*, 2001; GIESE, 1959; PEARSE & CAMERON, 1991). Los resultados obtenidos mostraron una estrecha relación entre la variación de la TSM y el IAD/IAE en setiembre, al igual que en el estudio realizado por ZAMORA y STOTZ (1992) quienes identificaron una época principal de desove en julio-agosto en Coquimbo, Chile y la relación directa con la temperatura más baja (14 °C); mientras que otros autores señalan que sería la disponibilidad de alimento, sugiriendo una estrecha relación entre estos factores y el período reproductivo de esta especie.

#### 4. DISCUSSION

The results obtained suggest that spawning in the study area (17°S) occurs mainly from September to October as in the work carried out by BENDITA (2016), while YAMASHIRO *et al.* (1996) suggest that it occurs from October to November. PALMA & ARANA (1996) mention that this process occurs between November and December in northern Chile, while in the central and southern zone it occurs between July and December, this means that this resource may present latitudinal variations, with a later occurrence in the year as it moves southward (ZAMORA & STOTZ, 1992) modifying its breeding effort as a response to favorable environmental conditions associated mainly with the availability and quality of food (OYARZÚN *et al.*, 1999).

The maturation of *L. albus* was synchronous throughout the year as in most echinoids (BREWIN *et al.*, 2000), which also follows a seasonal sequence (BYRNE, 1990). Gametogenesis began in the winter when the greatest accumulation of gametes occurred, this is a characteristic of echinoids (CALVO *et al.*, 1998) and although some spawning/expelling organisms (IV) were found at the end of this season, the greatest proportion of these occurred in the spring (YAMASHIRO *et al.*, 1996; CALVO *et al.*, 1998; SALAZAR, 1999; PÉREZ *et al.*, 2010) and may extend to the summer (BENDITA, 2016; PÉREZ *et al.*, 2010) as a low-intensity secondary spawning with high reabsorption (atresia processes) (ZAMORA & STOTZ, 1992). Gonadal rest prevailed in autumn and may take several months as the gonad is used to store nutrients for the production of gametes for the next breeding season (BYRNE, 1990).

The environmental conditions, especially temperature, photoperiod, and food availability, have been shown to influence maturation and spawning in marine invertebrates (BROCKINGTON *et al.*, 2001; GIESE, 1959; PEARSE & CAMERON, 1991). The results obtained showed a close relationship between the SST variation and the SAI/EAI in September, as in the study carried out by ZAMORA & STOTZ (1992) who identified the main spawning season in July-August in Coquimbo, Chile and the direct relationship with the lower temperature (14 °C); while other authors indicate that it would be the availability of food, suggesting a close relationship between these factors and the breeding period of this species.

El IGS presentó sus valores más altos en invierno y disminuyó hacia los meses de primavera indicando un claro periodo de desove, similar a lo reportado por PÉREZ *et al.* (2010) quienes identificaron un pico en julio-agosto y uno secundario en marzo-abril con un elevado número de fagocitos nutritivos y material de reserva; y ausencia de organismos maduros. En equinoideos, las gónadas también funcionan como órganos de almacenamiento de nutrientes (BOOLOOTIAN, 1966; BERNARD, 1977) por lo que el alto IGS observado en los meses de otoño puede reflejar la acumulación de materiales de reserva y no necesariamente la gametogénesis, ya que es baja durante ese periodo.

Los datos obtenidos evidencian un desequilibrio en la población ya que la proporción sexual favoreció a las hembras difiriendo de lo hallado por PÉREZ *et al.* (2010) quienes reportaron una relación de 1: 1, al igual que en *Echinometra lucunter* (REYES-LUJÁN *et al.*, 2015). Este predominio se dio principalmente durante los meses de menor actividad gonadal y no representó más del 3% siendo inferior a lo reportado por otros autores (YAMASHIRO *et al.*, 1996; BENDITA, 2016) alcanzando la proporción esperada de 1:1 a partir de setiembre.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los índices reproductivos aplicados, la época reproductiva principal de *Loxechinus albus* en la región Arequipa durante el periodo marzo 2017-setiembre 2018, fue en la estación de primavera.

La intensidad del desove fue superior en machos, no superando valores del 70%.

El descenso de la TSM tuvo estrecha relación con el inicio de la gametogénesis y el desove.

The GSI peaked in winter and declined towards the spring indicating a clear spawning period, similar to that reported by PÉREZ *et al.* (2010) who identified a peak in July-August and a secondary peak in March-April with a high number of nutrient phagocytes and reserve material; and absence of mature organisms. The gonads in echinoids also function as nutrient storage organs (BOOLOOTIAN, 1966; BERNARD, 1977) so the high GSI observed in the autumn may reflect the accumulation of reserve materials and not necessarily gametogenesis, as it is low during that period.

The data obtained show an imbalance in the population as the sex ratio favored females, which differs from what was found by PÉREZ *et al.* (2010) who reported a ratio of 1:1, as in *Echinometra lucunter* (REYES-LUJÁN *et al.*, 2015). This predominance occurred mainly during the months of lower gonadal activity and represented no more than 3% which is lower than what was reported by other authors (YAMASHIRO *et al.*, 1996; BENDITA, 2016) and reached the expected ratio of 1:1 as of September.

## 5. CONCLUSIONS

According to the reproductive indices applied, spring was the main breeding season of *Loxechinus albus* in the Arequipa Region between March 2017 and September 2018.

Spawning intensity was higher in males, not exceeding values of 70%.

The decline in SST was closely related to the beginning of gametogenesis and spawning.

## REFERENCIAS / REFERENCES

- 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 de pregrado. Universidad Nacional de Moquegua. 78 pp.
- BERNARD F R. 1977. Fishery and reproductive cycle of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, in British Columbia. J. Fish. Res. Board Can. 34(5): 604-610.
- BOOLOOTIAN R A. 1966. Reproductive physiology. In: Boolootian RA (ed) Physiology of Echinodermata. Interscience Publishing New York. 561-614 pp.
- BREWIN P E, LAMARE M D, KEOGH J A, MLADENOV P V. 2000. Reproductive variability over a four-year period in the sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinometridae) from differing habitats in New Zealand. Mar. Biol. 137: 543-557.
- BROCKINGTON S, CLARKE A, CHAPMAN A L G. 2001. Seasonality of feeding and nutritional status during the austral winter in the Antarctic sea urchin *Sterechinus neumayeri*. Mar. Biol. 139: 127-138.
- BYRNE M. 1990. Annual reproductive cycle of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. Mar. Biol. 104: 275-289.



- CALVO J, MORRICONI E, ORLEAR P. 1998. Estrategias reproductivas de bivalvos y equinoideos. In: E.E. Boschi (ed.). El mar argentino y sus recursos pesqueros.
- GIESE A C. 1959. Reproductive cycle of some west coast invertebrates. In: Withrow RB (ed) Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC. 625 – 638 pp.
- HUMASON G. 1979. Animal tissue techniques. Fourth edition. W. H. Freeman Co. San Francisco. 661 pp.
- OYARZÚN S, MARÍN S, VALLADARES C, IRIARTE J. 1999. Reproductive cycle of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) in two areas of the Magellan region (53°S, 70-72°W), Chile. Scientia Marina. 63: 439-449.
- PALM S, ARANA P. 1996. Método rápido de determinación del sexo en el erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina, 1782) y su aplicación en estudios biológico-pesqueros. Investigaciones marinas. 24: 123-130.
- PEARSE JS, CAMERON RA. 1991. Echinodermata: Echinoidea. In: Giese AC, Pearse JS, Pearse VB (eds) Reproduction of marine invertebrates. Volume VI. Echinoderms and Lophophorates. The Boxwood Press, California. 513-662 pp.
- PÉREZ A, BO C, MORRICONI E, CALVO J. 2010. Reproductive cycle and reproductive output of the sea urchin *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) from Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina Polar Biol. 33: 271.
- REYES-LUJÁN J, ARRIECHE D, ZAPATA-VÍVENES E, BARRIOS J, SALGADO W, LODEIROS C. 2015. Ciclo gametogénico del erizo marino *Echinometra lucunter* (Echinometra: Echinoidea) en el Noriente de Venezuela. Rev. Biol. Trop. Vol. 63 (Suppl. 2): 273-283.
- SALAZAR D A. 1999. Madurez gonadal en el erizo rojo, *Loxechinus albus* (Molina 1982) (Echinoidea, Echinidae). Tesis de pregrado. Universidad Ricardo Palma.
- VÁSQUEZ J A, DONOSO G A. 2013. *Loxechinus albus* en: Sea Urchins: Biology and Ecology. Editor: John Miller Lawrence. 285-296 pp.
- YAMASHIRO C, BENITES C, ZEBALLOS J, TAFUR R. 1996. Algunos aspectos biológico-pesqueros del recurso erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). Inf Prog Inst Mar Perú. 38: 31-46.
- ZAMORA S, STOTZ W. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Rev Chil Hist Nat. 65: 121-133.