

Aspectos biológicos de *Emerita análoga* en relación al ciclo “El Niño Oscilación Sur” 1996-2000, Lambayeque - Perú

Biological reactions of *Emerita análoga* in relation to the cycle “El Niño South Oscillation” 1996-2000, Lambayeque - Perú

Víctor Alvitres C.¹, Jorge Fupuy Ch.¹, Jorge Chanamé C.², Adela Chambergo LI.^{1,2}

Resumen

Con el objeto de estudiar la sensibilidad de *E. análoga* a los cambios climáticos, se observaron respuestas de tendencia frente a los efectos producidos por los eventos del ciclo “El Niño Oscilación Sur”: “La Niña” (marzo 1996 - febrero 1997) que para el estudio se asumió condiciones normales, durante “El Niño” 1997-98 (marzo 1997 - mayo 1998) y durante “La Niña” 1998-2000 (junio 1998 - diciembre 2000). Los muestreos se realizaron en Caleta San José (Lambayeque-Perú), durante 1996-2000, capturándose los especímenes utilizando “cafán” durante las bajas mareas. Se registró longitud céfalo torácica (Lc, mm) y peso total (0,001 g); se separan los huevos de entre los pleópodos para estudio de fertilidad y portación de crías; se analizaron los órganos del celoma bajo microscopio estéreo para estudio de parásitos. Se registro temperatura del agua superficial (°C). Fueron analizados los reportes climatológicos de la misión U.S.-French TOPEX / Poseidón y de la NOAA (2000).

Se concluye que *E. análoga* es una especie sensible al efecto de los cambios producidos por eventos del ciclo ENSO, cuyas respuestas tienden hacia la supervivencia de la especie. La componente adulta de la población desapareció durante las mayores temperaturas, con el gran evento cálido “El Niño” 1997 -1998. Se incrementó el número de especies de parásitos; pero hubo una disminución significativa del número de parásitos por individuo de *Marytrema sp.* y *Polymorphus bullocki*. Hubo un incremento aparente del número promedio de huevos y embriones, pero una disminución ostensible de la tasa reproductiva por unidad de talla; y por el contrario se incrementó del período reproductivo y del aporte de crías.

Palabras clave: *Emerita análoga*, Efectos del ENSO: tallas, parásitos, biología reproductiva.

Abstract

In order to studying the sensibility of *E. analoga* to the climatic changes, tendency answers were observed in front of the effects taken place by the events of the cycle “El Niño South Oscillation”: “La Niña” (March 1996 - February 1997) that was assumed normal conditions for the study, during “El Niño” 1997-98 (March 1997 - May 1998) and during “La Niña” 1998-2000 (June 1998 - December 2000). The samplings were enhanced in Caleta San José (Lambayeque-Perú), during 1996-2000, the specimens were captured with “cafán” in low tides. Cephalo-thorax length (Lc, mm) and total weight (0,001 g) were registered; eggs were separated from pleopods to study fertility and portation of breedings; the coeloma organs were analyzed by means of a stereoscope microscope to study parasites. It registered temperature of the superficial water (°C). The climatic reports of the mission U.S.-French TOPEX / Poseidon and of the NOAA (2000) were analyzed.

It concludes that *E. analoga* is a sensitive species to the effect of the changes taken place by events of the cycle ENSO, whose answers tend to the survival of the species. The population's mature component disappeared during the highest temperatures, with the great warm event “El Niño” 1997 -1998. It was increased the number of parasites species; but there was a significant decrease of the number of parasites per individual in the species *Marytrema sp.* and *Polymorphus bullocki*. There was an apparent increment of the eggs and embryos average, but an ostensible decrease of the reproductive rate per size unit; and on the contrary, the reproductive period and the contribution of breedings were increased.

Key words: *Emerita analoga*, effects of the ENSO on sizes, parasites, reproductive biology.

¹Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo,
valvitres@usat.edu.pe

²Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
jchaname@hotmail.com

Introducción

El Perú es un gran ejemplo de como las previsiones de corto plazo de los eventos "El Niño" pueden ser valiosas. En éste, como en la mayoría de países tropicales en vías de desarrollo, la economía y producción de alimentos en particular, es muy sensible a las fluctuaciones del clima. Los años cálidos, conocidos como "El Niño", tienden a ser desfavorables particularmente para la pesca, y algunos de ellos han sido marcados por los daños a causa de los diluvios a lo largo de la zona costera y en zonas andinas, particularmente en la parte norte del país. Los años fríos, conocidos como "La Niña", son bienvenidos por pescadores, pero no por agricultores debido a que estos años frecuentemente han sido notables por la sequía y pérdidas de cosecha; tales años fríos vienen a menudo a continuación de fuertes "El Niño". Así que, en el Perú tenemos razón para estar prevenidos, no sólo sobre los eventos "El Niño", sino también sobre los extremos del ciclo "El Niño" Oscilación Sur (ENSO en inglés).

En la última década del Siglo XX, el clima global fue impactado por diferentes condiciones del ciclo "El Niño", cuya evolución entre los años 1996-2000 empezó con una "La Niña" débil, casi de condiciones normales, luego siguió un "El Niño" 1997-1998 extraordinariamente largo y fuerte, pleno con inundaciones, y finalmente terminó con una "La Niña" 1998-2000 larga. La temperatura global significativamente impactada por este sistema fue manifiesta en las costas de Lambayeque - Perú, que evidentemente afectó la dinámica de las poblaciones intermareales.

En el ciclo de vida de las poblaciones intermareales esto puede traducirse en alteraciones de aspectos de la biología de los organismos, lo cual repercute en la dinámica de las poblaciones. Bajo este

contexto se estudia el cangrejo de arena *Emerita análoga*, un crustáceo anomuro que habita las playas arenosas desde Piura hacia el sur del Perú, por ocupar una posición central en el intermareal arenoso y constituir un componente importante en la cadena alimenticia del ecosistema costero. El impacto que sobre *E. análoga* ejercen los cambios climáticos como el ciclo de "El Niño", ha sido reportado por Arntz *et al.* (1987), Alvitres *et al.* (1996, 1997, 1998, 1999, 2000), Cortez (1999).

Animados por el progreso de la última década, científicos como de la Red del Impacto Biológico de los eventos El Niño y gobiernos en muchos países trabajan juntos para diseñar y construir un sistema global: observando particularmente la Corriente Costera Peruana con sus organismos, y haciendo rutinarias predicciones del clima permitirán pronosticar "El Niño" y otros ritmos del clima irregulares, los que deben estar rápidamente disponible para planear predicción de desastres. La habilidad de anticiparse cómo el clima cambiará de un año al próximo llevará a un buen manejo de las pesquerías, agricultura, suministros de agua, y otros recursos. Incorporando las predicciones del clima en las decisiones de dirección, se adaptará bien la humanidad a estos ritmos irregulares.

Frente a la problemática que tiene el efecto del evento climático "El Niño" sobre la economía del país y sobre los organismos, el propósito del estudio fue determinar si en *E. análoga*, como una especie sensible, se observan respuestas de tendencia frente a los efectos producidos por los eventos "El Niño"; para cuyo efecto se estimó analizar los cambios que se puedan producir en la estructura poblacional, variación de la prevalencia de parásitos, así como en la fertilidad y aporte de crías de este crustáceo de la infauna litoral.

Materiales y procedimientos

Con el propósito de estimar los efectos del Ciclo "El Niño Oscilación Sur" se estudiaron aspectos de la biología *E. análoga* durante 1996-2000. Se realizaron muestreos en Caleta San José (Lambayeque-Perú), capturándose quincenalmente los especímenes con "cafán" de 2 mm de malla (Alvitres y Chanamé, 1994) durante las bajas mareas. Con "vernier" se registró longitud cefalotorácica (Lc) en 0,1 mm y peso total en 0,001 g; se separan los huevos para estudio de fertilidad; bajo microscopio estéreo se analizaron los órganos del celoma para estudio de parásitos.

Se registro temperatura del agua superficial (°C); así mismo, se analizaron los reportes climatológicos de la misión U.S.-French TOPEX / Poseidón y de la NOAA (2000). El análisis poblacional de *E. análoga* se realizó agrupándolos por sexo, talla, parasitosis, fertilidad (fase de desarrollo embrionario) y portación de crías en relación al ciclo de El Niño (NOAA, 2000): "La Niña" (marzo 96 - febrero 97) que para el estudio se consideró condiciones normales, durante "El Niño" 1997-98 (marzo 97 - mayo 98) y durante "La Niña" 98-2000 (junio 98 - diciembre 2000).

Se estimaron las tallas medias (Lc mm) por sexo en relación a las fases del ENSO. Se determinó edad por distribución de frecuencias de talla, empleando el método de Bhattacharya (Gayaniilo *et al.*, 1994) a través de la subrutina análisis de progresio-

nes modales del programa computacional FiSAT (FAO - ICLARM Stock Assessment Tools). La parasitosis fue analizada en base a sus frecuencias y número de parásitos por individuo, a través de la prueba Chi cuadrado de independencia de criterios en la asociación grupos de parásitos con los ciclos del ENSO. La fertilidad se estudió a través del promedio de huevos o embriones, para las dos primeras fases del desarrollo embrionario de *E. análoga*, en relación al ENSO. La portación de crías se examinó en relación a la temperatura durante el período de estudio del ENSO. Todas las pruebas se realizaron en el programa Microsoft Excel a un nivel = 0,05, de acuerdo a Zar (1996).

Resultados y discusión

Estructura de la población de *E. análoga*

Las tallas medias de *E. análoga* presentaron grandes variaciones, tanto en machos como en hembras (Tabla 1). La tendencia de éstas parece estar relacionada con la temperatura; sin embargo, es probable que estén influenciadas también por los reclutas. Las tallas acompañan las fluctuaciones de temperatura y se mantuvieron durante la primera fase de "El Niño", pero con el incremento de la temperatura en la segunda fase de ésta las tallas disminuyeron abruptamente, al extremo que antes de que concluya esta fase desapareció la población adulta (Fig. 1).

Tabla 1. Tallas medias (mm) de longitud cefalotorácica de *E. análoga* durante los períodos del ciclo El Niño 1996 - 2000, y sus fases. Caleta San José, Lambayeque - Perú.

Fases del Ciclo "El Niño"	Machos	Hembras
"La Niña" : mar 96 - feb 97(situación normal)	13,2	26,3
"El Niño": mar - set 97, 1ra Fase	13,1	25,4
"El Niño": oct 97 - mayo 98, 2da. Fase	8,2	18,1
"El Niño": abril 1998	2,5	3,0
"El Niña": jun 98 - jul 99, 1ra. Fase	4,2	6,9
"El Niña": ago 98 - dic 2000, 2da. Fase	7,7	14,1

Con la aparición del período del frío “La Niña” 98-2000, la población empieza a recolonizar las playas, llegando a estar constituida sólo por una población juvenil, que completa su estadio adulto en la segunda fase de este episodio frío.

El análisis punto a punto mensual de la relación temperatura del agua de mar con las tallas no evidencia asociación entre estas variables. Así para las hembras durante el periodo “La Niña” 1996-1997 se tuvo una asociación de $r = 0,339$, y durante “El Niño” 1997-1998 un $r = 0,484$.

El análisis poblacional de las hembras reveló la diferente constitución de los grupos de edad de *E. analoga* en el Ciclo del ENSO; así, para el grupo edad 2, las tallas fueron 18,94; 22,58 y 17,87 mm Lc, respectivamente durante “La Niña” (normal) 1996-1997, “El Niño” 1997-1998 y “La Niña” 1998-2000 (Fig. 2). Esto pone en evidencia que hay un efecto positivo en el incremento de las tallas medias de la especie en estudio. Además, se hace notoria la aparición del grupo 1, e incluso de los reclutas, al parecer por una gran actividad reproductiva durante “El Niño” 1997-1998 y “La Niña” 1998-2000.

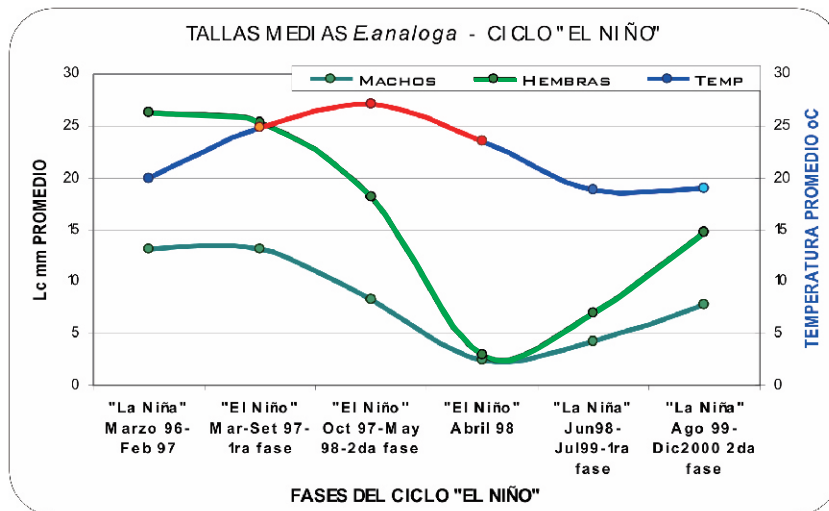


Fig. 1. Evolución de las tallas medias de *E. analoga* relacionada con la temperatura, durante el ciclo El Niño 1996 - 2000, Caleta San José, Lambayeque - Perú.

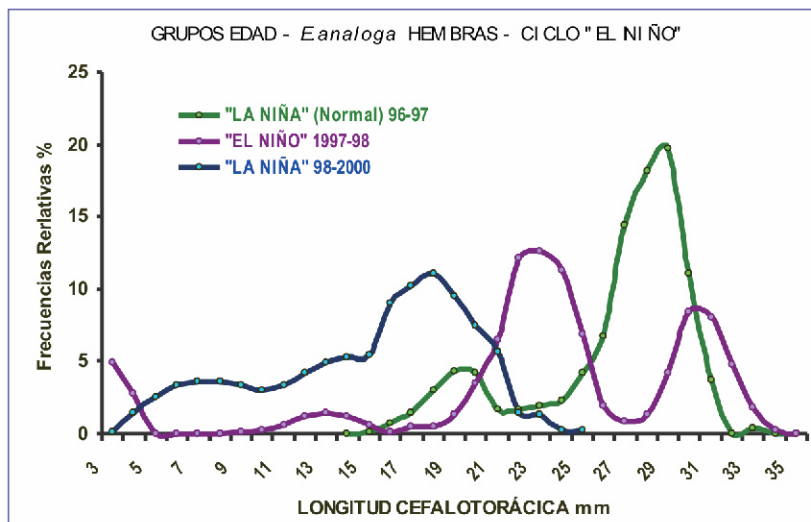


Fig. 2. Evolución de los grupos de edad de *E. analoga*, durante el ciclo “El Niño” 1996 - 2000, Caleta San José, Lambayeque Perú.

Parasitosis en *E. análoga*

El ciclo ENSO ocasionó un gran impacto sobre la fauna parasitaria, pues durante “El Niño” 1997-1998, tomando como referencia a “La Niña” 1996-1997, ésta se incrementó, pero durante “La Niña” 1998-2000, disminuyó extraordinariamente, al parecer porque la población estuvo en un proceso de franca recuperación. En estas circunstancias, se identificaron siete especies de parásitos helmintos durante el extraordinario evento cálido, el cual fue mayor que durante el período “La Niña” 1996-1997 (considerada un evento cercano a un evento normal) en que se presentaron cinco especies, y en comparación al evento frío “La Niña” 1998-2000 en que disminuyó a sólo tres especies (Cuadro 1).

El análisis de prevalencia de las especies de parásitos de *E. análoga* evidenció que la especie se encontró sometida a una elevada parasitosis, representando tasas de 84,49%, 79,03 y 84,28%, respectivamente durante los períodos del ciclo ENSO en estudio; determinándose una mayor proporción de la parasitosis en las hembras (75,30%, 53,18% y 93,39%, respectivamente), que también observaron Alvitres *et al.* (1998).

La prevalencia de parasitosis por individuo global, para las tres especies de parásitos presentes en todo el estudio, en relación a

los tres eventos del ciclo ENSO evidencia diferencias significativas en el análisis de la prueba Chi cuadrado de independencia de Criterios: $\chi^2 = 13,254$ ($\chi^2_{4, 0,05} = 9,488$); lo cual indica no haber asociación entre las tres especies de parásitos con los tres eventos del ciclo ENSO.

Un análisis individual (Fig. 3), muestra que la especie de parásito más abundante: *Marytrema sp.*, es sensible al impacto del ciclo ENSO, pues el número de especies por individuo disminuyó ostensiblemente durante el período cálido de “El Niño” 1997-1998. *Polymorphus bullocki*, al parecer también presentaría la misma tendencia, excepto por presentarse disminuido también durante “La Niña” 1998-2000, cuya explicación se deberá a que *E. análoga* aún se encuentra en proceso de recuperación de la población, particularmente la componente adulta.

El impacto del ciclo ENSO sobre *E. análoga* se manifiesta además en la prevalencia de los parásitos por sexo y por talla, cuya variabilidad se observó poco antes de iniciarse la fase cálida; esto se puede considerar indicador de la presencia de estos eventos climáticos, como el extraordinario “El Niño” 1997-1998, que también lo refieren Alvitres *et al.* 1999.

Cuadro 1. Relación de especie de parásitos de *E. análoga*, por períodos de “El Niño”, en Caleta San José, Lambayeque Perú.

“La Niña” 1996 - 1997	“El Niño” 1997 - 1998	“La Niña” 1998 - 2000
<u>Céstode</u>	<u>Céstodes</u>	
<i>Eutetranychus sp.</i>	<i>Eutetranychus sp.</i>	
	<i>Nybelinia sp.</i>	
<u>Nemátodes</u>	<u>Nemátodes</u>	<u>Nemátodes</u>
<i>Proleptus sp.</i>	<i>Proleptus sp.</i>	
<i>Spiruroidea (Familia)</i>	<i>Spiruroidea (Familia)</i>	<i>Spiruroidea (Familia)</i>
<u>Acantocéfalo</u>	<u>Acantocéfalo</u>	<u>Acantocéfalo</u>
<i>Polymorphus bullocki</i>	<i>Polymorphus bullocki</i>	<i>Polymorphus bullocki</i>
<u>Digeneo</u>	<u>Digeneos</u>	<u>Digeneo</u>
<i>Marytrema sp.</i>	<i>Marytrema sp.</i>	<i>Marytrema sp.</i>
	<i>spp. (no identificada)</i>	

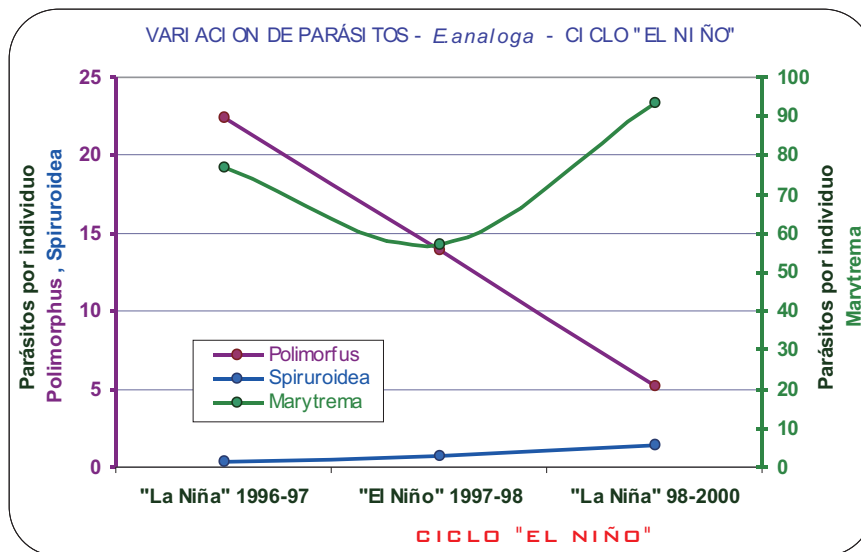


Fig. 3. Prevalencia de parásitos en *E. analoga*, durante el ciclo El Niño 1996 2000, Caleta San José, Lambayeque - Perú

Biología reproductiva en *E. análoga*

Fertilidad

El efecto del ciclo "El Niño" se evidenció en la fertilidad global de *E. análoga* (número de huevos en fase de desarrollo embrionario Ov-1), que en promedio fue mayor durante "El Niño" 1997-1998 (n huevos = 8894), lo cual se explica debido a que la población había alcanzado mayores tallas; en tanto que durante "La Niña" 1998-2000 la población era aún joven (n huevos = 2212), en comparación a la casi situación normal en que se desarrolló la especie en estudio durante "La Niña" 1996-1997 (n huevos = 5782). En la siguiente fase de desarrollo embrionario Ov-2 (Cortez, 1999), la tendencia fue similar, esto es mayor número de embriones durante "El Niño" 1997-1998, como refieren Alvitres *et al.* (2000), pero proporcionalmente menor que en la fase Ov-1, por la pérdida de huevos en el desarrollo natural (Fig. 4).

Se tiene referencia que la fertilidad de *E. analoga* es dependiente de la talla (Alvitres *et al.*, 1998); por este motivo un análisis de mayor detalle sobre el número de huevos, para la fase Ov-1, en relación a la talla (13,5 y 15,0 mm Lc), evidenció que el evento climático cálido "El Niño" 1997-1998 impactó negativamente en la fertilidad del crustáceo en estudio (tabla 2), pues para ambas tallas

el número de huevos fue mucho menor que durante "La Niña" 1996-1997 e incluso que durante "La Niña" 1998-2000, en que se estuvo recuperando la población.

Portación de crías

La portación de crías, referida como presencia de huevos o crías en los pleópodos de *E. analoga*, evidencia el período reproductivo, el cual se presenta durante casi todo el año. Durante "La Niña" 1996-1997, considerada como período normal, se observó desde diciembre a julio (entre fines de primavera e inicios de invierno), realizándose el desove entre invierno y primavera (Fig. 5).

Durante "El Niño" 1997-1998, el esquema reproductivo fue modificado, pues se presentó en dos períodos, aunque de menor intensidad; al parecer como un presagio el efecto negativo que tuvo el extraordinario evento cálido sobre la población. En el largo evento frío "La Niña" 1998-2000, *E. análoga* se estuvo acomodando a su esquema reproductivo normal, y siendo una población en recuperación los períodos reproductivos fueron bajos. Entonces el período reproductivo, que es sensible al ciclo ENSO, es una variable que respondió positivamente a las condiciones de incremento de la temperatura. Así pues, La portación de

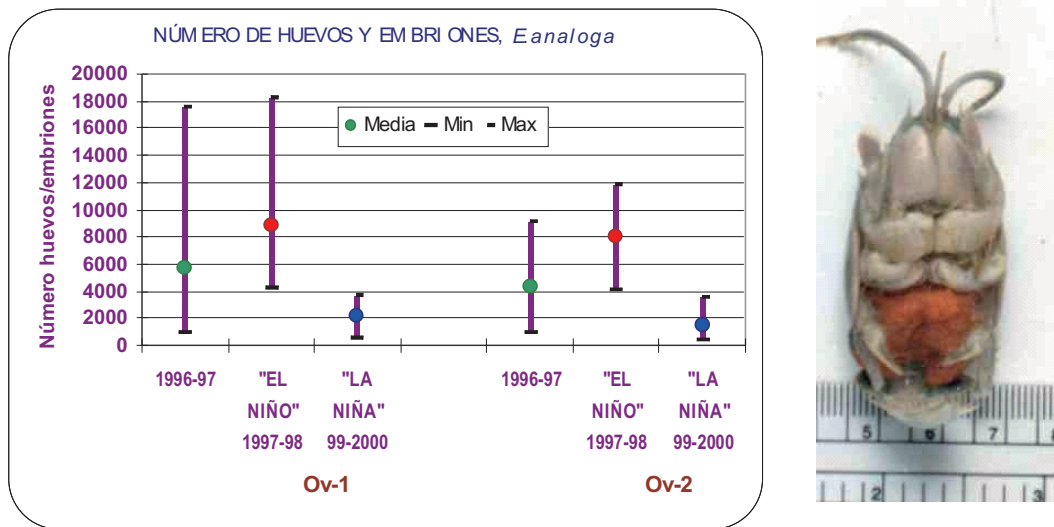


Fig. 4. Número promedio de huevos (Ov-1) y embriones (Ov-2) en la población de *E. analoga*, (Ov-5) durante el ciclo "El Niño" 1996-2000, Caleta San José, Lambayeque - Perú

Tabla 2. Número promedio de huevos (fase OV-1) de *E. análoga* durante el ciclo del ENSO 1996-2000, Para las tallas de 13,5 y 15 mm Lc. Caleta San José, Lambayeque - Perú.

Ciclo ENSO	13,5 mm Lc	15 mm Lc
"La Niña" 1996 - 1997	1 375	1 877
"El Niño" 1997 - 1998	1 096	1 516
"El Niño" 1998 - 2000	1 373	1 854

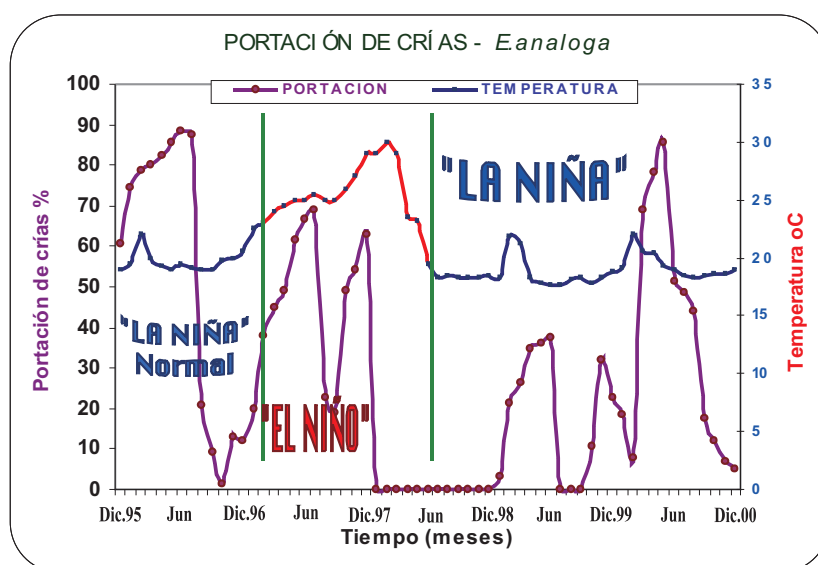


Fig. 5. Portación de huevos y embriones por *E. análoga*, en relación a la temperatura del agua de mar, en el ciclo El Niño 1996-2000, Calta San José, Lambayeque - Perú

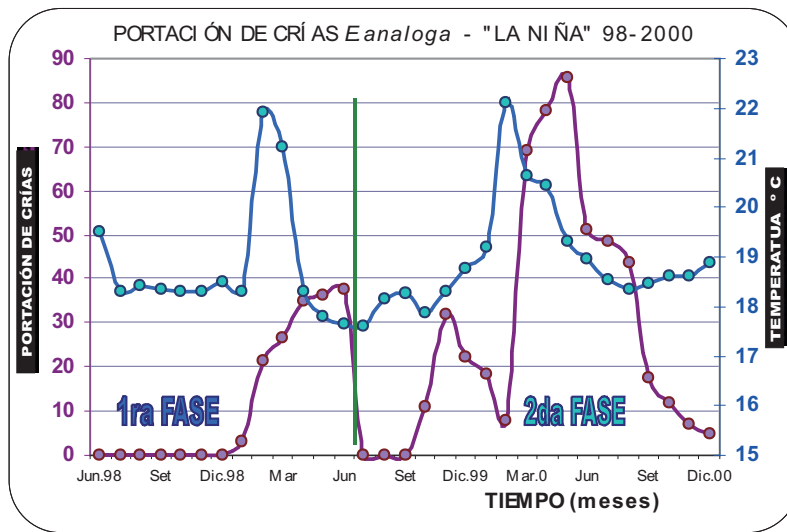


Fig. 6. Portación de huevos y embriones por *E. análoga*, en relación a la temperatura del agua de mar, durante el "La Niña" 1998-2000, Caleta San José, Lambayeque - Perú

crías acompañó a la temperatura superficial del agua de mar, pero se presentó con un desfase de 1-3 meses, y con una respuesta a las menores variaciones de ésta, como se exhibió en "La Niña" 1998-2000 (Fig. 6).

El aporte de crías que realizó la población de *E. análoga* en la última fase de desarrollo embrionario es bajo, al pasar desde la fase Ov-1 a Ov-5, como lo refieren Cortez (1999) y Alvitres *et al.* (1999). En la presente investigación representó el 36,22%, 57,68% y

Agradecimientos:

Nuestro agradecimiento al CONCYTEC y a la OEA por el apoyo económico, que hicieron posible los muestreos, así como a

los alumnos de Biología Pesquera de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por su colaboración en los muestreos.

Conclusiones

E. análoga es una especie sensible a los cambios ambientales, producidos por eventos del ciclo "El Niño Oscilación Sur", respondiendo al impacto de los eventos de manera positiva o negativa, tendiente hacia la supervivencia de la especie.

Las tendencias de *E. análoga*, ante un gran evento cálido como "El Niño" 1997-1998, fue que la estructura de la población tuvo un incremento moderado de la talla frente a un ligero incremento de la temperatura del agua de mar, pero hubo desaparición de la componente adulta de la población, con el aparente aumento de las temperaturas del agua de mar.

Se incrementó el número de especies de parásitos de 5 a 7 durante "El Niño" 1997-1998, estabilizándose la fauna parasitaria con el aumento de la talla durante "La Niña" 1998-2000; así mismo, disminuyó significativamente del número de parásitos por individuo en las

especies *Marytrema sp.* y *Polymorphus bullocki* durante "El Niño" 1997-1998.

Aumentó aparentemente el número promedio de huevos y embriones en la población, por efecto de "El Niño" 1997-1998; sin embargo hubo una disminución ostensible de la tasa reproductiva por unidad de talla. Así mismo, tuvo un incremento del período reproductivo y del aporte de crías.

Por el contrario, la tasa de aporte de crías fue alta durante de "El Niño" 1997-1998, respondiendo positivamente ante un impacto negativo de este evento climático.

La población aún en recuperación de *E. análoga*, ante a un evento climático frío, como "La Niña" 1998-2000, tiende a ser similar a lo experimentado en una condición casi normal, como lo presentado durante el evento "La Niña" 1996-1997.

“El Niño” 96-2000; esto evidencia la sensibilidad y respuesta de la especie en estudio, pues responde con un mejor aporte de crías, preparándose ante un efecto negativo como lo fue el extraordinario evento cálido “El Niño” 1997

16,01%, respectivamente para el ciclo.

Referencias bibliográficas

- Alvitres, V. y J.Chanamé. 1994. Influencia de “El Niño” en la composición por tallas de *Donax peruvianus*, 1991 - 1992. Res. VII Congreso Iberoamericano biodiversidad y zoología de vertebrados, Piura - Perú. pp 176.
- Alvitres, V., M. Herrada, J. Chanamé, J. Fupuy, y B. Veneros. 1996. Edad y crecimiento de *Emerita analoga* Trujillo-Perú, abril 1995 - marzo 1996. Res. XII Congreso Nac. Biología, Ayacucho - Perú. pag 131.
- Alvitres, V., J. Chaname y J. Fupuy. 1997. Influencia del ENSO durante 1997 en la costa de Lambayeque. Libro Resúmenes Seminario Taller: Impacto biológico de los eventos El Niño. CONCYTEC - RIBEN
- Alvitres, V., J Fupuy, J Chanamé, E Angulo y M Cortez. 1998. Influencia de “El Niño” 97-98 sobre la fecundidad de *E. análoga*, Lambayeque - Perú. En Libro Resúmenes del IV Congreso Latino americano de ecología y II Congreso Peruano de Ecología, 20 al 25 Octubre de 1998, Arequipa - Perú, pp. (E) 16.
- Alvitres, V.; J. Chanamé, J. Fupuy, A. Chambergo y M. Cortez. 1999. Cambios en la prevalencia de los helmintos parásitos de *Emerita análoga* por efecto de “El Niño 1997-98”. En Revista Peruana de Biología. Volumen extraordinario. Facultad de Ciencias Biológicas-UNMSM, Lima Perú, diciembre 1999. pp 69-76.
- Alvitres, V., J. Fupuy, J. Chaname, A. Chambergo y M. Cortez. 2000. Influencia de "La Niña" 98-2000 en la Biología de *Emerita análoga*, Lambayeque-Perú. Libro Resúmenes Simposio Internacional La Niña y su Impacto Biológico. Lima-Perú., Noviembre 2000. Pp 68-69.
- Arntz, W, T. Brey. J. Tarazona y J. Robles. 1987. Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. pag. 645-648. In: A. Payne, J.Gulland and K.Brink (eds) The Benguela and comparable frontal system. 41
- Cortez, M. 1999. Biología reproductiva de *Emerita análoga*, Playa San José Lambayeque, Abril 1997 Julio 1998. Tesis de Licenciado en Biología. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque Perú. 49 pp
- Gayanilo, F., P. Sparre and D. Pauly. 1994. The FAO ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT), Users guide (Final Draft). FAO computerized information series, fisheries
- NOAA. 2000. The 19982000 Pacific Cold Episode (La Niña). [online] URL: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/assessments/assess_99/enso.html
- Zar, J. 1984. Biostatistical analysis, 2da ed. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, Inc. 700 pp.