

# VARIACIONES PLURIANUALES DE LA TEMPERATURA NOCTURNA Y SU RELACIÓN CON LA ESCASEZ DE *Sardinella aurita* EN EL SURESTE DE MARGARITA, VENEZUELA (2002-2018)

ALFREDO GÓMEZ GASPAR

Universidad de Oriente (Isla de Margarita) & Museo Marino, Boca del Río, Venezuela. [agomezgaspar@yahoo.com](mailto:agomezgaspar@yahoo.com), <https://orcid.org/0000-002-2430-2738>

Recibido: mayo 2025 Aceptado febrero 2026

**RESUMEN:** Entre 2002 y 2005 en el sureste de isla Margarita se capturaron 168.204 t de sardina, fue el caladero más importante del país. Desde 2006 la pesca disminuyó notablemente, consideran que por aumento de temperatura del agua los cardúmenes no se aproximan a la costa donde se capturan, lo cual se discute siendo el objetivo del trabajo. Durante 17 años (2002-2018) en horas nocturnas (6:30 a 10:00 pm) se obtuvieron muestras quincenales de agua (1 y 20 m) y con termómetro digital se midió la temperatura, que tuvo rango entre 21,6 y 30,5° C. En lapso 2002 a 2004 ocurrieron las mayores capturas del recurso (promedio 84.679 t/año) y en la columna de agua (20 m) la temperatura anual varió entre 24,65 y 25,33 °C (promedio 25,09 °C); en 2005 las capturas disminuyen a 44.772 t y la temperatura promedio fue 26,22 °C; en lapso 2006 a 2015 la pesca fue baja (rango 3.185 a 9.437 t) y la temperatura promedio varió entre 25,76 y 27,03 °C. En años 2016 y 2017 aumentan las capturas sardineras (promedio 46.651 t) y fueron las temperaturas promedio más altas 27,26 y 27,54 °C. En lapso 2002 a 2018 la temperatura promedio aumento < 2 °C, es dudoso que sea la única causa de la escasez de sardina en el caladero. Se plantea que los cardúmenes que se capturan en Margarita provienen del estado Sucre, donde es posible que ocurra sobrepesca con arte de pesca cuestionado (máquinas) y capturen juveniles, afectando el reclutamiento, la pesca y sostenibilidad del recurso. Se sugiere estudiar la abundancia del picoplancton, como probable causa de la escasez de sardina.

Palabras clave: sardina, pesca, calentamiento, isla Margarita, Venezuela.

**ABSTRACT:** Between 2002 and 2005 in the southeast of Isla Margarita, 168,204 t of sardines were caught, it was the most important fishing ground in the country. Since 2006, catches have decreased significantly. They consider that due to the increase in water temperature, the schools do not approach the coast, where they are fished with beach seine nets, which is discussed being the objective of the work. For 17 years (2002-2018) at night (6:30 to 10:00 pm), biweekly water samples (1 and 20 m) were obtained and the temperature was measured with a digital thermometer, which ranged between 21.6 and 30.5° C. In the period 2002 to 2004 were the largest captures of the resource (average 84,679 t/year) and in the water column (20 m) the annual temperature varied between 24.65 and 25.33 °C (average 25.09 °C); In 2005 the catches decreased to 44,772 t and the average temperature was 26.22 °C; In the period from 2006 to 2015, fishing was low (range 3,185 to 9,437 t) and the average temperature varied between 25.76 and 27.03 °C. In 2016 and 2017, sardine catches increased (average 46,651 t) and the highest temperatures of 27.26 and 27.54 °C were also recorded. Between 2002 and 2018, the average temperature increased < 2 °C and it is doubtful that it is the only cause of the sardine shortage in the fishing ground. It is proposed that the schools that are captured in Margarita come from the state of Sucre, where it is possible that overfishing occurs with questioned fishing gear (purse seines) and captures juveniles, affecting the recruitment, fishing and sustainability of the resource. It is suggested to study the abundance of picoplankton, as a probable cause of the sardine shortage.

Key Words: sardine, fishing, warming, Margarita Island, Venezuela

## INTRODUCCIÓN

La sardina *Sardinella aurita* es el recurso pesquero más importante de Venezuela, en los estados Sucre y Nueva Esparta su explotación alcanzará cien años (2027) aportando materia prima para la industria conservera, también se utiliza como carnada y es alimento fresco de numerosas personas (GÓMEZ 2022). Los volúmenes de pesca anual tienen gran variación por estadísticas deficientes, las mayores capturas fueron comenzando el siglo y la máxima 200.235 toneladas (t) en 2004. A mediados de 2005 comenzó crisis sardinera y por más de una década las capturas fueron inferiores a < 50000 t (GÓMEZ 2016, 2018, 2018a).

En 2016 y 2017 ocurrió modesta recuperación de la pesca sin alcanzar los volúmenes de inicios de siglo. La crisis causa pérdidas económicas a pescadores, procesadores y consumidores, también afecta la trama trófica regional porque la sardina es alimento de numerosas especies que capturan miles de pescadores artesanales, por lo cual tiene gran importancia ecosistémica (CERVIGÓN *et al.* 2022).

Algunos biólogos y administradores pesqueros afirmaron que ocurrió sobrepesca (GONZÁLEZ *et al.* 2007; MENDOZA 2015) en proximidad (< 10 km) de la costa (RUEDA 2012; RUEDA *et al.* 2017). Lo cual quizás ocurre en el estado Sucre, donde la sardina se captura mayormente con arte llamado máquina de argolla (= *purse seine*) porque en Nueva Esparta se utilizan chinchorros playeros a menos de 3 km de la playa (GÓMEZ 2006, 2022; GÓMEZ *et al.* 2008). En Margarita estudio de 15 años, demostró que en las capturas comerciales la talla media anual de la sardina no tuvo cambios marcados, comprobando no ocurrencia de sobrepesca (GÓMEZ 2018). También se ha planteado que la crisis puede tener causas ecológicas (GÓMEZ 2006a, 2007, 2016; GÓMEZ & BARCELÓ 2014; GÓMEZ *et al.* 2012, 2014) por la disminución de la fertilidad marina que propició un cambio de régimen (GÓMEZ 2018a, 2019) afectando a la sardina como recurso pesquero (GÓMEZ 2015, 2018; GÓMEZ & PÉREZ 2021).

En Nueva Esparta, los pescadores faenan en profundidad menor a los 20 m y con chinchorros pescan los cardúmenes cuando se acercan a la costa (GÓMEZ *et al.* 2008). La sardina capturada se mantiene viva, encerrada en un cerco de red fondeado próximo a la playa, se extrae a medida que la venden (GÓMEZ & GONZÁLEZ 2008). Entre agosto/2002 y diciembre/2005 se estudió intensamente la ecología pelágica del caladero entre las localidades de Pampatar y La Isleta, verificando cada día la pesca; en el lapso indicado se capturaron > 262.000 t de sardina, por estos volúmenes fue el caladero más importante del país (Gómez 2006). Desde 2005 las capturas tuvieron notable disminución y luego de 20 años no recuperan las capturas de inicios del siglo. Algunos pescadores, biólogos y administradores consideran que el cambio climático tiene importancia en la escasez de sardina, por el aumento de la temperatura del agua y los cardúmenes se alejan de la costa, lo cual se discute y es el objeto de esta contribución realizada en donde se inició la captura del recurso hace más de 90 años (GÓMEZ 2022).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área estudio:** La región nororiental de Venezuela incluye a los estados Sucre y Nueva Esparta, es donde se captura ~ 60% de la producción nacional. Los caracteriza la surgencia de aguas subsuperficiales que aumentan la fertilidad marina, propiciando riqueza pesquera y abundancia de especies con crecimiento rápido como la sardina *S. aurita* y explica que la producción venezolana sea la más importante del mar Caribe (MARGALEF 1965; GÓMEZ 1996, 2001, 2022). Es la consecuencia de los vientos Alisios del nordeste, del río Orinoco que aporta materia orgánica disuelta, la presencia de una amplia plataforma continental con archipiélagos, islas y de otros factores (GÓMEZ & ACERO 2020). Nueva Esparta tiene una superficie de 1.150 km<sup>2</sup> está constituido por las islas Margarita, Coche y Cubagua. En el estado existen 77 comunidades pesqueras, faenan unos 20.000 pescadores en más de 7.000 embarcaciones artesanales y utilizan ~ 30 artes de pesca (CERVIGÓN *et al.* 2022). En 2003 y 2004 con chinchorros ocurrieron considerables capturas de sardina que disminuyeron 50% en 2005, comenzando crisis sardinera (2006 al 2015), en 2016-2017 ocurrió un relativo aumento de la pesca, pero otra vez decayó en 2018 (Fig. 1). En marzo 2026 estaban autorizados 74 chinchorros sardineros (*com. pers.* Sr. LUIS RODRÍGUEZ, Insopesca Nueva Esparta), un número comparable a los 70 operando en 2003-2005 de los cuales, 40 chinchorros faenaban en el sureste de Margarita (GÓMEZ 2006).

**Muestras:** Al sureste de Isla Margarita, desde julio/2002 a diciembre/2018 con embarcación pesquera artesanal de madera (eslora 9 m) se visitaron dos estaciones (Fig. 2) nombradas Guacuco (Lat. N 11°05'32"- Long. W63°45'50") y Farallón (Lat. N 10°58'02"- Long. W 63°47'31") localizadas a ~10 y 5 km de la costa, la profundidad alcanza 30 m. Cada 15 días entre 6:30 y 10:00 de la noche, se colectaron muestras de agua (mensuales en 2006 y 2018) a 1 y 20 m de profundidad con botella Van Dorn (capacidad 2,5 l) para medir la temperatura con termómetro digital (precisión 0,1°C).

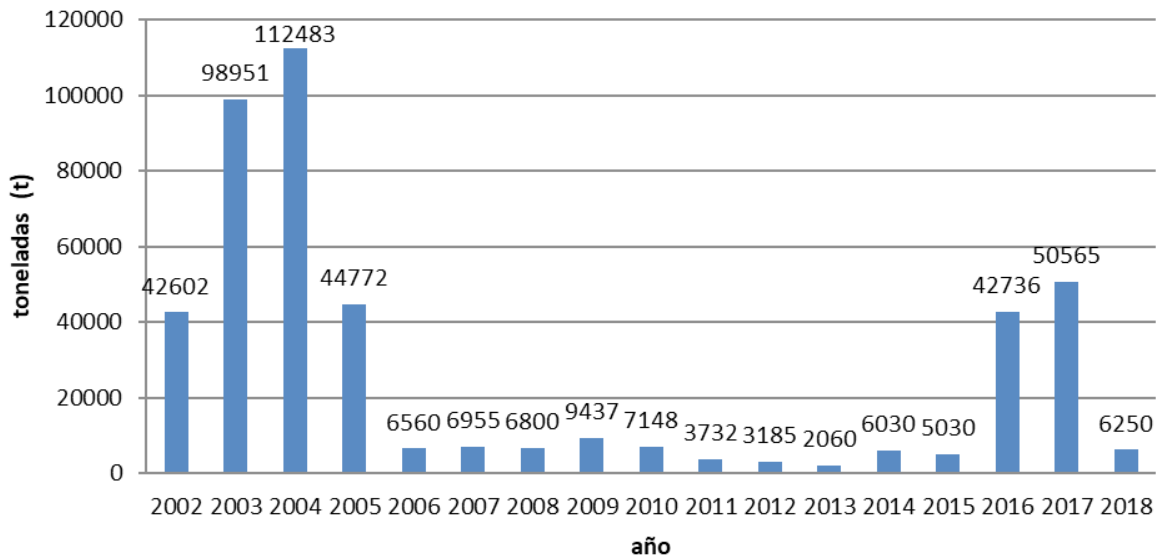


Fig. 1. Captura anual (toneladas) de sardina *Sardinella aurita* en Nueva Esparta (Venezuela) durante 2002-2018. (Fuente: Insopesca 2002 a 2005 y Museo Marino de Margarita 2006 a 2018).

**Recolección de datos, procesamiento y análisis:** Se estimaron promedios anuales, en periodo de surgencia de enero a mayo (OKUDA 1975, 1978; GÓMEZ 1983; GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008; RUEDA-ROA & MÜLLER-KARGER, 2013) y relajación de junio a diciembre (ASTOR *et al.* 2003; MÜLLER-KARGER *et al.* 2004). Las capturas de sardina del año 2002 fueron aportadas por Insopesca; las de 2003 a 2005 se obtuvieron directamente en los caladeros por indagación a dueños de artes, mediante Proyecto financiado por Insopesca; las capturas desde 2006 hasta 2018 fueron suministradas por los propietarios de trenes sardineros agrupados en la extinta Asociación de pescadores de sardina de Nueva Esparta (Aprosardine) y recopiladas por el Museo Marino de Margarita (GÓMEZ 2006; GÓMEZ *et al.* 2008). Los resultados fueron comparados (Anova) con el programa estadístico Statgraphics 18®.



Fig. 2. Lugares de muestreo (●) al sureste de Isla Margarita (Estado Nueva Esparta) Venezuela.

## RESULTADOS

En Nueva Esparta durante años 2002 a 2004 se capturaron 254.036 t de sardina (promedio anual 84.679 t); en 2005 fueron 44.772 t y entre 2006 y 2015 pescaron 56.937 t (promedio anual 5.694 t); en 2016 y 2017 la captura alcanzo 93.301 t (promedio 46.651 t), en 2018 disminuyo a 6.250 t (Fig.1). Durante el periodo de estudio (2002-2018) en la columna de agua (20 m) la temperatura nocturna tuvo rango entre 21,6 °C (2003 y 2004) y 30,5 °C (2012, 2013 y 2016). Se determinó diferencia estadística (Kruskal-Wallis K-W) entre los años (K-W 228,719 p 0,000), las profundidades (K-W 69,806 p 0,000) y periodos (K-W 404,823 p 0,000), pero no entre las estaciones (K-W 0,515 p 0,472). Entre 2002 y 2004, la temperatura promedio anual vario entre 25,14 y 26,07 °C en la superficie (1 m) y entre 24,16 y 24,82 °C a los 20 m; entre 2005 y 2018 el promedio oscilo entre 25,99 y 27,87 °C en superficie y 25,43 a 27,22 °C a los 20 m (Fig. 3). Del 2005 al 2017 temperatura nocturna tuvo aumento continuo, el promedio fue 27,87 °C en la superficie y 27,22 °C a los 20 m; en 2018 disminuyo a 26,50 y 25,76 °C respectivamente. Con respecto a los periodos de surgencia y relajación (Fig. 4) en los años 2002 a 2004 los promedios anuales fueron marcadamente menores (23,79 a 23,89 °C en surgencia y de 25,31 a 26,26 °C en relajación); mientras que fueron más elevados entre 2005 y 2018 (24,76 a 26,65 °C en surgencia y de 26,40 a 28,49 °C en la relajación.

Comparando los lapsos 2002-2004 y 2005-2018, en surgencia los promedios fueron 23,84 y 25,48 °C (aumento de 1,64 °C) y durante la relajación fueron 25,63 y 27,33 °C (aumento 1,70 °C), la media de estos valores es 1,67°C siendo el calentamiento ocurrido. En la columna de agua (Fig. 5) la temperatura promedio en superficie fue de 26,67 °C y 25,86 °C a los 20 m. Se calcularon temperaturas promedio de 25,23 °C en los eventos de surgencia, incrementándose a 27,03 °C durante las fases de relajación.

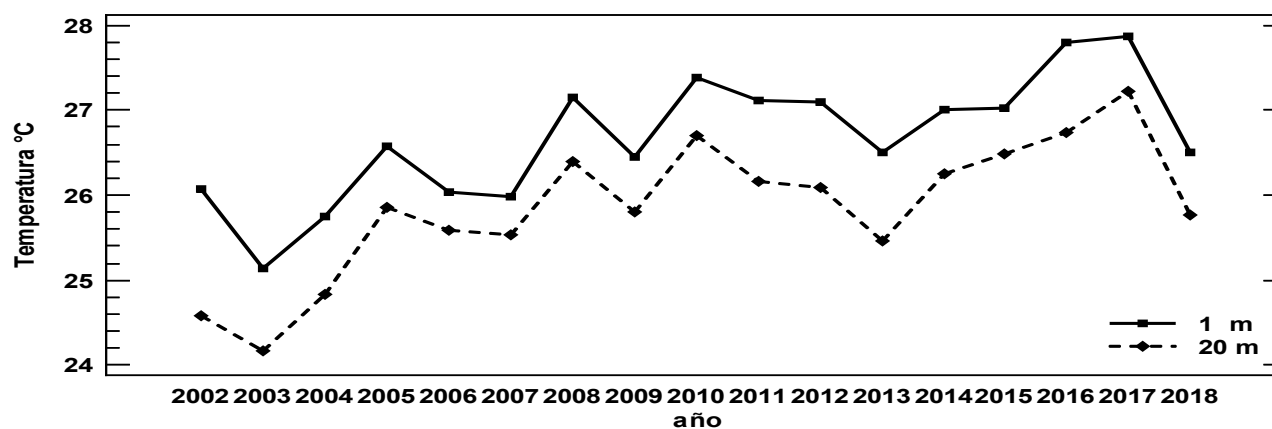


Fig. 3. Variación anual de la temperatura °C en 1 y 20 m de profundidad al sureste de isla Margarita (2002-2018), Venezuela.

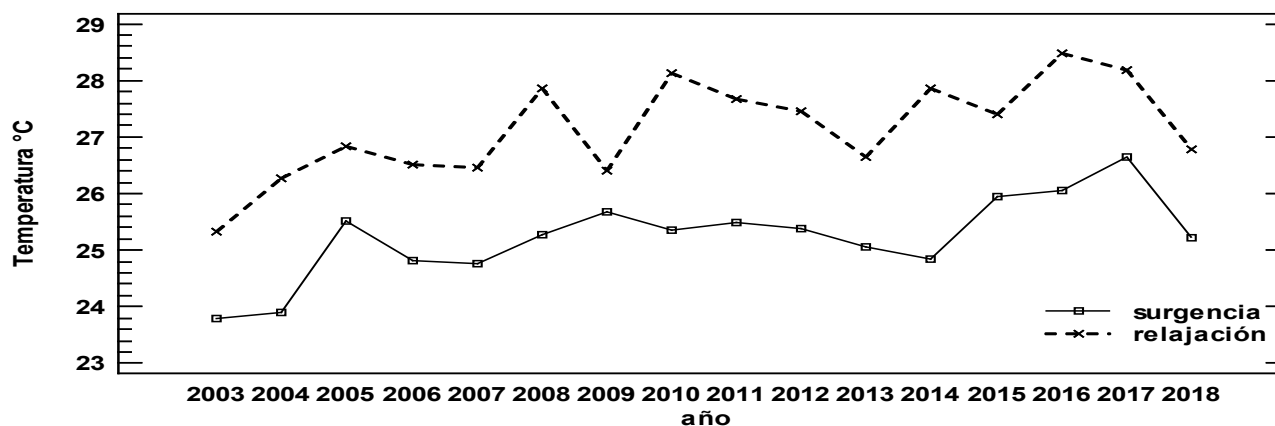


Fig. 4. Variación anual de la temperatura °C en periodos de surgencia y relajación al sureste de isla Margarita (2003-2018) Venezuela.

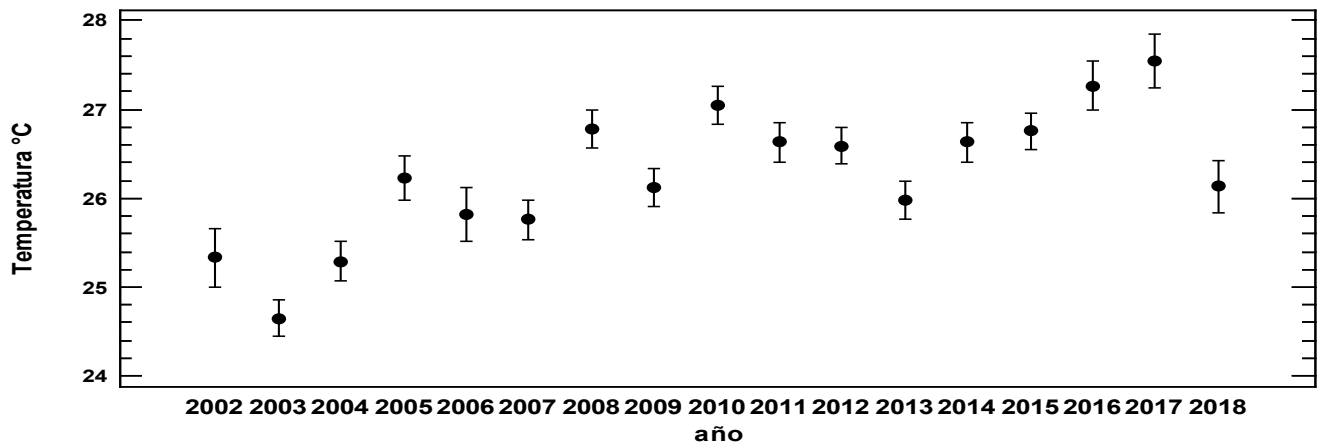


Fig. 5. Variación anual de la temperatura °C en columna de agua (hasta 20 m) al sureste de isla Margarita (2002-2018), Venezuela.

## DISCUSIÓN

En Nueva Esparta, las capturas más cuantiosas de sardina fueron en 2003 y 2004 y la temperatura promedio anual fue 24,97 °C, en estos años se registraron mínimos de 21,6 °C este valor indica surgencia fuerte, este mínimo no fue determinado durante el periodo 2005 a 2018. Sin embargo, por estudio satelital se menciona que en 2003 y 2004 la surgencia fue débil (RUEDA-ROA *et al.* 2017). En años recientes se desconoce registro de temperaturas que indiquen afloramientos intensos, como en 2003 y 2004. Desde mediados de 2005 la temperatura aumento ~ 2 °C y la sardina casi desapareció de los caladeros (GÓMEZ 2006), en 2006 la crisis se agudiza y durante una década (2006 a 2015) las capturas anuales de sardina fueron muy bajas variando entre 2.060 y 9.437 t (Fig. 1) y la temperatura promedio anual oscilo entre 25,76 y 27,03 °C, con valores puntuales máximos de 30,6 °C en la superficie y > 28 °C a los 20 m. El incremento de la temperatura se postuló como una posible explicación a la ausencia de la sardina en los caladeros, se sugirió que el recurso pudo haber experimentado un desplazamiento hacia estratos más profundos y alejados de la costa, en busca de masas de agua con temperaturas menores y más estables. En el sureste de Margarita, durante el segundo semestre de 2005 la temperatura supero los 26°C (GÓMEZ *et al.* 2008) y desde este año ha sido más elevada (~ 2 °C) comparada con el 2003 y 2004 (GÓMEZ 2006, 2006A); esta tendencia continuó hasta 2017 (Figs. 3 a 5), porque en 2018 el promedio disminuyó 1,4 °C en comparación con el año precedente.

Durante 2016 y 2017, se registró un incremento notable en las capturas de sardina, alcanzando las 42.736 t y 50.565 t, respectivamente. Paradójicamente, en este periodo las temperaturas promedio anuales fueron las más elevadas del estudio (27,26 °C y 27,42 °C; Fig. 6), lo que cuestiona que el factor térmico fuera el único responsable de la escasez del recurso durante los años de crisis. Por tanto, deben considerarse explicaciones alternativas, como un cambio en el régimen ecológico o el impacto de la actividad pesquera en el estado Sucre. Específicamente, el uso intensivo de «maquinas» (*purse seine*) podría comprometer la sustentabilidad de la especie al capturar juveniles que se incorporan al ambiente pelágico (GÓMEZ 2015, 2018a, 2022; GÓMEZ & PÉREZ 2021), un arte de pesca asociado históricamente con colapsos de sardina a nivel mundial.

Diversas evaluaciones acústicas del recurso (CÁRDENAS & ACHURY 2000) no han logrado verificar correlaciones significativas entre la biomasa de sardina y variables como la temperatura o nutrientes *in situ* (RUEDA-ROA 2012; RUEDA-ROA *et al.* 2017). Se ha argumentado que la complejidad de relacionar factores ambientales con las capturas radica en la alternancia de los máximos de surgencia y la influencia del río Orinoco, lo cual mantiene una alta productividad biológica durante todo el año (FREÓN *et al.* 1997). No obstante, los resultados del presente estudio sugieren la importancia de realizar correlaciones específicas en las zonas de extracción. En el sureste de la Isla de Margarita, se observó una correlación negativa moderada

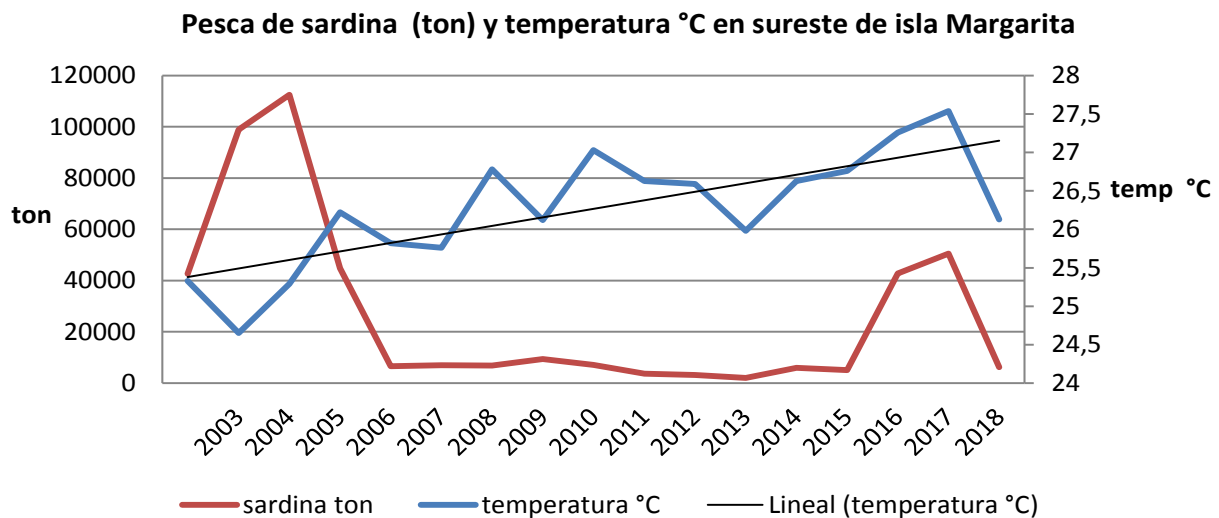


Fig. 6. Aumento de la temperatura (°C) en columna de agua (1-20 m) y captura de sardina (ton) en el sureste de Margarita durante lapso 2002 a 2018.

( $r = -0,40$ ) entre la temperatura y la pesca de sardina; asimismo, se determinó que la concentración de clorofila *a* disminuye cuando la temperatura excede los 25 °C (GÓMEZ *et al.* 2025).

Esta vulnerabilidad térmica coincide con análisis recientes en el área de pesca nororiental basados en datos satelitales (2002–2023), donde la aplicación de señales de alerta temprana para diagnosticar la resiliencia del hábitat indica una tendencia preocupante (MOLERO *et al.* 2026). Aunque la temperatura media se mantiene dentro del rango para la especie, el incremento en la frecuencia y magnitud de eventos térmicos extremos representa una amenaza latente que podría afectar negativamente la estabilidad del recurso sardinero. En el área de pesca de la sardina nororiental, por tendencias temporales en la varianza de la temperatura superficial y autocorrelación (MOLERO *et al.* 2026) concluyen que la temperatura media permanece dentro del rango para la sardina, pero aumenta la frecuencia y magnitud de las temperaturas extremas que pueden afectar negativamente a la sardina.

En Margarita durante 2003 y 2004 se hicieron las capturas máximas de sardina (98.951 y 112.483 t) la mayoría fueron entre Pampatar y La Isleta, localidades distantes unos 25 km fue el caladero sardinero más importante del país (GÓMEZ 2006; GÓMEZ *et al.* 2008) por lo cual se intentará explicar las posibles causas de las abundantes capturas en esta pequeña área marina de ~70 km<sup>2</sup>. Por factores físicos y biológicos los cardúmenes se aproximan a menos de 2-3 km de la costa y pescadores artesanales los capturan con arte de pesca tradicional (chinchorro) el cual garantiza su explotación sostenible (GÓMEZ 2018, 2022; GÓMEZ & PÉREZ 2021). Las causas físicas se relacionan con el afloramiento de aguas subsuperficiales cerca de la costa durante la surgencia (enero a mayo), como indica los valores de temperatura (< 22°C), del oxígeno disuelto (< 3 ml/l en superficie y < 1 ml/l a los 20 m), la salinidad tiene poca variación (36,35 en promedio) y las sales disueltas tienen mayores concentraciones (GÓMEZ 2006). Por valores de la hidrografía y la concentración de nutrientes obtenidos desde 2003 hasta mediados de 2005, el este de Margarita fue un foco de aguas de surgencia (GÓMEZ 2006; GÓMEZ *et al.* 2008), el afloramiento también ocurre al norte de Margarita, en Coche y Cubagua, estas islas se caracterizan por la abundancia de sardina. El afloramiento no es un fenómeno general en todo el oriente de Venezuela, sino que ocurre en áreas localizadas (CASTELLANOS *et al.* 2002).

Entre junio y diciembre (periodo de relajación) en el sureste de Margarita la salinidad es variable por causa de la pluma del río Orinoco, en ocasiones se determina mínimo de 22 en superficie y valores entre 25 y 30 son frecuentes hasta los 10-12 m de profundidad. Es reconocida la importancia del Orinoco, por el aporte de materia orgánica disuelta y particulada al mar Caribe (GÓMEZ 1996; GÓMEZ & ACERO 2020). También debe considerarse la corriente superficial proveniente del este que impacta los bajos fondos al

oriente de Margarita y se bifurca, una parte se dirige al norte (hacia Cabo Negro y Los Frailes) y otra en dirección contraria que se incorpora a la corriente que por el sur de Margarita se traslada hacia el oeste (sotavento). Las corrientes que impactan islas pueden formar giros con importancia para acumular o concentrar plancton que consumen peces filtradores, como las sardinas (BAKUN 2006). Además, se facilita el rompimiento de ondas internas y la remoción del fondo, que también fertiliza las aguas.

En el sureste de Margarita, para que los cardúmenes se aproximen a la costa, la principal causa biológica es la abundancia de alimento (fitoplancton) disponible para la sardina, en general la concentración de Cl. *a* (= biomasa de fitoplancton) es más elevada los primeros meses del año (surgencia) alcanzando un valor máximo de 14,35 mg/m<sup>3</sup> a los 10 m de profundidad (GÓMEZ 2006). Fueron muy abundantes las diatomeas (97,5% de las microalgas) con concentraciones elevadas en junio/2003 y julio/2004, con el predominio de *Skeletonema costatum*, especie que podría ser indicadora de la presencia de sardina (Gómez 2006; Cellamare & Gómez 2007). Las concentraciones altas de fitoplancton coinciden con las capturas máximas de sardina (Fig. 7). En el zooplancton dominan los grupos herbívoros (copépodos, cladóceros, apendicularias, cirripedios y otros) que constituyeron el 74%; en 2002-2004 la abundancia promedio del zooplancton diurno fue alta (densidad 599,68 ± 20,19 ind/m<sup>3</sup>; biomasa seca 35,70 ± 2,00 mg/m<sup>3</sup>), pero en 2005 con la crisis sardinera la densidad fue mayor 919,28 ± 84,14 ind/m<sup>3</sup> (Gómez 2006; Gómez & Hernández 2008), lo que también ocurrió en el zooplancton nocturno.

En 2005, la temperatura promedio incrementó ~ 2 °C respecto a los años precedentes, alcanzando máximos superiores a 29,5 °C en noviembre. Este calentamiento coincidió con una reducción en la concentración de clorofila *a* y una productividad primaria tres veces menor a la registrada en el periodo 2003-2004 (GÓMEZ 2006). Además, se afectó la reproducción del recurso porque en 2004-2005 la abundancia de huevos fue muy inferior a las determinadas en 2002 y 2003 cuando representaron > 50% del zooplancton nocturno; en el lapso 2006-2013 la abundancia de huevos fue muy baja (GÓMEZ 2015). Se ha documentado que las olas de calor extremas impactan negativamente las poblaciones de sardina, especialmente en etapas críticas de su ciclo de vida como el desarrollo de huevos y larvas (GANIAS *et al.* 2014; MOLERO *et al.* 2026). Esta vulnerabilidad térmica coincide con los datos observados en el presente estudio: mientras que en 2003 y 2004 los volúmenes de pesca se mantuvieron estables con un promedio de 105.000 t, en 2005 se registró una drástica reducción a 45.000 t, alcanzando un mínimo de apenas 6.560 t en 2006 (Fig. 7). Es

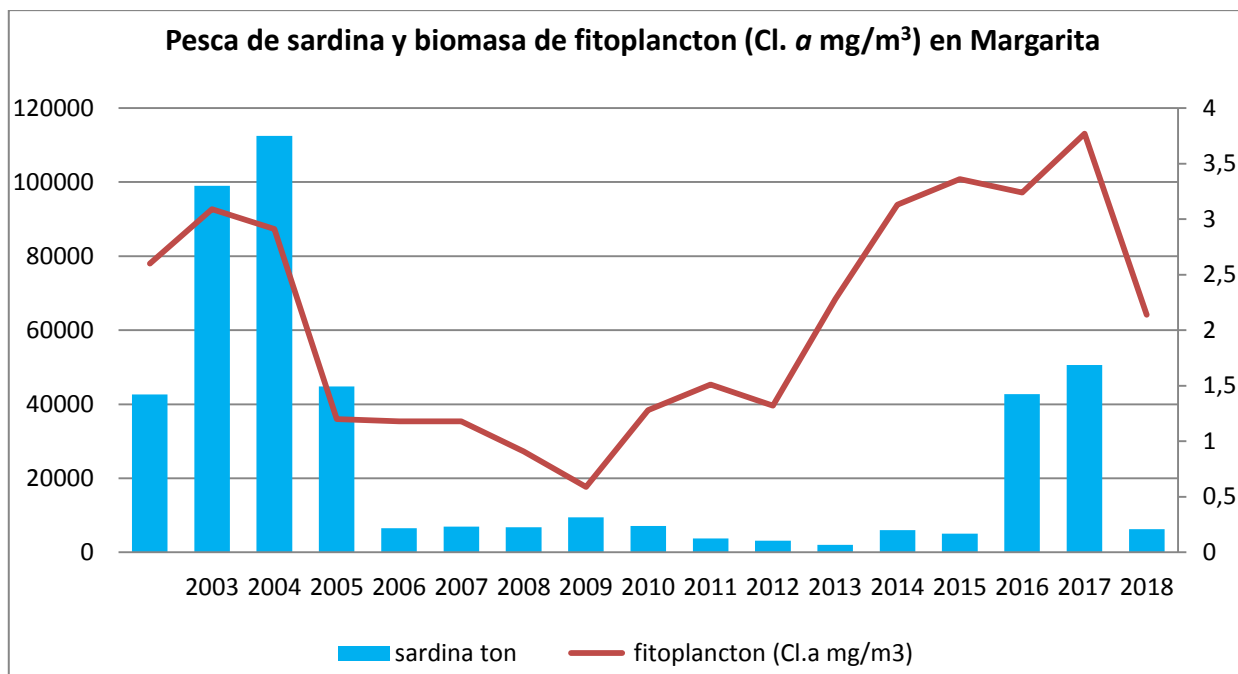


Fig. 7. Captura de sardina (t) y biomasa de fitoplancton (Cl. *a* mg/m<sup>3</sup>) en el sureste de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2025).

importante destacar que estas fluctuaciones en la abundancia son un rasgo común en todas las poblaciones bajo explotación pesquera (MARGALEF 1969).

En el sureste de Margarita durante 2003-2004 la temperatura promedio anual fue 24,67 °C y de 26,42 °C en 2005, el aumento de 1,8 °C fue perceptible en la columna de agua (20 m), en esos años la temperatura mínima fue 21,6 °C y la máxima 28,6 °C, mientras que en 2005 fueron 23,5 y 30,6 °C; el aumento de la temperatura se consideró una posible explicación por la ausencia de sardina desde mediados de 2005 (GÓMEZ *et al.* 2008). Sin embargo, en 2016 y 2017 las capturas aumentaron notablemente (Fig. 6) y la temperatura promedio anual fue 27,26 y 27,54 °C, las más altas del periodo 2002 a 2018. Lo cual cuestiona idea que la sardina no se acerca a la costa (caladeros) por el aumento de la temperatura. Asimismo, hacia finales de algunos años, cardúmenes de sardina con fines de alimentación se acercan a los canales de entrada de lagunas costeras del sur de Margarita, como La Restinga y otras (GÓMEZ & PÉREZ 2021) porque en el segundo semestre exportan mas biomasa de fitoplancton (Cl. *a*) y la temperatura es elevada, con rango de 27,0 a 30,7 °C (GÓMEZ 1983). En los caladeros sardineros de Margarita, es dudoso que los cardúmenes del recurso estén lejos de la costa por la mayor temperatura del agua, sin duda hasta 2018 ocurrió un aumento, pero no muy marcado. En reciente estudio satelital en la zona de pesca de la sardina nororiental (MOLERO *et al.* 2026) establecen que la amplitud media intraanual de la temperatura fue 4,34 °C ± 0,7 °C y no encuentran cambio significativo cuando comparan la temperatura media en períodos de 5 años al inicio (2003-2007) y final (2018-2022) de la serie.

En los caladeros del sureste de Margarita, los pescadores capturan sardina que generalmente proviene del Norte o del Este, muy raras veces del Sur. Los cardúmenes del Norte, entran al este de Margarita por el cabo de la isla (área entre Cabo Negro y Los Frailes), se aproximan a la costa en cercanías de Puerto Fermín y costeano por playa Guacuco se dirigen hacia Punta Ballena, transitan por la bahía de Pampatar, El Farallón, Puerto Moreno, el morro de Porlamar (playa Valdez), la bahía de Porlamar (Bellavista a Los Cuartos), Punta Mosquito, La Isleta y por la bahía de El Guamache llegan al sur de Margarita, también es posible que puedan alcanzar las islas de Coche y Cubagua. En años cuando hay gran abundancia de sardina, su alimento escasea durante los últimos meses y los cardúmenes buscan áreas ricas en fitoplancton para alimentarse y explica su presencia en el sur de Margarita, en proximidades de los canales de entrada de lagunas costeras (GÓMEZ *et al.* 2008). Cuando en los caladeros se captura sardina proveniente del Este, los cardúmenes se trasladaron desde los bancos de Cumberland y Los Testigos, es decir vienen de aguas de la plataforma del estado Sucre.

La sardina es el recurso pesquero más cuantioso de Venezuela y de importancia estratégica para la seguridad alimentaria nacional, es el alimento proteico más sano y barato que consumen los estratos sociales necesitados, además es necesaria para la permanencia de la industria enlatadora y otras relacionadas que brindan empleo a miles de personas. El colapso de la sardina puede afectar el suministro de proteína animal y causar grandes pérdidas económicas a empresas que la utilizan directa o indirectamente (elaboración de harina), por lo cual la pesca debe ser sostenible. La crisis sardinera se atribuye a varias causas, como la disminución de la producción primaria y otros factores (GÓMEZ 2006a, 2007; GÓMEZ *et al.* 2008), un cambio de régimen ecológico (GÓMEZ 2018a, 2019) y la disminución de huevos de sardina en el plancton (GÓMEZ 2015). También, sin evidencia científica se mencionó a la sobrepesca (GONZÁLEZ *et al.* 2007; RUEDA 2012; MENDOZA 2015; RUEDA *et al.* 2017), a diferencia de estudio de la talla media de la sardina capturada en Margarita desde 2002 al 2016 con chinchorros playeros, comprobando que no ocurrió la sobrepesca (GÓMEZ 2018).

**Comentarios finales:** En 2024 se insiste en que la escasez de la sardina ocurre por aumento de la temperatura, que causa el calentamiento global. Por lo cual, de ser cierto, deben considerarse sus posibles consecuencias en las aguas superficiales regionales, porque es el hábitat de los cardúmenes de juveniles y adultos de sardina. El calentamiento propicia la estratificación en la superficie, lo cual limita el acceso vertical de los nutrientes (ELSWORTH *et al.* 2020), en las aguas pobres los productores primarios dominantes

son las cianobacterias (MILLS *et al.* 2018). Es conocido que, según la abundancia de nutrientes inorgánicos varía el tamaño celular del fitoplancton, siendo mayor en las surgencias fuertes con nutrientes elevados y es donde abunda el micro y el mesofitoplancton. Pero cuando los nutrientes escasean domina el picofitoplancton que tiene menor tamaño 0,2 a 2  $\mu\text{m}$  (ALBIN *et al.* 2022) lo que facilita la entrada de nutrientes y es mayor su difusión (RAVEN 1998); este grupo satura su crecimiento en concentración  $\sim 0,2 \mu\text{M}$  de nitrato (las diatomeas entre 0,7-1,0  $\mu\text{M}$ ) y por su tamaño no es consumido por los copépodos (AGAWIN *et al.* 2000; KIØRBOE 2008). Además, el picoplancton no tiene moléculas de ácidos grasos poliinsaturados omega-3, ni esteroides (JÓNASDÓTTIR 2019; RUESS & MÜLLER-NAVARRA 2019), lo que si poseen las diatomeas consumidas por los copépodos y peces. Así, en clima más cálido la calidad del alimento depende de la temperatura, del tamaño y la composición de los productores primarios (BEAUGRAND *et al.* 2003; PARMESAN & YOHE 2003; CAPUZZO *et al.* 2017) y el menor tamaño del fitoplancton afecta las cadenas tróficas (BRANDER & KIØRBOE 2020). El aumento de temperatura y la menor talla de los productores primarios y secundarios se comprueba por los estudios geológicos (FINKEL *et al.* 2006), por modelos (DUTKIEWICZ *et al.* 2013), estudios *in situ* (AGIRBAS *et al.* 2015) y observaciones remotas (BREWIN *et al.* 2012).

En el Atlántico nororiental, se ha evidenciado que durante los meses de verano (periodo cálido) disminuye la abundancia de diatomeas y copépodos de gran tamaño, componentes esenciales para niveles tróficos superiores como los peces. Estudios *in situ* y series temporales concluyen que este fenómeno se debe a una nutrición deficiente de las diatomeas y al incremento del pico y nanofitoplancton. Bajo estas condiciones, la fracción picoplanctónica (0,2-2  $\mu\text{m}$ ) es dominada por cianobacterias, especialmente del género *Synechococcus*. Estas células anucleadas, con dimensiones de 0,8 a 1,5  $\mu\text{m}$ , prosperan en la nutriclina gracias a su capacidad para captar luz de baja irradiación (2% de la intensidad superficial) y su alta afinidad por el hierro, superando competitivamente a los piceoeucariotas (GRÉBERT *et al.* 2018). Este género predomina en el Atlántico desde el trópico hasta el Ártico, en el Pacífico sobre plataformas continentales amplias (WANG *et al.* 2021) y en zonas de surgencia (p. ej., Costa Rica), donde alcanza densidades de hasta 3,4 millones de células/ml (SAITO *et al.* 2005). Por su tamaño y la carencia de biomoléculas esenciales, *Synechococcus* es un productor primario muy pobre para mantener otras redes tróficas, siendo alimento deficiente para el zooplancton, estas limitaciones explican la menor abundancia de los copépodos grandes ( $\sim 50\%$ ) en los últimos 60 años (SCHMIDT *et al.* 2020).

En el mar *Synechococcus* alcanza densidad  $> 200.000$  células/ml (SHARPLES *et al.* 2009) es el productor primario más abundante y estiman que este siglo aumentara 14% en las latitudes bajas y 50% en las medias y altas, porque crece bien en aguas con muy baja concentración de nutrientes (oligotróficas), que es lo general en  $\sim 60\%$  del océano mundial (BROWNING *et al.* 2017). En el oriente de Venezuela, por el relativo calentamiento del agua superficial, quizás es posible el aumento de las cianobacterias, es un grupo mencionado en estudios locales (MARGALEF 1965; VARELA *et al.* 2003; CELLAMARE & GÓMEZ 2007) pero se desconoce su abundancia actual. Además, desde 2004 en el fitoplancton los taxones dominantes (diatomeas, dinoflagelados y cocolitoforidos) cambiaron a taxas más pequeñas (TAYLOR *et al.* 2012; PINCKNEY *et al.* 2015); en el Caribe suroriental (Granada) es muy baja la concentración de *Cl. a* (0,2  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y en el fitoplancton domina la fracción  $< 2 \mu\text{m}$  (JOHN *et al.* 2012).

Hasta inicios del presente siglo se afirmaba que la pesca de sardina estaba estable o subexplotada (GUZMÁN & GÓMEZ 2000; FREÓN & MENDOZA 2003; FREÓN *et al.* 2003) y las prospecciones estimaron biomasa de 1.300.000 toneladas (CÁRDENAS 2003) pero coincidían en 850.000 t (GERLOTTO & GINÉS 1988; STROMME & SAETERSDAL 1989; CÁRDENAS & ACHURY 2002). Se consideró que había excedentes de sardina y de industrializar su pesca, la captura podría extenderse hasta un millón de toneladas (SARPA 1996). Sin embargo, se olvida que esta cifra incluye el alimento o consumo por sus depredadores, que al igual que la sardina hacen parte del ecosistema. En el caso de permitir la extracción de esa cantidad de sardina, si existe, no sería una medida ecosistémica y el recurso puede agotarse en poco tiempo, además el ecosistema podría colapsar desde el punto de vista trófico (GÓMEZ 2001) y originar problemas sociales por la importancia de la actividad y el número de pescadores que en el oriente de Venezuela viven de la captura de las especies predatoras de sardina.

Reciente estudio concluye que 152 especies consumen sardina, 66 son pelágicas y 86 bentónicas y/o demersales que predan a las postlarvas y juveniles que viven próximos al sustrato (GÓMEZ 2015; GÓMEZ & PÉREZ 2021). De ocurrir el agotamiento de la sardina serán las especies más afectadas, así como la estructura y función del ecosistema por su importancia trófica y causar el colapso de la pesca íctica regional. En 2006-2007 los pescadores de Nueva Esparta capturaron en promedio 22.701 t de predadores de sardina, cifra ~ 80% menor comparada con las estimadas en 2000 y 2003, la posible causa fue la crisis sardinera porque la sardina es necesaria para la abundancia de sus depredadores (CERVIGÓN *et al.* 2022). Finalmente, y quizás lo más importante, se lesionará la tradición cultural e idiosincrasia de la mayoría de población costera nororiental, que vive de la pesca artesanal.

## CONCLUSIONES

1. A partir de 2005, la sardina ha permanecido alejada de los caladeros del sureste de Margarita. El incremento térmico observado ( $< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) resulta insuficiente para explicar por sí solo este desplazamiento, lo que pone en duda que la temperatura sea el factor principal de la crisis del recurso en la región.

2. Se sugiere estudiar el picoplancton regional, porque el calentamiento global propicia la proliferación de cianobacterias, lo que afectaría la trama trófica pelágica por nutrición deficiente de especies filtradoras, como las sardinas reclutas y adultas.

3. La escasez del recurso sardinero debería relacionarse con la actividad pesquera intensiva en el Estado Sucre, de donde proviene la sardina capturada en Margarita. Es posible la sobrepesca con máquinas de argolla y se capturen sardinas juveniles. También debe considerarse un cambio de régimen ecológico, verificado por la abundancia y composición del plancton.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue posible por investigaciones sobre la ecología costera del sureste de Margarita, financiadas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela (FONACIT) mediante Proyectos 2000001372 y PEI 2011-1220; la Universidad de Oriente (Proyectos CI-6-1364/07 y 1667/10) y acción personal. Se agradece a pescadores sardineros del Morro de Porlamar por facilitar embarcaciones y ayuda en muestreos. Gracias a primeros presidentes del INAPESCA, Dres. D. NOVOA (qepd) y A. JECROIS, por financiar (2003-2005) el seguimiento de capturas de sardina en Nueva Esparta. Se agradece valiosas sugerencias de evaluadores.

## REFERENCIAS

- ASTOR, Y., F. MÜLLER-KARGER & M. SCRANTON. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Cont. Shelf Res.* 23: 125-144.
- ASTOR, Y., L. GUZMÁN, L. TROCCOLI, L. LORENZONI & F. MULLER-KARGER. 2017. Síntesis de las tendencias de los parámetros oceanográficos y ópticos en la estación serie de tiempo CARIACO (enero 1996–diciembre 2013). *Mem. Fund. La Salle Cien. Nat.*, 73(181–182): 81–101.
- AGAWIN, N., C. DUARTE & S. AGUSTÍ. 2000. Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production. *Limnol. Oceanog.* 45: 591-600.
- AGIRBAS, E., V. MARTINEZ-VICENTE, R. BREWIN, M. RACAULT, R. AIRS & C. LLEWELLYN. 2015. Temporal changes in total and size-fractionated chlorophyll *a* in surface waters of three provinces in the Atlantic Ocean (September to November) between 2003 and 2010. *J. Mar. Systems.* 150: 56-65.
- ALBIN, K., R. JYOTHIBABU, K. ALOK, S. SANTHIKRISHNAN, S. SARATH, V. SUDHEESH, C. SHERIN, K. BALACH, C. ASHA & G. GUPTA. 2022. Distinctive phytoplankton size responses to the nutrient enrichment of coastal upwelling and winter convection in the eastern Arabian Sea. *Prog. Oceanog.* 203 (April-May 2022), 102779.

- BAKUN, A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae, opportunity, adaptive response and competitive advantage. In: Olivar, M. & J. Govoni (Eds.). Recent advances in the study of fish eggs and larvae. *Sci. Mar.* 70 (Suppl. 2): 105-122.
- BEAUGRAND, G., K. BRANDER, J. LINDLEY, S. SOUISSI & P. REID. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426: 661–664.
- BRANDER, K. & T. KIØRBOE. 2020. Decreasing phytoplankton size adversely affects ocean food chains. *Global Change Biol.* 26: 5356–5357.
- BREWIN, R., T. HIRATA, N. HARDMAN-MOUNTFORD, S. LAVENDER, S. SATHYENDRANATH & R. BARLO. 2012. The influence of the Indian Ocean Dipole on interannual variations in phytoplankton size structure as revealed by earth observation. *Deep-Sea Research II*, 77-80: 117-127.
- BROWNING, T., E. ACHTERBERG, I. RAPP, A. ENGEL, E. BERTRAND, A. TAGLIABUE & C. MOORE. 2017. Nutrient co-limitation at the boundary of an oceanic gyre. *Nature* 551: 242-246.
- CAPUZZO, E., C. LYNAM, J. BARRY, D. STEPHENS, R. FORSTER, N. GREENWOOD, A. MCQUARTES, T. SILVA, S. VAN LEEUWEN & G. ENGELHARD. 2017. A decline in primary production in the North Sea over 25 years, associated with reductions in zooplankton abundance and fish stock recruitment. *Global Change Biology* 24: 352-364.
- CÁRDENAS, J. & A. ACHURY. 2002. Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 154: 39-54.
- CASTELLANOS, P., R. VARELA & F. MÜLLER-KARGER. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del mar Caribe examinadas con el sensor infrarojo AVHRR. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 164: 55-76.
- CELLAMARE, M. & A. GÓMEZ. 2007. Alimentación de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 46(1): 23-36.
- CERVIGÓN, F., J.L. MARVAL & A. GÓMEZ GASPAS. 2022. Crisis sardinera y afectación de las especies predatoras en Nueva Esparta, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 61(2): 1-45.
- DUTKIEWICZ, S., J. SCOTT, R. & M. FOLLOWS. 2013. Winners and losers: ecological and biogeochemical changes in a warming ocean. *Global Biogeochem. Cycles* 27: 463-477.
- ELSWORTH, G., W. LOVENDUSKI, N. MCKINNON, K. KRUMHARDT & R. BRADY. 2020. Finding the fingerprint of anthropogenic climate change in marine phytoplankton abundance. *Current Climate Change Reports* 6(2): 37-46.
- FINKEL, Z. A. QUIGG, J. RAVEN, J. REINFELDER, O. SCHOFIELD & P. FALKOWSKI. 2006. Irradiance and the elemental stoichiometry of marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 51: 2690-3270.
- FREÓN, P. & J. MENDOZA. 2003. *La sardina (Sardinella aurita) su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela: una síntesis: 25-180*. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita)*, su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. IRD Editions, París. 549 p.
- FREÓN, P., M. EL KHATTABI, J. MENDOZA & R. GUZMÁN. 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. *Mar. Biol.* 128: 363-372.
- FREÓN, P., M. EL KHATTABI, J. MENDOZA, & R. GUZMÁN. 2003. *Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de Sardinella aurita de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera: 357-387*. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita)*, su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. IRD Editions, París. 549 p.

- GANIAS, K., S. SOMARAKIS & C. NUNES. 2014. *Reproductive potential*. In: *Biology and ecology of sardines and anchovies*. Ed. Gantias, K. CRC Press, Boca Ratón, USA. 79-121.
- GERLOTTO, F. & H. GINÉS. 1988. Diez años de eointegración en EDIMAR referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 48(3): 311-324.
- GÓMEZ, A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en canal de entrada a la laguna de La Restinga, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 22(1-2): 43-63.
- GÓMEZ, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia* 21(3): 140-146.
- GÓMEZ, A. 2001. Recursos pesqueros: Caribe. *Invest. Cienc.* 301: 36-38.
- GÓMEZ, A. 2006. Caracterización ecológica del caladero de pesca más importante de Venezuela (Pampatar - La Isleta, isla de Margarita). Museo Marino de Margarita, Informe. Final Fondo Nacl. Invest. Cient. Técn. Venezuela (FONACIT Proy. 2000001372). Min. Cienc. Tecnol., Caracas. 648 p.
- GÓMEZ, A. 2006a. Margalef, el sabio de Cataluña. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 45(2): 161-174.
- GÓMEZ, A. 2007. Producción primaria al sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 46: 97-105.
- GÓMEZ, A. 2015. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: abundancia de huevos de sardina *Sardinella aurita* en el este de Isla Margarita. Once años de estudio (2002-2013) y comentarios sobre muestreo, reproducción y desarrollo. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 54(2): 95-108.
- GÓMEZ, A. 2016. Densidad de huevos de sardina *Sardinella aurita*, abundancia de zooplancton e hidrografía en la península de Araya y sur de isla Margarita, Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 45: 57-72.
- GÓMEZ, A. 2018. Análisis del manejo de la crisis de sardina *Sardinella aurita* en Venezuela y comentario sobre artes de pesca y estadística. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 47: 85-106.
- GÓMEZ, A. 2018a. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: posible causa un cambio de régimen. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 57: 70-82.
- GÓMEZ, A. 2019. Variación a largo término (2002-2016) en la densidad y composición del mesozooplancton indica cambio de régimen en isla Margarita (Venezuela). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 48(1): 65-87.
- GÓMEZ, A. 2022. Nueve décadas de explotación de sardina *Sardinella aurita* en Venezuela, revisión crítica. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 51(1): 171-192.
- GÓMEZ, A. & J.P. CHANUT. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al sur de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 32(1-2): 27-44.
- GÓMEZ, A. & W. GONZÁLEZ. 2008. Captura récord de sardina *Sardinella aurita* en la isla de Margarita, Venezuela. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat.* 169: 135-142.
- GÓMEZ, A. & I. HERNÁNDEZ. 2008. Abundancia interanual del zooplancton nocturno en la costa este de isla Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 47(2): 91-102.
- GÓMEZ, A. & A. BARCELÓ. 2014. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: hidrografía y nutrientes al este de la isla de Margarita, una década de estudio (2003-2012). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 53(2): 185-203.
- GÓMEZ, A. & A. ACERO P. 2020. Comparación de las surgencias de la Guajira colombiana y del oriente venezolano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 49: 131-172.
- GÓMEZ, A. & J. PÉREZ. 2021. La sardina *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847. Ciclo de vida en Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 60: 32-56.

- GÓMEZ, A., E. IZAGUIRRE & O. GÓMEZ. 2008. Ecología de caladeros, aspectos biológicos y pesca (2003-2006) de sardina *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) en Nueva Esparta, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 47(2): 113-128.
- GÓMEZ, A., A. BARCELÓ & E. MATA. 2012. Condiciones hidrográficas (2007-2009) al sur de isla Margarita y península de Araya como indicio de disminución de la fertilidad regional y posible afectación del recurso sardinero venezolano. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 28(1-2): 35-45.
- GÓMEZ, A., E. MATA & O. GÓMEZ. 2014. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: variación de la biomasa del fitoplancton en el este de Margarita, una década de estudio (2003-2012). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 53(1): 25-36.
- GÓMEZ, A., E. MATA, O. GÓMEZ & M. I. CRIALES. 2025. Efectos de la variabilidad de la clorofila *a* y la temperatura (2002-2018) en capturas de sardina al suroriente de isla Margarita, Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 54(1): 9-32.
- GONZÁLEZ, L., N. ESLAVA & E. GÓMEZ. 2007. Parámetros poblacionales de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol., Univ. Zulia, Ven.* 41(4): 457-470.
- GUZMÁN, R. & G. GÓMEZ. 2000. Crecimiento, mortalidad y patrón de reclutamiento de *Sardinella aurita* en nororiente de Venezuela. *Zootecn. Trop.* 18: 129-144.
- GRÉBERT, T., H. DORÉA, F. PARTENSKY, G. FARRANT, E. BOSS, M. PICHERAL, L. GUIDI, S. PESANT, D. SCANLAN, P. WINCKER, S. ACINAS AND D. KEHOE & L. GARCZAREKA. 2018. Light color acclimation is a key process in the global ocean distribution of *Synechococcus* cyanobacteria. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 115: E2010–E2019.
- JOHN, D., J. LÓPEZ-DÍAZ, A. CABRERA, N. SANTIAGO, J. CORREDOR, D. BRONK & J. PAUL. 2012. A day in the life in the dynamic marine environment: how nutrients shape diel patterns of phytoplankton photosynthesis and carbon fixation gene expression in the Mississippi and Orinoco River plumes. *Hydrobiologia* 679(1): 155-173.
- JÓNASDÓTTIR, S. 2019. Fatty acid profiles and production in marine plankton. *Marine Drugs* 17: 151.
- KJØRBOE, T. 2008. *A mechanistic approach to plankton ecology*. Princeton, NJ., USA. Princeton University Press. ISBN 9780691134222.
- MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitoplancton. En: Estudios sobre el ecosistema pelágico del N.E. de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 25(70-71-72): 139-206.
- MARGALEF, R. 1969. El ecosistema pelágico del mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 32: 5-31.
- MENDOZA, J. 2015. Rise and fall of Venezuela industrial and artisanal marine fisheries:1950-2010. *Fisheries Centre. University of British Columbia. Working Paper Series #2015-27.* 15 p.
- MILLS, G., K. SHARPS, D. SIMPSON, H. PLEIJEL, M. FREI, K. BURKEY, L EMBERSON, J. UDDLING, M. BROBERG, Z. FENG, K. KOBAYASHI & M. AGRAWAL. 2018. Closing the global ozone yield gap: quantification and cobenefits for multistress tolerance. *Glob. Change Biol.* 24 (10): 4869-4893.
- MOLERO-LIZÁRRAGA A., M. MORENO-VILLALOBOS, J. PAYÁN-ALEJO & C. MÉNDEZ-VALLEJO. 2026. Early Warning of Critical Transition in the East Venezuelan Sardine Habitat. *Marine Ecology*, 47: e70080 <https://doi.org/10.1111/maec.70080>
- MÜLLER-KARGER, F., R. VARELA, R. THUNELL, M. SCANTRON, G. TAYLOR, J. CAPELO, Y. ASTOR, E. TAPPA, J. AKL & H. TUNG-YUAN. 2004. Características de la fosa de Cariaco y su importancia desde el punto de vista oceanográfico. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 161-162: 215-234.

- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 14 (2): 251-268.
- OKUDA, T. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la fosa de Cariaco y áreas adyacentes. *FAO Fish. Rep.* 200: 349-362.
- PARMESAN, C. & G. YOHE. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- PINCKNEY, J., C. BENITEZ, R. THUNELL, F. MULLER, L. LORENZONI, L. TROCCOLI & R. VARELA. 2015. Phytoplankton community structure and depth distribution changes in the Cariaco basin between 1996 and 2010. *Deep-Sea Res. Part I*, 101: 27-37.
- RAVEN, J. 1998. The twelfth Tansley Lecture. Small is beautiful: the picoplankton. *Functional Ecology* 12: 503-513.
- RUEDA-ROA, D. 2012. *On the spatial and temporal variability of upwelling in the southern Caribbean Sea and its influence on the ecology of phytoplankton and of Spanish sardine (Sardinella aurita)*. Ph. D. Thesis Univ. South Florida. 168 p.
- RUEDA-ROA D. AND F. MULLER-KARGER. 2013. The southern Caribbean upwelling system: Sea surface temperature, wind forcing and chlorophyll concentration patterns, *Deep-Sea. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.*, 2013; 78:102-114.
- RUEDA-ROA, D., J. MENDOZA, F. MÜLLER-KARGER, J. CÁRDENAS, A. ACHURY & Y. ASTOR. 2017. Spatial variability of Spanish sardine (*Sardinella aurita*) abundance as related to the upwelling cycle off the southeastern Caribbean Sea. *PLoS One* 12(6): e0179984.
- RUESS, L. & D. MÜLLER-NAVARRA. 2019. Essential biomolecules in food webs. *Frontiers Ecol. & Evol.* 7: 269.
- SAITO, M., G. ROCAP & J. MOFFETT. 2005. Production of cobalt binding ligands in a *Synechococcus* feature at the Costa Rica upwelling dome. *Limnol. Oceanogr.* 50(1): 279-290.
- SARPA, 1996. *Estadísticas del Subsector Pesquero y Acuícola de Venezuela. 1990-1995*. Servicio Autónomo de Recursos Pesqueros y Acuícolas. Min. Agricultura y Cría, Caracas.
- SCHMIDT, K., A. BIRCHILL, A. ATKINSON, R. BREWIN, J. CLARK, A. HICKMAN, D. JONES, M. LOHAN, A. MILNE, S. PARDO, L. POLIMENE, T. SMYTH, G. TARRAN, C. WIDDICOMBE, E. WOODWARD & S. USSHER. 2020. Increasing picocyanobacteria success in shelf waters contributes to long-term food web degradation. *Global Change Biol.* 26: 5574-5587.
- SHARPLES, J., C. MOORE, M. HICKMAN, A. HOLLIGAN, P. TWEDDLE, J. PALMER & J. SIMPSON. 2009. Internal tidal mixing as a control on continental margin ecosystems. *Geophys. Res. Letters* 36: L23603.
- STROMME, T. & G. SAETERSDAL. 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Surinam y Colombia, 1988. Informe Final. Report Surveys R/V Dr. F. Nansen. NORAD/UNDP/FAO. Inst. Mar. Res., Bergen, Noruega. 145 p.
- TAYLOR, G., F. MÜLLER-KARGER, R. THUNELL, M. SCRANTON, Y. ASTOR, R. VARELA, L. TROCCOLI, L. LORENZONI, K. FANNING, S. HAMEED, & O. DOHERTY. 2012. Ecosystem responses in the Southern Caribbean Sea to global climate change. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.*, 109 (47): 19315-19320.
- VARELA, R., F. CARVAJAL & F. MÜLLER-KARGER. 2003. *El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela*. En: *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. Eds. Freón, P. y J. Mendoza. IRD Editions, Paris. 263-294.

WANG, T., X. CHEN, S. QIN & J. LI. 2021. Phylogenetic and phenogenetic diversity of *Synechococcus* along a Yellow Sea section reveal its environmental dependent distribution and co-occurrence microbial pattern. *J. Mar. Sci. Eng.* 9(9): 1018.