

Impacto del Fenómeno El Niño en los volúmenes de pesca artesanal en La Libertad-Perú

Impact of the El Niño Phenomenon on the volumes of artisanal fishing in La Libertad-Peru

Tania Roxana Flores Saavedra; Alina Mabel Zafra Trelles
Tania Roxana Flores Saavedra*

Escuela Académico Profesional de Biología Pesquera, Universidad Nacional de Trujillo, San Martín 346, Trujillo

*Autor correspondiente: roxibio78@gmail.com (T. Flores)

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue conocer el impacto del Fenómeno El Niño en los volúmenes de pesca artesanal en La Libertad - Perú, de enero 2010 a setiembre 2017. Se trabajó con datos de volúmenes de pesca artesanal y temperatura superficial del mar de puerto Pacasmayo, Malabrigo y Salaverry del Instituto del Mar del Perú. Se caracterizaron las anomalías térmicas de la temperatura superficial obteniendo anomalías positivas de +1,51; + 0,50; y +2,07°C entre 2015 y 2017. Los desembarques se categorizaron en peces, invertebrados y algas marinas, ocupando los peces mayores volúmenes de pesca durante El Niño porque se evidenció que en 2015 alcanzó un máximo de 5,200 x 10³ kg; 71% a 19,10°C. Además, fue el puerto Salaverry quien sustentó la pesca artesanal con las especies de *Sarda chiliensis chiliensis*; *Mugil cephalus*, *Coryphaena hippurus*, y *Scomber japonicus*. Este estudio concluye que el Fenómeno El Niño tiene impacto positivo con los volúmenes de la pesca artesanal de los peces en la Región La Libertad.

Palabras clave: Fenómeno El Niño; temperatura superficial del mar; volúmenes de pesca artesanal.

ABSTRACT

The objective of the research was to know the impact of the El Niño Phenomenon on the volumes of artisanal fishing in La Libertad- Peru, from January 2010 to September 2017. We worked with data on volumes of artisanal fishing and surface temperature of the sea of Puerto Pacasmayo, Malabrigo and Salaverry of the Institute of the Sea of Peru. The thermal anomalies of the surface temperature were characterized obtaining positive anomalies of +1.51; + 0.50; and + 2.07 ° C between 2015 and 2017. The landings were categorized into fish, invertebrates and seaweed, with the fish occupying greater fishing volumes during El Niño because it was evidenced that in 2015 it reached a maximum of 5.200 x 10³ kg; 71% at 19.10 ° C. Also, it was Salaverry the port who supported artisanal fishing with the species of *Sarda chiliensis chiliensis*; *Mugil cephalus*, *Coryphaena hippurus*, and *Scomber japonicus*. This study concludes that the El Niño phenomenon has a positive impact on the volumes of artisanal fish fishing in the La Libertad Region.

Keywords: El Niño Phenomenon; sea surface temperature; artisanal fishing volumes.

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la actividad pesquera artesanal presenta altos niveles de incidencia en la economía local, especialmente en las regiones costeras del litoral marino, como también en países que están en vías de desarrollo, por su contribución a los índices de empleo, la seguridad alimentaria de la población aportando a la nutrición y la mitigación de pobreza (Guisan et al., 2005; Chuenpagdee et al., 2006; Andrew y Evans, 2009; Badjeck et al., 2009; Adams y Flores, 2016). Por su parte según indican Christensen et al., (2014) a nivel nacional el sector pesca brinda 232 000 puestos de trabajo los cuales están dedicados a la extracción, procesamiento, transporte y comercialización de los recursos pesqueros.

El INEI (2014; 2015) mencionan, que en 2014 los volúmenes de desembarque de los recursos marítimos a nivel nacional estaban representados por *Engraulis ringens*, *Dosidicus gigas*, *Scomber japonicus*, *Trachurus murphyi* y otras especies marinas, expresados en 72,00 17,00; 2,50; 2,30 y 5,50 %. La *E. ringens* es quien lidera en el sector pesquero en 80% de los volúmenes de desembarque industrial desde 1950 hasta 2006

(Christensen et al., 2014). Sin embargo, los recursos hidrobiológicos de Consumo humano Indirecto de la industria de *E. ringens* representó $2,300 \times 10^3$ t, y de Consumo Humano Directo $1,264 \times 10^3$ t, conformado por pescado fresco 388,000 t, con mayores desembarques de *Sarda chiliensis chiliensis*, *Trachurus picturatus murphyi* y *Coryphaena hippurus*, etc. Expresados en 36,170 t.; 47,600 t; y 27,750 t, y en invertebrados *Dosidicus gigas* ocupó el 41,870 t, y otros 234, 610 t, en 2014.

La situación de los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal en la Región La Libertad está siendo impactada por las condiciones climáticas de los períodos cálidos y fríos que cada vez son más recurrentes y difieren en sus estaciones o se ven amenazados con eventos que pueden ser cambiantes y perturbadores como “El Niño”, Oscilación Sur (ENOS) que es una condición natural del acoplamiento océano – atmósfera que ocurre en el océano Pacífico ecuatorial y se da en condiciones anómalas de temperaturas cálidas “El Niño” y frías “La Niña” según concluyen Wosnitza et al. (1998); Vincent et al. (2005) y Flores, (2015).

En las últimas décadas el impacto del calentamiento del mar se debe principalmente a los patrones de temperatura que a escala global y regional han repercutido en diferentes escalas de tiempo, esto se demuestra en las variaciones climáticas de la TSM (Woodman, 1998 y Zafra, 2005). Los eventos climáticos “El Niño” de intensidades extraordinarios causaron impacto negativo con anomalías térmicas superior a $+2^{\circ}\text{C}$ de TSM registrados en 1972-1973, 1982-1983; 1997 y 1998 que han causado el colapso de la pesca de *Engraulis ringens* “anchoveta” según indican Rodríguez et al. (1993) y Pauly & Tsukayama (1987).

En la Región La Libertad los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal de los puertos pesqueros Pacasmayo, Malabrigo y Salaverry presentaron un declive significativo de 3,225 t (-36,7%); respecto al año anterior. Además, las capturas anuales de los recursos pesqueros fueron de 2,700 t, que representaron en Puerto Pacasmayo (30%), Malabrigo (25%), Salaverry (35%) y en caletas y playas (10%) respectivamente según menciona Tresierra et al. (1999). Según indica el SENAMHI (2016) de los puertos pesqueros de La Libertad, puerto Malabrigo es quien recibe el mayor impacto en los volúmenes de la pesca artesanal, debido a la flota industrial pesquera de *E. ringens* “anchoveta” y al Evento Climático El Niño.

La investigación busca brindar un alcance a la comunidad científica, que los recursos hidrobiológicos de temperaturas cálidas como la presencia del evento climático El Niño aumentarán los volúmenes de pesca artesanal y por lo tanto su consumo por la adaptación a los cambios de temperaturas cálidas de la temperatura superficial del mar.

El objetivo del estudio fue establecer y caracterizar el impacto de las anomalías térmicas del fenómeno El Niño en los principales puertos pesqueros de la Región La Libertad, establecer la relación de la Temperatura Superficial del Mar referidos a los volúmenes de pesca artesanal y determinar la composición por especies de peces más representativos que sustentan la pesca artesanal en los puertos pesqueros Pacasmayo, Malabrigo y Salaverry en la Libertad-Perú 2010-2017.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de las Temperaturas Superficiales del Mar (TSM) en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal en Kilogramos (Kg), se obtuvieron del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) provenientes de los puertos pesqueros de Pacasmayo; Malabrigo y Salaverry ubicados entre los $07^{\circ}24'25''$ y $08^{\circ}13'12''$; y $79^{\circ}26'12''$ y $78^{\circ}58'27''$. Se dio tratamiento a las TSM donde se obtuvieron los índices de las medias históricas correspondientes a las medias anuales denominada Temperatura Patrón del Mar (TPM) y se determinaron las anomalías térmicas de los puertos de la Región La Libertad entre enero 2010 y setiembre 2017. En la gráfica, el valor cero (0) fue considerado como TPM y los índices de cada valor anual se desviaron del valor promedio de la serie temporal. Se utilizó el índice de energía atmosférica local (IEAL) categorizados en evento El Niño débil ($0 < 0,5$), moderado ($0,5 < 1,0$), fuerte ($1,0 < 1,5$), muy fuerte ($1,5 < 2,0$) y extraordinario ($0 < 2,0$); y se determinó la presencia del fenómeno y su intensidad.

En Puerto Malabrigo se categorizaron los datos de las TSM en estaciones climáticas y se determinó la variabilidad climática estacional de las TSM. Las estaciones climáticas se categorizaron con los valores medios mensuales entre marzo y agosto (Otoño-Invierno) y de setiembre a febrero (Primavera-Verano), para evaluar los períodos cálidos y fríos de las estaciones climáticas de las TSM de la serie temporal. Asimismo, se procesaron los datos de los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal media anual agrupados en 36 especies de peces, 5 de invertebrados y 2 de algas marinas en relación con las medias anuales de las TSM, desde enero 2010 hasta setiembre 2017 de los puertos pesqueros de la Región La Libertad. Se obtuvieron los valores de los desembarques acumulados en años categorizando en peces, invertebrados y algas marinas y se relacionó con las TSM anuales, para determinar la variabilidad de los desembarques a través del tiempo. Además, se acumularon los volúmenes de los desembarques anuales correspondientes a cada puerto pesquero para determinar que puerto pesquero presentó los mayores volúmenes de desembarque y evaluar su impacto en relación a la curva de tendencia siendo esta positiva cuando supera el valor promedio de los volúmenes de

desembarque de la serie temporal y negativa cuando no alcanza el valor promedio de la serie de tiempo. Asimismo, se determinó el comportamiento de las variaciones de las TSM medias anuales con los aumentos y descensos de los volúmenes de desembarque promedio anual de la pesca artesanal.

$$1) \text{ Media} = \sum_{i=1}^N \frac{Xi}{N} \quad \text{Donde} \quad \sum_{i=1}^N Xi = \text{Sumatoria de los volúmenes de captura explotado}$$

$N = \text{Número de veces que realizaron las capturas}$

$$2) \Delta X = \text{Desviación estandar} \Delta X = X - \bar{X}, \quad \Delta X = \sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 / N * (N - 1)} \quad ; \text{ donde}$$

$X = \text{Volumen de captura de cualquier especie: S1, S2, S3 ó S4}$

$\bar{X} = \text{Media o promedio de las capturas de cualquier especie: S1, S2, S3 ó S4}$

$N = \text{Número de capturas en el tiempo}$

3) La desviación se encuentra en 95,4% de las medidas realizadas $\bar{X} - 2\Delta X < X < \bar{X} + 2\Delta X$

En Puerto Salaverry se determinó la variación de las tasas de la TSM respecto a la TPM de la primera escala temporal desde 2010 a 2014; siendo comparados con los períodos entre 2011 y 2015; 2012 y 2016 y, 2013 a 2017 respectivamente. Asimismo, los peces considerados como S1: *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”; S2: *Mugil cephalus* “lisa”, S3: *Coryphaena hippurus* “perico”, y S4: *Scomber japonicus peruanus* “caballa fueron las especies más representativas en volúmenes de pesca artesanal de puerto Salaverry según la curva de distribución normal, estableciendo la correlación entre períodos de tiempo y las TPM, se expresaron cualitativamente y en porcentajes usando el programa informático Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En La Libertad, en la serie de anomalías térmicas se evidenció la TPM de 17,60 °C con una clara tendencia positiva del índice que varió entre +0,50 °C y +2,07 °C durante la serie temporal. Las tendencias positivas fueron extremos cálidos muy fuertes, débiles y extraordinarios del fenómeno “El Niño” que se intensificó entre 2015 hasta 2017 variando desde +1,51 °C hasta +2,07 °C respectivamente (Fig. 1). En La Libertad los eventos “El Niño” fueron muy recurrentes entre 2015 y 2017, siendo este último con un comportamiento de El Niño costero concluyeron Ramírez & Briones (2017); Takahashi, (2017). Las implicancias del evento El Niño se atribuyen a las condiciones océano atmosféricas del Niño Oscilación sur donde los patrones climáticos locales o regionales intensifican las anomalías térmicas afectando el clima del planeta, según argumentan Zebiak et al. (2015); Glantz (2015).

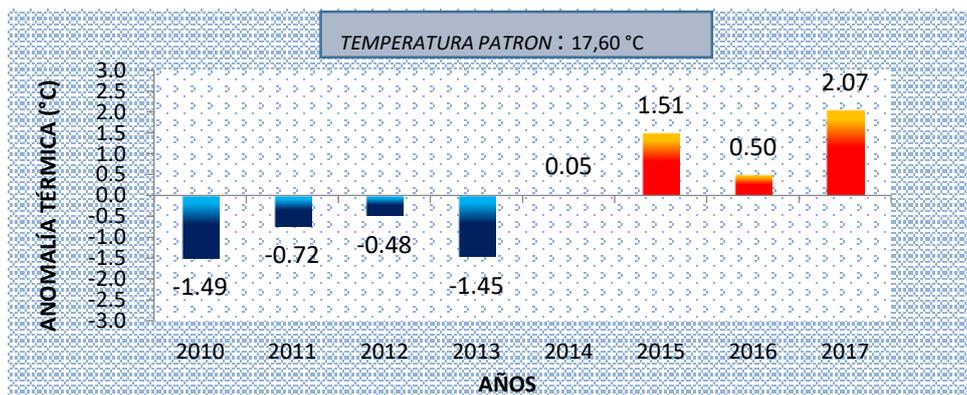


Figura 1. Variación de las anomalías térmicas de la temperatura superficial del mar peruano en la Región La Libertad. Fuente: Elaboración propia con datos del IMARPE.

Puerto Malabrigo presentó en la serie temporal oscilaciones térmicas de la TSM con valores máximos en enero 2010, febrero 2016 y marzo 2017 en 20,70; 21,30 y 24,30 °C respectivamente. Y mínimos en octubre 2010 y 2013 de 14,70 y 14,50 °C, demostrando que los períodos estacionales fríos (otoño-invierno), son más cálidos que los estacionales calientes (primavera-verano) (Fig. 2). Según lo reportado por Flores et al. (2013) los estudios que realizaron en la zona norte del Perú en 2013 demuestran que los patrones espaciales de las TSM son máximos durante la estación de verano y otoño, porque predominan las aguas cálidas de origen ecuatorial. Según manifiestan Magaña (2004); Merchant et al. (2019) las variaciones de TSM se han presentado en el último siglo, siendo los patrones de TSM de gran importancia en el sistema climático de la

tierra, porque contribuyen a la interacción aire - mar que determina las anomalías térmicas interanuales e interdecadales que influyen a escala local, regional y global.

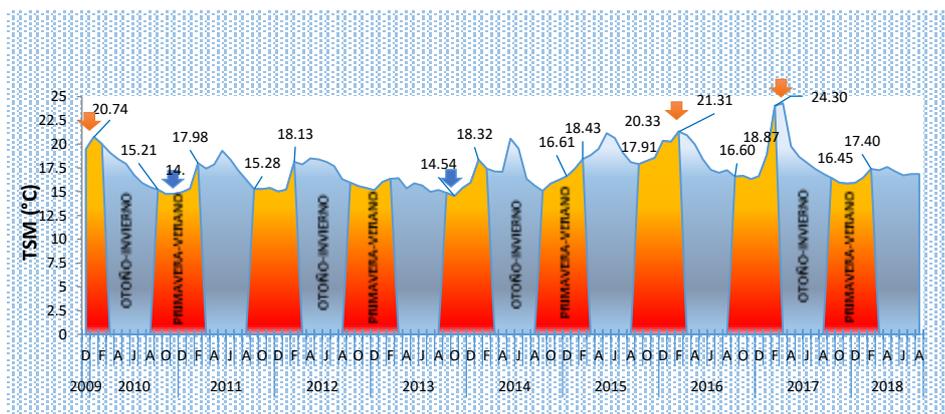


Figura 2. Variación estacional en primavera-verano (anaranjado) y otoño-invierno (celeste) de la temperatura superficial del mar en Puerto Malabrigo Región La Libertad. Fuente: Elaboración propia con datos del IMARPE.

En el litoral peruano de la Región La Libertad durante el período 2010 hasta setiembre 2017 comprenden la variabilidad de los volúmenes de desembarque y los valores anuales de especies hidrobiológicas de peces, invertebrados y algas marinas. Los mayores volúmenes de desembarque en invertebrados fueron en 2012 y 2013 entre $7,400 \times 10^3$ t y $10,700 \times 10^3$ kg; expresados en 70,70 y 76,50 % con temperaturas de 17,10 y 16,20 °C de TSM respectivamente. Los volúmenes de desembarque más representativos en peces fueron en 2014 y 2015 equivalentes en $5,200 \times 10^3$ kg, expresados en 50,40 y 71,00 % con 17,70 y 19,10 °C de TSM respectivamente. Mientras que en algas marinas en el 2011 fue de $0,8 \times 10^3$ Kg, expresado en 14,70% con 16,90 °C de TSM. Asimismo, se evidencia que a una TSM de 17,70 y 19,10 °C los desembarques en peces aumentan como sucedió en 2014 y 2015 con 50,40 y 71,00 % respectivamente (Fig.3).

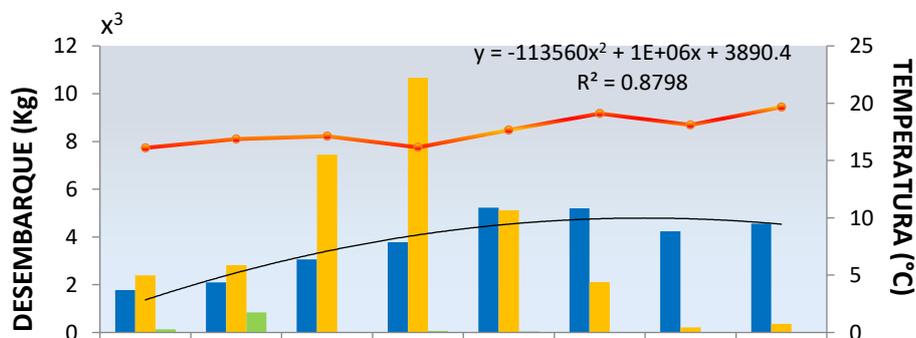


Fig. 3. Relación de la temperatura superficial del mar y los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal de peces (●) invertebrados (●) y algas marinas (●) expresados en (azul, amarillo y verde) entre 2010 a setiembre 2017 en los principales puertos pesqueros de La Región Libertad. Se expresa la curva de tendencia de los peces y su expresión matemática. Fuente: Elaboración propia con datos del IMARPE.

En los principales puertos pesqueros de la Región La Libertad, se presentó una tendencia creciente que alcanzó un impacto positivo con los mayores volúmenes de desembarque en la pesca artesanal en 2012/2013 con $9,200 / 12,600 \times 10^3$ Kg, a un valor porcentual de 87,70/ 86,50% con temperaturas de 16,20; 17,70°C respectivamente. No obstante, se presentó una tendencia decreciente con un impacto negativo que alcanzó un menor volumen de desembarque en 2017 con $2,600 \times 10^3$ Kg, con una TSM expresado en 52,90 % y 19,70 °C de TSM (Fig.4).

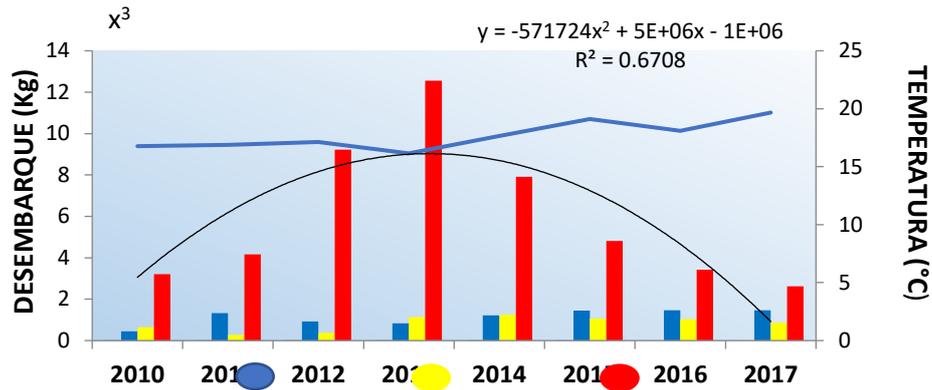


Figura 4. Relación de la temperatura superficial del mar del mar y los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal total acumulados de peces, invertebrados y algas marinas entre 2010 a setiembre 2017 en los puertos pesqueros de Pacasmayo () Malabrigo () y Salaverry () Región de La Libertad. La curva parabólica es la tendencia de la escala temporal de los volúmenes de desembarque de puerto Salaverry y su expresión matemática. Elaboración propia con datos del IMARPE.

En Puerto Salaverry se presentaron las principales especies de peces que sustentan la pesca artesanal, presentándose cambios en el aumento y disminución de los volúmenes de desembarque de las especies hidrobiológicas de *Sarda chiliensis chiliensis* “ bonito”; *Mugil cephalus* “lisa”, *Coryphaena hippurus* “perico”, *Scomber japonicus* “caballa” relacionado con la TPM. En la primera serie de tiempo se presentó 17,70°C de TPM (Fig. 5 A), con una diferencia en los siguientes lustros respecto a la primera serie temporal de 0,80; 0,50 y 1,20 °C TPM (Figs. 5 B, 5 C y 5 D). Además, la relación entre la TPM y el período de las escalas temporales fueron directas con una tendencia lineal creciente de la TPM, por lo que se evidencia que estas cuatro especies de peces se adaptan a los incrementos y disminuciones de las TPM durante el estudio (Fig. 6).

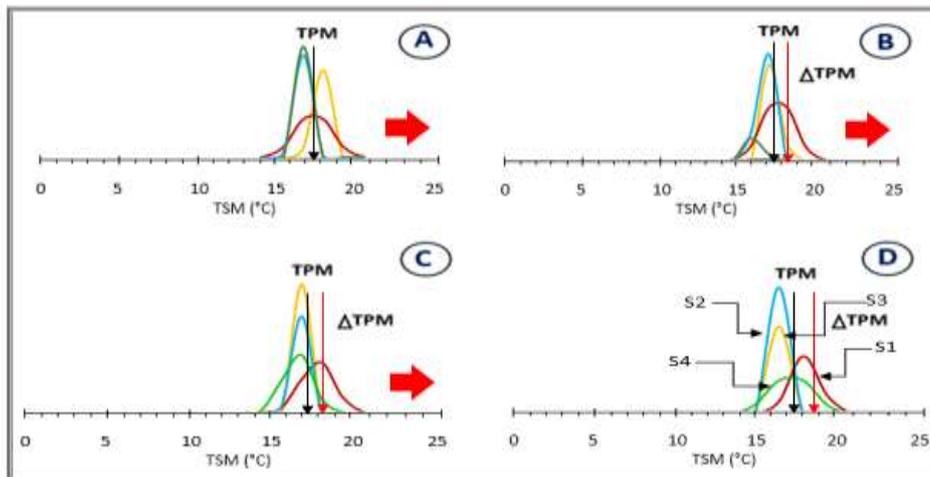


Figura 5. Variación de los volúmenes de desembarque peces S1: *Sarda chiliensis chiliensis* “ bonito”; S2: *Mugil cephalus* “lisa”, S3: *Coryphaena hippurus* “perico”, y S4: *Scomber japonicus* “caballa” en relación a la TPM de 17,65 °C en (A) 2010-2014;

y las posteriores escalas de tiempo de 18,40°C en (B) 2011-2015; 18,15°C en (C) 2012-2016; y 18,80°C en (D) 2013-2017 de Puerto Salaverry, Región La Libertad. Fuente: Elaboración propia con datos del IMARPE.

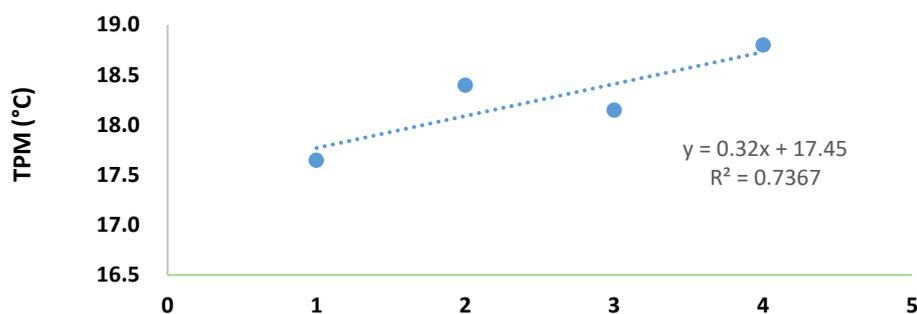


Figura 6. Relación de la temperatura patrón del mar en las diferentes escalas de tiempo (1) 2010-2014; (2) 2011-2015; (3) 2012-2016 y (4) 2013-2017 de Puerto Salaverry, Región La Libertad. Fuente: Elaboración propia con datos del IMARPE.

4. CONCLUSIONES

En La Región La Libertad los puertos pesqueros de Pacasmayo, Malabrigo y Salaverry presentaron anomalías térmicas del fenómeno El Niño de intensidades muy fuertes, débiles y extraordinarios que impactaron positivamente los volúmenes de desembarque de la pesca artesanal, con los mayores volúmenes de desembarque en peces de $2,178 \times 10^6$ kg con 55,41% en puerto Salaverry y la pesca artesanal se sustenta con los volúmenes de desembarque de las especies de *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”; *Mugil cephalus* “lisa”, *Coryphaena hippurus* “perico”, y *Scomber japonicus* “caballa” en puerto Salaverry.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, G.; Flores, D. 2016. Influencia de El Niño Oscilación del Sur en la disponibilidad y abundancia de recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal en Ica, Perú. *Revista de biología marina y oceanografía*. 51(2): 265-272.
- Andrew, N.; Evans, L. 2009. Approaches and frameworks for management and research in small-scale fisheries in the developing world. *WorldFish Center*. 258 p.
- Badjeck, M.; Mendo, J.; Wolff, M.; Lange, H. 2009. Climate variability and the Peruvian scallop fishery: the role of formal institutions in resilience building. *Climatic Change*. 94(1-2). 211-232.
- Ramírez, J.; & Briones, F. 2017. Understanding the El Niño costero of 2017. The definition problem and challenges of climate forecasting and disaster responses. *International Journal of Disaster Risk Science*, 8(4), 489-492.
- Christensen, V.; De la Puente, S.; Sueiro, J.; Steenbeek, J.; Majluf, P. 2014. Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Marine Policy*. 44. 302-311.
- Chuenpagdee, R.; Liguori, L.; Palomares, M. L. D.; Pauly, D. 2006. Bottom-up, global estimates of small-scale fisheries catches. *Fisheries Centre Research Report 14*, Vancouver, Canada.
- Flores T. 2015. Impacto del Evento Climático El Niño en la Sostenibilidad Bioeconómica de *Engraulis ringens* “anchoveta” en el Perú de enero 2000 a junio 2011. [Tesis Maestro en Ciencias]. Trujillo: Servicios de Publicaciones e Intercambio Científico - Universidad Nacional de Trujillo.
- Flores, R., Espino, M., Luque, G., & Quispe, J. 2013. Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. *Revista peruana de biología*, 20(1), 21-28.
- Glantz, M. 2015. Shades of chaos: lessons learned about forecasting El Niño and its impacts. *Int. J. Disaster Risk Sci*. 6. 94–103.
- Guisan, A.; Edwards, TC.; Hastie, T. 2005. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modeling* 157: 89- 100.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2015. Datos sobre el valor agregado bruto por sectores económicos y PBI sectorial.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2014. Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo – Cenpar. Lima: INEI.

- Magaña, V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En Cambio climático. México: INE.18.
- Merchant, C.; Minnett, P.; Beggs, H.; Corlett, G; Gentemann, C., Harris, A.; Maturi, E. 2019. Global Sea Surface Temperature. In Taking the Temperature of the Earth- Elsevier. 5-55p
- Pauly, D.; Tsukayama, I. 1987. The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem/: three decades of change, 351. In International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila.
- Rodríguez, R.; Woodman, R.; Balsley, B.; Mabres, A.; Phipps, R. 1993. Avances sobre estudios dendrocronológicos en la región costera norte del Perú para tener un registro pasado del fenómeno El Niño., Bulletin de l' Institut d' Études Andines, 22 (1), 267-281
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2016. Boletín informativo del evento monitoreo del fenómeno El Niño/La Niña. Volumen. 12. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/02216SENA-39.pdf>.2016.
- Takahashi, K. 2017. Fenómeno El Niño: global vs "Costero" (El fenómeno de El Niño: Global vs Costero). En: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño - Boletín Técnico. Instituto Geofísico del Peru. Ministerio del Ambiente, Perú. 4 (4).
- Tresierra, A.; Culquichicón, Z.; Veneros, B. 1999. Efecto del Fenómeno “El Niño 1997 - 98” en el desembarque de los recursos pesqueros artesanales de Puerto Salaverry (Trujillo). Revista peruana de Biología, 6(3), 160-163.
- Vincent, L.; Peterson TC.; Barros VR., Marino, MB.; Rusticucci, M.; Carrasco, G.; Ramirez, E.; Alves, LM.; Ambrizzi, T.; Berlato, MA. 2005. “Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000.” Journal of Climate. 18 (23): 5011–23 1520–0442.
- Woodman, R. 1998. El Fenómeno El Niño y el Clima en el Perú. Publicado por el congreso de la República en “El Perú en los Albores del Siglo XXI/2; Ciclo de Conferencias 1997-1998”. Ediciones del Congreso del Perú. Lima-Perú. 201-242.
- Wosnitza, C.; Espino, M.; Veliz, M. 1998. La Pesquería Artesanal en el Perú durante junio de 1986 a junio de 1998. PROCOPA. Rev. IMARPE (Perú).; Vol 93:72. 27.
- Zafra, A. 2005. Impacto Socioeconómico de la Pesquería de “anchoveta” *Engraulis ringens* y el Niño en el Puerto de Chimbote – Perú de 1993 al 2002. [Tesis Doctor en Medio Ambiente]. Trujillo. Servicios de Publicaciones e Intercambio Científico - Universidad Nacional de Trujillo.81. 23.
- Zebiak, S.; Orlove, B.; Munoz, A.G.; Vaughan, C.; Hansen, J.; Troy, T.; Thomson, M. 2015. Investigating El Niño-southern oscillation and society relationships. WIREs Clim. Change 6