

Captura de Langosta en Baja California y su relación con la Actividad Solar



Lobster capture in the Baja California Peninsula and its relationship with Solar Activity

Sierra, Pablo; Hernández de la Torre, Benigno; Vega Velázquez, Armando; Vega Bolaños, Armando; Editor Académico Prof. Dr. Carlos Alberto Zuniga-Gonzalez

 Pablo Sierra

sierraafp@gmail.com

Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, Cuba

 Benigno Hernández de la Torre

benigno.hernandez@cetys.mx

Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS Universidad), Baja California, México

 Armando Vega Velázquez

armando.vvelazquez@inapesca.gob.mx

INAPESCA, México

 Armando Vega Bolaños

armando.vega@inapesca.gob.mx

INAPESCA, México

Editor Académico Prof. Dr. Carlos Alberto Zuniga-Gonzalez

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Departamento de Agroecología., Nicaragua

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 13, 2021

czuniga@ev.unanleon.edu.ni

Recepción: 23 Octubre 2020

Aprobación: 06 Abril 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941760006/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11262>

Autor de correspondencia: sierraafp@gmail.com

Resumen: Es creciente el interés por conocer los vínculos entre el comportamiento de la Actividad Solar (AS) y del Clima Espacial con numerosos procesos de la biosfera y en particular, los relacionados con la extracción de especies marinas de importancia económica. En este trabajo se relacionó la serie de tiempo anual (1959-2018) de captura de langosta por varias cooperativas pesqueras a lo largo de la Península de Baja California, México, con los ciclos multianuales de la AS, con el objetivo de revelar si se cumple la hipótesis de asociación entre estas variables. La relación estadística y análisis espectral (Transformada Rápida de Fourier -FFT) entre las dos series de tiempo muestran un marcado sincronismo y la presencia, en los volúmenes de captura, del período principal de 11 años de la Actividad Solar. Se explica la posible conexión AS-clima-oceano con la variabilidad pesquera del crustáceo en la región citada. Teniendo en cuenta los volúmenes de captura de langosta y la importancia económica que ello constituye para la región, se considera un aspecto importante para su posible aplicación práctica y explotación de este conocimiento en el marco de la tendencia en los ecosistemas debido a la variabilidad climática y el impacto del cambio climático, seguramente con posible extrapolación a otras áreas del continente y países aledaños.

Palabras clave: Clima Espacial, Clima, Producción Pesquera.

Abstract: There is growing interest in knowing the links between the behavior of Solar Activity (SA) and Space Weather with numerous processes in the biosphere and in particular, those related to the extraction of marine species. In this work, the annual time series (1959-2018) of lobster capture by various fishing cooperatives along the Peninsula de Baja California, Mexico, was related to the multi-year cycles of Solar Activity, in order to reveal whether the association hypothesis between these variables is fulfilled. The statistical relationship and spectral analysis between the two series show a marked synchronism between the time series and the presence in the capture volumes of the main period of 11 years of Solar Activity. The possible AS-climate-ocean connection with the crustacean fishing variability is explained. Taking into account the volumes of lobster catch and the economic importance that this constitutes for the region, it is considered an important aspect for its possible practical application and exploitation of this knowledge within

the framework of the trend in ecosystems due to climate variability.

Keywords: Space Weather, Climate, Fishery Production.

INTRODUCCIÓN

Desde la primera mitad del pasado siglo se vienen publicando reportes en los que se reflejan los nexos existentes entre procesos cósmicos y el comportamiento cíclico del clima terrestre, plagas, epidemias, epifitas, así como el rendimiento de algunas cosechas y la captura de especies marinas de importancia económica, por sólo mencionar algunos. (Chalmers, 1967; Dickinson, 1975; Geller, 1988; Emile-Geay et al., 2007; Gray, et al., 2010; Haigh et al., 2010; Alfonso et al., 1995, Fleitmann, et.al. 2010, Figueredo, P. S, et.al. 2015).

El medio ambiente en que habitan las especies marinas es muy sensible a los factores externos y propios de los mares y océanos mundiales, entre ellos la temperatura del aire, las corrientes oceánicas, la conductividad Ageev (2018), la salinidad, a circulación de los vientos, así como la acción directa y variable del Sol sobre dicho medio, todo lo cual modifica sustancialmente sus propiedades físicas y de la micro biota, de las cuales dependen enteramente todo el ecosistema marino en general y en especial las especies que el hombre captura para su alimentación y la industria. Sin embargo, el planteamiento científico debe tratar de esclarecer, en primer lugar, si la variabilidad en la abundancia que se evidencia se debe principalmente a factores antropogénicos o naturales. No se ha encontrado ningún factor antropogénico en la literatura con periodos del orden de los 10 a 12 años como candidato, por lo que se infiere que la variabilidad presente en las series de tiempo de producción (recolección, captura) son de origen natural, siendo los ciclos de la AS Attolini et al., (1988); Haigh et al (2010) directamente o los provocados por la misma en el entorno del planeta (Clima Espacial) como lo son las Tormentas Geomagnéticas Gosling et al., (1991) o los Rayos Cósmicos Galácticos (Decremento Forbush) Scott E. y Forbush (1958), candidatos a ser los responsables de la modulación de los procesos del clima terrestre y de la Biosfera en general y muy particularmente en las especies marinas.

Las investigaciones en que intervienen los factores climáticos regionales arrojan resultados sólo válidos para la región en que se realizan ya que las condiciones en que los ecosistemas se desarrollan están sujetos a fenómenos tales como “El Niño/La Niña” que imponen su propia armonía, que si bien éste es modulado por la ciclicidad del Sol Mendoza y Pérez-Enríquez (1992); Hernández y Puga (1995), se manifiesta de diferente forma e intensidad en regiones alejadas del planeta, lo que se interpreta como un marcado desfase de los procesos de intercambio de energía a nivel oceánico. La respuesta de los organismos marinos al clima terrestre en los océanos se manifiesta de diferentes maneras, lo cual hay que tener también en cuenta (Poloczanska et al, 2016).

En el área geográfica de América se han realizado numerosas investigaciones relacionadas con el tema que aquí se presenta. Esto es, la influencia de la AS y Geomagnética, así como de la Luna en los volúmenes de captura de especies marinas de importancia económica. Hernández et al (1989), mostraron cómo las fases lunares modulan los volúmenes de captura de Langosta (*Panulirus argus*) en el Golfo de Batabanó en Cuba con ciclos sincrónicos de 14 días con las fases lunares, se encontró, mediante el método de Épocas Superpuestas, que la mayor producción ocurría durante las fases de Luna Nueva y Luna Llena en relación con el promedio para un período de 6 años (78 ciclos lunares aproximadamente), lo que sugiere que el Efecto de Marea es el modulador responsable de este fenómeno y no el aporte luminoso nocturno de la Luna sobre el comportamiento de la Langosta, mientras que Lopeztegui et al (2011), en un estudio de la producción

NOTAS DE AUTOR

sierrafp@gmail.com

langostera en la misma región de Batabanó, aunque bajo otras consideraciones, en este caso el efecto luminoso nocturno de la Luna, no encontraron resultado concluyente al respecto. Por otra parte, Sierra et al (1999) encontraron una positiva correlación, con un desfase de dos a tres años entre los ciclos de 11 años de la AS y los volúmenes de captura de dos especies marinas, una del alto (túnidos) y otra de plataforma (machuelo) para un período de más de 20 años en la industria pesquera de Cuba.

Algunas hipótesis intentan explicar los mecanismos mediante los cuales se establecen los nexos entre las perturbaciones del medio electromagnético y los bio-objetos, las mismas han sido expuestas por numerosos autores: Chambarelli et al (2008) en el caso de las abejas (*Apis mellifera*) y Close (2012), que explica el mecanismo de los cryptocromos recientemente descubiertos en algunas especies de animales. Lo cierto es que se trata de un fenómeno sumamente complejo, multivariado y al parecer no lineal. De manera que, para cada objeto vivo, sea planta, microorganismo o animales superiores seguramente no actúan ni los mismos agentes del medio ni lo hacen de igual manera y más aún, si se piensa que numerosos factores son responsables de los nexos encontrados, incluyendo los agentes climáticos, cuya dependencia del Clima Espacial y la AS ha sido sólidamente demostrada Sierra P. (2015). En este sentido es importante destacar cómo los procesos forzantes que actúan sobre la Biota lo hacen en diferentes escalas de tiempo y espacio, modificándose diferentes componentes desde la formación de la producción primaria hasta las migraciones masivas de especies y modificaciones de ecosistemas completos en extensas áreas de los océanos mundiales como señala ampliamente (López Martínez (Ed.) 2008).

Los ciclos de 5 a 7 años presentes en algunos registros de captura de especies marinas se atribuyen a la influencia del fenómeno “Niño-Niña”, pero la pregunta consiste en saber a qué se atribuye ese ciclo de dichos fenómenos climáticos para lo cual algunos autores muestran evidencias de que sincronizan con la AS y Geomagnética Mendoza y Pérez-Enríquez (1992). Chávez y Castro-Ortiz (2008) señalaron que las grandes variaciones sincrónicas en la escala de décadas se han observado en once pesquerías del oeste de México, donde las variaciones en la abundancia no parecen ocurrir al azar.

El propósito del presente trabajo es presentar las evidencias del sincronismo cíclico de la AS con las capturas de langosta que se desarrollan en los mares frente a la Península de Baja California, México. Se estima que la serie de tiempo de capturas es lo suficientemente larga como para conocer los nexos entre una pesquería que, por demás, se encuentra “saludable” y que, por lo mismo, es posible coadyuvar a buscar otros enfoques de posibles pronósticos de captura a largo plazo con los ciclos de la AS.

MATERIALES Y MÉTODO.

El acumulado anual de Captura de Langosta (CL) para el período de 1958 a 2017 se obtuvo de (CONAPESCA, 2018) compuesto por las capturas realizadas por cooperativas del Estado de Baja California y Baja California Sur, conformando la región de la Península de Baja California, México. Para el mismo período se obtuvo las series de tiempo de los promedios anuales del índice de Manchas Solares (W) como variable representativa del estado de la Actividad Solar (<http://sidc.oma.be/silso/infosndtot>). Dicho índice es adecuado cuando se realizan estudios con resolución anual, no así cuando se emplean períodos cortos de análisis del orden de días o meses debido al “ruido” propio del proceso implícito en la Física Solar. La Fig. 1 muestra la serie de tiempo de los promedios anuales del índice W para el período bajo estudio.

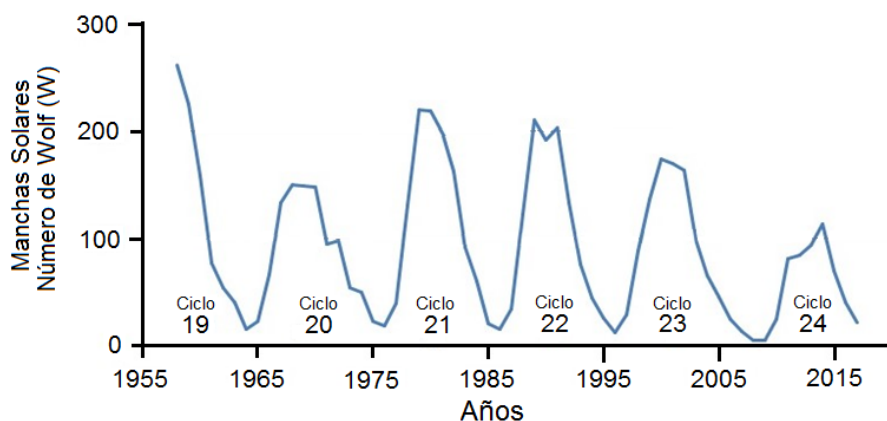


FIG. 1.

Serie de tiempo con los valores promedios anuales del Número de Wolf expresados en millonésima del área del disco visible del Sol, la misma contempla los ciclos desde el máximo del ciclo 19 hasta cerca del mínimo de salida del ciclo 24.

Se aplicaron los estadísticos para las series de tiempo (W y CL) utilizando el paquete estadístico Microcal Origin 6.0, con el fin de contrastar gráficamente el comportamiento particular de cada Serie y el sincronismo entre ambas. Se analizó la serie de (CL) tanto en su condición pura como filtrada con la herramienta Filter FFT, con ventana de tres años, de dicho paquete y también con las herramientas propias del M. Origin, se suprimió la tendencia lineal que se evidencia para todo el período, con el propósito de destacar la variabilidad multianual, motivo del presente estudio.

RESULTADOS

La Fig. 2 muestra el comportamiento de las series de tiempo analizadas (W y CL) con sus parámetros originales: W (promedio anual) expresado en millonésimas del área del disco visible del Sol y las CL en toneladas métricas (acumulado por época de pesca). Como se observa, los valores de W fluctúan cíclicamente entre mínimos y máximos con períodos que oscilan entre 10 y 12 años, siendo la amplitud y duración de estos los elementos esenciales sobre los cuales se trabaja y con los que se ha encontrado relación estrecha con el clima terrestre y comportamiento de procesos en la biosfera. En la serie de CL, se manifiesta un incremento notable a partir del año 1995 hasta 2017, mientras que desde 1958 a 1995 la tendencia es ligeramente negativa.

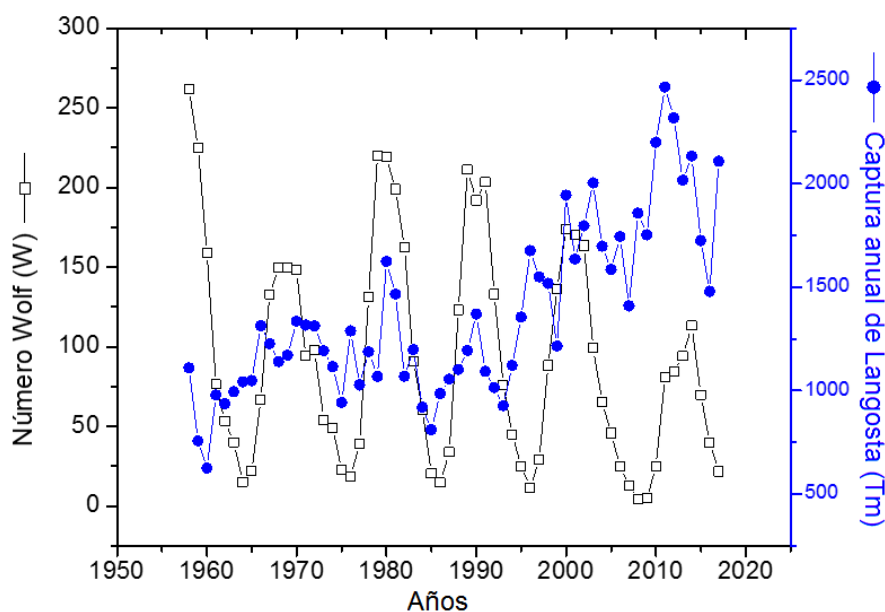


FIG. 2.

Series originales de Número de Wolf (W) y Captura de Langosta (CL).
Comprende los ciclos solares desde el 19 (truncado) hasta el 24 (2009 a 2020).

Aunque es de interés pesquero el periodo de aumento de las pesquerías del 1995 a 2015, en este artículo no lo es, puesto que pesa más las fluctuaciones multianuales que se observan durante todo el periodo. Estas pudieron producirse por varios factores naturales o antrópicas, pero las fluctuaciones multianuales de la AS coincidentes con la CL que se presenta en este artículo son robustas y concluyentes.

A partir de los datos originales en la Fig. 2, se procedió a aplicar un filtrado FFT con ventana de 3 años a la variable CL con el objetivo de suprimir los picos de más corto período ya que el interés fundamental en el presente trabajo radica en la variabilidad superior a los 5 años y se suprimió la tendencia para toda la extensión de la serie (Fig.3). Aunque las amplitudes no se comportan de forma proporcional y la coincidencia de los máximos y mínimos no es exacta, la figura 3 revela el marcado sincronismo entre ambas series, presentando un desfase aproximado de hasta $\pm 2-3$ años para el primero y el último ciclo.

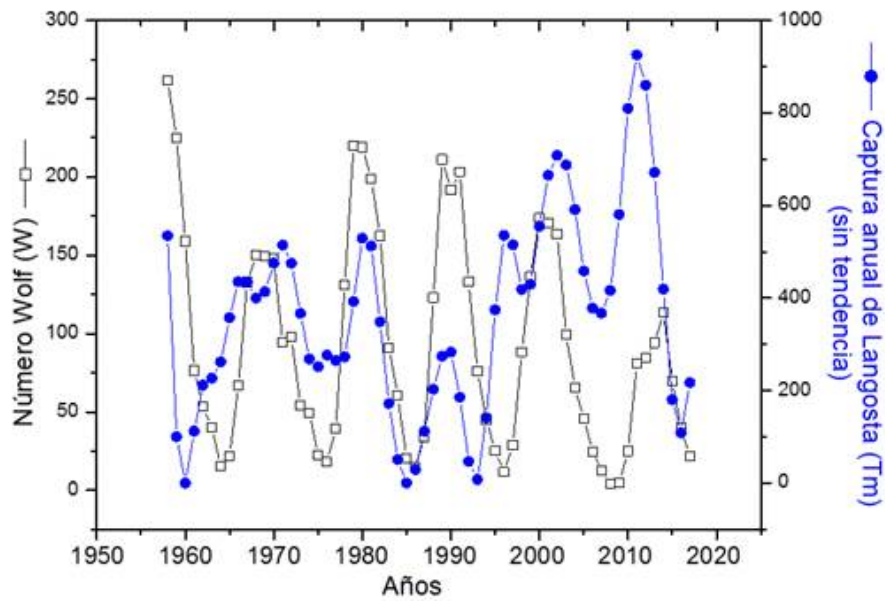


FIG. 3. Series de tiempo de Número de Wolf (W) en su estado original y CL filtrado con FFT Filter ventana de 3 años y suprimida la tendencia general de todo el período.

La Fig.4 muestra la correlación cruzada entre ambas series de tiempo, la cual revela la presencia de los períodos coincidentes con un desfase de 1 año como promedio, lo que evidencia la presencia en la serie de CL del período de 11 años de la AS y sus armónicos. La Transformada Rápida de Fourier (FFT), arrojó un período de 10.67 años, presente también al aplicar la misma herramienta a la serie anual de Wolf.

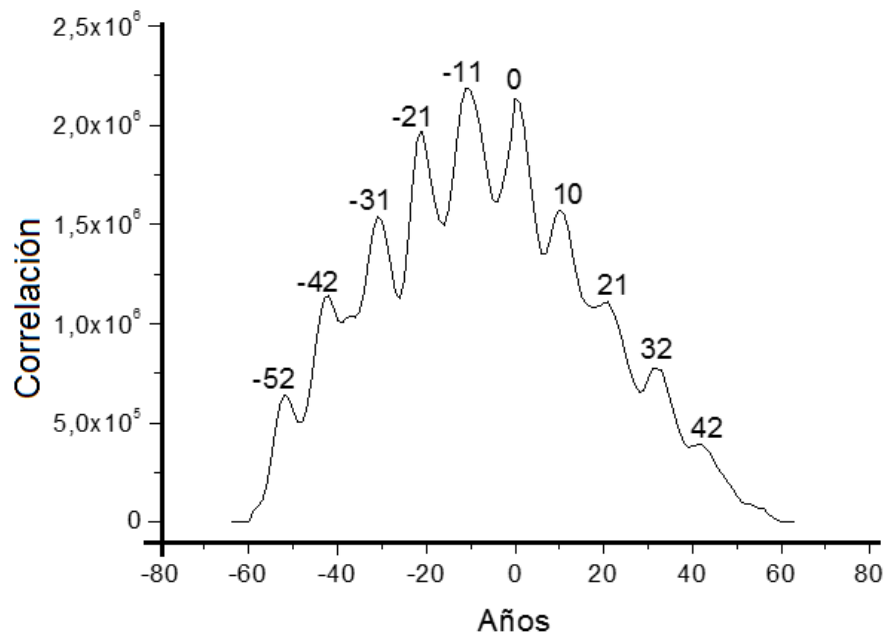


FIG. 4. Correlación Cruzada entre W y CL según las series de tiempo mostradas en la Fig. 3

La Tabla 1 muestra el análisis de correlación lineal para cada uno de los 5 ciclos solares de forma independiente. El cálculo de dichas regresiones no contempla el desfase que existe entre las series para cada

uno de los ellos, pudiéndose observar en la Tabla que aquellos ciclos (19, 21 y 22) en que no hay desfase entre las variables, la correlación es significativamente alta y en ningún caso aparece correlación negativa.

TABLA 1.
Correlación lineal entre W y CL para cada uno de los ciclos individualmente (ver Fig. 1) y desfase en años entre los máximos correspondientes (+ significa que CL alcanza su máximo posterior al máximo de W y - significa lo contrario).

<u>Ciclos</u>	<u>r</u>	<u>Desfase (años)</u>
19	0.87	0
20	0.32	+3
21	0.82	0
22	0.71	0
23	0.27	+1
24	0.11	-2

Las evidencias encontradas en el análisis de correlación lineal son consistentes y claras en cuanto a la relación causal entre las variables analizadas para todo el período de 5 ciclos solares (59 años), lo cual apoya la hipótesis de asociación entre el volumen de captura del crustáceo y la AS para la muestra estudiada, independientemente de otros factores que pudieran incidir en la variabilidad observada y su estabilidad.

En la figura 5a se muestra el análisis normalizado de superposición de los ciclos de AS contemplados. Se hizo coincidir los años de máximos valores (valor “0” en el eje del tiempo). Las CP representan la distribución del promedio de captura por temporada anual para los mismos años que W. Mientras que en la Figura 5b se muestra el análisis de regresión lineal entre W y las CP para el período de máxima AS con sus respectivos desfases (tres años antes (-3), año del máximo (0), y tres años posterior (+3)).

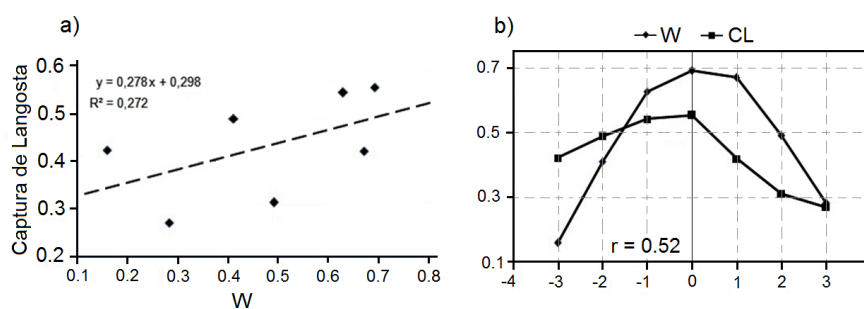


FIG. 5.

- a) Regresión lineal resultado de superponer los cinco ciclos de W centrados en el año de mayor actividad y la distribución de la producción langostera según el mismo esquema que el de W.
- b) El valor numérico de $r = 0.52$ es menor debido al desfase mostrado en la Tabla 1.

DISCUSIÓN

Se han estudiado y relacionado numerosas especies marinas con la AS en diferentes regiones del planeta. A pesar de haberse encontrado semejantes sincronismos entre la W y las especies marinas, no se le ha dado el peso que esta relación merece desde la óptica de su impacto social y económico. No se trata de si existe o no dicha relación, sino mediante qué mecanismos de acción ello se produce. Se sabe que no todas las especies

presentan el mismo comportamiento en términos de desfase con los componentes espectrales, como son los ciclos de 5, 7, 11 y 22 años, propios de la Actividad Geomagnética y Solar respectivamente.

Para realizar las relaciones entre lo biótico y lo abiótico, un candidato preferido es la meteorología y la climatología regional, de la que es conocida su acción y variabilidad (Schwartz, M. D. 2013).

En el caso que nos ocupa, las pesquerías de Langosta, se trata de una especie que su estadio de vida lo desarrolla cerca del litoral y no de oceánica, que sólo la hace durante su fase larval.

Por esta razón, se debe de tener en cuenta un número mayor de variables climatológicas y oceánicas de acción directa o indirecta en la franja marina costera. Tanto corrientes oceánicas superficiales y profundas como los meteoros locales terrestres, influyen en la distribución de nutrientes primarios, plancton, temperatura del mar, salinidad, etc., y otros agentes involucrados en el medio ambiente costero, que, a su vez se ha constatado que tienen una relación directa con la AS en su comportamiento a mediano y largo plazo (Hernández y Puga 1995; Alfonso, I. et al 1995; Hernández-de la Torre et al 2003; Martín H. et al 2017; Vega-Bolaños et al 2019).

No se descarta la acción o influencia directa de la variabilidad del medio electromagnético natural en la reproducción, la fertilidad, el estrés y otros parámetros puramente biológicos de los crustáceos bajo estudio ya que se han encontrado numerosas evidencias de que numerosos objetos vivos reaccionan sensiblemente a los cambios electromagnéticos del medio en que viven, sobre todo a las frecuencias muy bajas (Nyqvist D. et al 2020; Litovitz et al 1992; Gmitrov y Ohkubo 2002; Kumosani y Qari 2003).

No obstante, el resultado mostrado aquí, que solamente corrobora lo ya conocido en otras regiones, pero específicamente para la región considerada, ofrece una herramienta de pronóstico en cuanto a las fluctuaciones multianuales de la producción de langosta, que permite adoptar medidas que tiendan a mitigar la depresión en la producción durante los mínimos de AS y otras que aprovechen, mediante una mejor planificación del esfuerzo productivo y las estrategias de manejo y administración, el incremento de producción durante los máximos, independientemente de otros factores influyentes. Todo ello, para esta región pesquera de México es de suma importancia por lo que ello representa en cuanto al volumen que es superior al 60% de todo el país según datos oficiales.

Por último, es necesario puntualizar dos cosas, una es la amplitud de las fluctuaciones con que estamos tratando en la producción y presumiblemente asociadas a las oscilaciones multianuales de la AS. De la Fig. 2, en que la curva está en sus unidades originales, es posible observar que dichas fluctuaciones están en el orden de cientos y hasta mil toneladas entre mínimos y máximo de cada ciclo, lo cual indica que no es nada despreciable, por lo que se debe tener en cuenta con fines prácticos. En el último ciclo, en el intervalo de 4 años la producción se incrementó en 800 Tm y en 4 años cayó en pico en unas 400 toneladas en 5 años, coincidente en tiempo con el último ciclo de la AS.

CONCLUSIONES

Los resultados aquí mostrados, evidencian una relación causal entre las variables consideradas, lo que confirma la hipótesis de asociación entre la variabilidad de la Actividad Solar y el volumen de CL en la Península de Baja California, para el período estudiado (60 años). Con este resultado es posible pronosticar que, entre 2022 y 2026 los volúmenes de CL deben tener un sensible incremento respecto a la tendencia de la época.

RECOMENDACIONES

Por lo compleja y multivariada de esta relación se impone llevar a cabo investigaciones más detalladas que incluyan experimentos que puedan esclarecer algo sobre los mecanismos implicados y que permitan

comprender mejor el fenómeno a sus diferentes niveles, desde el celular hasta los ecosistemas en su conjunto. Dar a conocer estos resultados a las instituciones productivas y administrativas que sean capaces de tomar decisiones en cuanto a poner a prueba los resultados mostrados en las diferentes áreas productivas.

REFERENCIAS

- Ageev, I., Rybin, and Shishkin, G. (2018). Manifestation of Solar–Terrestrial Rhythms in Variations of the Electrical Conductivity of Water; *BIOPHYSICS* 63: 282–288. <https://doi.org/10.1134/s0006350918020021>
- Alfonso, I., Baisre, J., Frias, M. P. y Hernández, B. (1995). Distribución de la abundancia de filosomas (*Panulirus argus*): verticalidad larval y su relación con los factores climáticos. La Habana. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. 19 (1): 3-9. Ciudad de la Habana, Cuba. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-03-09>
- Attolini, M., Galli, M. and Nanni, T. (1988). Long and Short Cycles in Solar Activity During the Last Millennia. *Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10,000 Years*. 236: 49-68. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3011-7_3
- Close, J. (2012). Are stress responses to geomagnetic storms mediated by the cryptochrome compass system?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1736), 2081-2090.
- Chalmers, J. A. (1967). *Atmospheric Electricity*. (2 ed.), Pergamon, Oxford, U. K.
- Chambarelli, L. L., Pinho, M. A., Abraçado, L. G., Esquivel, D. M. S., & Wajnberg, E. (2008). Temporal and preparation effects in the magnetic nanoparticles of *Apis mellifera* body parts. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 320(14), e207-e210.
- Chávez, E.A. y Castro, O. (2008). Impacto del cambio climático sobre las pesquerías de la zona de transición templado-cálida del Pacífico oriental mexicano. P.68-81. In: La Variabilidad Ambiental y las Pesquerías de México. López Martínez, J., (Ed) Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México. 200p. doi:10.1098/rsph.2012.0324. Published online 14 March 2012. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-06>
- Dickinson, R. E. (1975). Solar variability and the lower atmosphere. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 56(12), 1240-1248.
- Geller, M. A. (1988). Solar cycles and the atmosphere. *Nature*, 332(6165), 584-585.
- Gmitrov, J., & Ohkubo, C. (2002). Artificial static and geomagnetic field interrelated impact on cardiovascular regulation. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 23(5), 329-338.
- Gosling, J. T., McComas, D. J., Phillips, J. L., & Bame, S. J. (1991). Geomagnetic activity associated with Earth passage of interplanetary shock disturbances and coronal mass ejections. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 96(A5), 7831-7839.
- Gray, L. J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J. D., Lockwood, M., Matthes, K., ... & White, W. (2010). Solar influences on climate. *Reviews of Geophysics*, 48(4).
- Emile - Geay, J., Cane, M., Seager, R., Kaplan, A., & Almasi, P. (2007). El Niño as a mediator of the solar influence on climate. *Paleoceanography*, 22(3). <https://doi.org/10.1029/2006pa001304>
- Fleitmann, D., Harrison, G., Hood, L., Luterbacher, Meehl G., Shindell A., van Geel D., & White, W. (2010). Solar influences on Climate. *Rev. Geophys.*, 48(4) doi:10.1029/2009RG000282.
- Haigh, J. D., Winning, A. R., Toumi, R., & Harder, J. W. (2010). An influence of solar spectral variations on radiative forcing of climate. *Nature*, 467(7316), 696-699.
- Hernández, B. y Puga M. (1995). Influencia del fenómeno El Niño en la región occidental de Cuba y su impacto en la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) del golfo de Batabanó. *Investigaciones marinas*, 23, 03-24.
- Hernández-de-la-Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Alvarez-Borrego, S., Gómez-Valdés, J., & Nájera-Martínez, S. (2003). Interannual variability of new production in the southern region of the California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 50(14-16), 2423-2430.

- Hernández, B., García, C., & Sierra, P. (1989). Algunos aspectos de las fases lunares y su relación con las capturas de langosta *Panulirus argus* en el Golfo de Batabanó. *Rev. Cub. Invest. Pes.*, 14(1-4), 72-89.
- Kumosani, T. A., & Qari, M. H. (2003). The effect of magnetic field on the biochemical parameters of mice blood. *PAKISTAN JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES*, 19(1), 36-40.
- Litovitz, T. A., Montrose, C. J., & Wang, W. (1992). Dose - response implications of the transient nature of electromagnetic - field - induced bioeffects: Theoretical hypotheses and predictions. *Bioelectromagnetics*, 13(S1), 237-246
- López-Martínez, J. (Ed.) (2008). *La Variabilidad Ambiental y las Pesquerías de México*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México, 200p.
- Lopeztegui, A., Baisre, J. A., & Capetillo, N. (2011). Influencia del ciclo lunar en la captura de langosta espinosa *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en el Golfo de Batabanó, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 207-216.
- Martín, H., Betanzos-Vega, A., Simanca, J., Puga, R., Vikebø, F., Albertsen, J., & Tripp-Quezada, A. (2017). Simulación de la deriva de larvas de langosta en aguas oceánicas adyacentes a la plataforma suroccidental de Cuba: Aplicación del modelo biofísico LADIM. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(2), 289-297.
- Mendoza, B. A., & Pérez-Enríquez, R. (1992). Solar activity and “El Niño”. *Geofísica Internacional*, 31(1).
- Nyqvist, D., Durif, C., Johnsen, M. G., De Jong, K., Forland, T. N., & Sivle, L. D. (2020). Electric and magnetic senses in marine animals, and potential behavioral effects of electromagnetic surveys. *Marine environmental research*, 155, 104888.
- Poloczanska, E. S., Burrows, M. T., Brown, C. J., García Molinos, J., Halpern, B. S., Hoegh-Guldberg, O., ... & Sydeman, W. J. (2016). Responses of marine organisms to climate change across oceans. *Frontiers in Marine Science*, 3, 62.
- Schwartz, M. D. (2013). *Phenology: An Integrative Environmental Science*. (2nd Edit.) Springer Dordrecht Heidelberg New York London, Library of Congress Control Number: 2013943824. DOI 10.1007/978-94-007-6925-0, ISBN 978-94-007-6925-0 (eBook), 610pp. <https://doi.org/10.1111/maec.12276>
- Forbush, S. E. (1958). Cosmic - ray intensity variations during two solar cycles. *Journal of Geophysical Research*, 63(4), 651-669.
- Sierra, F. P., Sierra, F. S., Rodríguez, T. R., & Pérez, P. A. (1999). Impacto medioambiental de las perturbaciones heliogeofísicas. Consideraciones a partir de Resultados Observacionales. *Rev. Geofísica*, (50), 9-23.
- Figueredo, P. S., Piñeiro, A. M. P., Zarabozo, O. D., Castellanos-Pontenciano, B., & Cruz, J. M. Z. (2015). Aspectos a valorar dentro de la bioeconomía y su sendero de eco-intensificación para el buen desempeño de la actividad apícola ante la variabilidad de la Actividad Solar y Geomagnética y los cambios climáticos. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(1), 207-222.
- Vega-Bolaños, A., López-Salas, F., Vega-Velázquez, A., Hernández, B., Camacho-Bareño y G. Antonio Jiménez, G.A. (2019). Asentamiento de postlarvas de langosta roja (*Panulirus interruptus*) y su relación con el ambiente en Bahía Asunción, Baja California Sur, México. *Ciencia Pesquera* 27(2): 3-16.