Bol. Inst. Oceanogr. Venez. Vol 65(02) 2026, ISNN 0798-0639 • e-ISNN 2958-2555
(Julio-diciembre 2026)
Volumen especial: Manuscritos aceptados del III Congreso Venezolano de Oceanología
Universidad de Oriente, Cumaná, estado Sucre, Venezuela • 11–13 de noviembre de 2025

POSIBLES RUTAS DE MIGRACIÓN DE LA SARDINA *SARDINELLA AURITA* EN EL NORORIENTE DE VENEZUELA

Alfredo Gómez Gaspar

Universidad de Oriente, Núcleo Nueva. Esparta & Museo Marino de Margarita, Boca del Rio, Venezuela
agomezgaspar@yahoo.com; https://orcid.org/ 0000-002-2430-2738

Recibido: marzo 2026 Aceptado: agosto 2026

RESUMEN: Esta revisión teórica propone posibles rutas de migración de la sardina *Sardinella aurita* en el nororiente venezolano, relacionadas con las corrientes, las surgencias y la influencia de la pluma del río Orinoco. Se plantea la procedencia de los cardúmenes hacia los principales caladeros de Margarita y Sucre. En la plataforma el desove es permanente, más intenso cerca de las costas peninsulares de Araya y Paria, golfos de Cariaco y Santafé, y alrededor de Margarita, Coche y Cubagua. Las corrientes subsuperficiales hacia el este propician el transporte de postlarvas y la permanencia de juveniles bentodemersales (< 6-7 cm) desde bancos de Los Testigos y Cumberland hasta el exterior de valles submarinos de Araya y Carúpano, constituyendo el área de crianza donde las sardinas tienen alimentación micrófaga, durante 60-75 días. Posteriormente los prereclutas forman los cardúmenes que se alimentan por la filtración de plancton e inician migraciones alimenticias hacia surgencias localizadas al noreste y a sotavento de Los Testigos. Al disminuir la surgencia, la mayoría de los cardúmenes migran al sur hacia aguas continentales de Sucre, mientras que otros cuantiosos cardúmenes migran hacia Margarita para alimentarse y reproducirse, en especial al norte y al sureste. Durante el segundo semestre, los cardúmenes de reclutas pueden asociarse con la pluma del Orinoco hasta el borde de la plataforma, luego migran hacia las costas continentales e insulares. Si en el estado Sucre ocurre sobrepesca con 'máquinas' y se capturan sardinas juveniles, se afectará el reclutamiento y la disponibilidad del recurso en los caladeros de Nueva Esparta y Sucre.

Palabras clave: *Sardinella aurita*, criadero, migraciones, Isla Margarita, Sucre, Venezuela

ABSTRACT: This theoretical review proposes possible migration routes for the sardine *Sardinella aurita* in northeastern Venezuela, linked to currents, upwelling events, and the influence of the Orinoco River plume. It outlines the origin of the schools moving toward the main fishing grounds of Margarita and Sucre. Spawning occurs continuously across the shelf, most intensely near the Araya and Paria peninsular coasts, the Gulfs of Cariaco and Santa Fe, and around the islands of Margarita, Coche, and Cubagua. Eastward subsurface currents facilitate the transport of postlarvae and the retention of benthopelagic juveniles (< 6–7 cm) ranging from the Los Testigos and Cumberland banks to the outer reaches of the Araya and Carúpano submarine valleys, creating a nursery area where sardines feed as microphages, for 60–75 days. Subsequently, prerecruits form schools that feed by filtering plankton and begin feeding migrations toward upwelling zones located northeast and leeward of Los Testigos. As upwelling subsides, most schools migrate south toward the mainland waters of Sucre, while other large schools migrate toward Margarita particularly the northern and southeastern areas to feed and reproduce. During the second half of the year, schools of recruits may associate with the Orinoco plume as far as the shelf edge before migrating toward the mainland and Margarita coasts. If overfishing using "machines" (purse seine gear) occurs in Sucre state and captures juvenile sardines, recruitment and the availability of the resource in the fishing grounds of Nueva Esparta and Sucre will be adversely affected.

Key words: *Sardinella aurita*, nursery, migrations, Margarita Island, Sucre, Venezuela

INTRODUCCIÓN

La sardina *Sardinella aurita* es el principal recurso pesquero del país, en 2027 su pesquería cumplirá 100 años de actividad continuada, es relevante porque en muchas partes especies de pequeños pelágicos como la sardina han sido explotadas hasta su colapso total. En este siglo, siete especies de *Sardinella* tienen captura promedio de 1'017.400 ton/año (FAO 2020) en su mayoría sobreexplotadas (Froese & Pauly 2020).

La sardina venezolana se pesca desde 1927 y hasta 1949 se desconocía la cuantía de las capturas; en 1950 comienza la recopilación de cifras de pesca mundiales propiciada por Naciones Unidas. En 90 años de pesca se estimó una captura de 4.386.758 t de sardina, cifra que aumenta a 5.746.653 t (Gómez 2022) al incluir la subestimación (31%) en el registro oficial (Trujillo 1977). Inicialmente, la sardina se destinaba a fábricas enlatadoras presentes en Cumaná, en el golfo de Cariaco se capturaba con chinchorro playero cuando los cardúmenes se acercaban a la costa. En Nueva Esparta, las operaciones generalmente se hacen a menos de 2-3 km de la playa y profundidad inferior a los 20 m, límite que impone la altura del arte de pesca sardinero (chinchorro) que no sobrepasa las 12-13 brazas, siendo el único arte que utilizan. En el estado Sucre, en la década de 1980 comienza la captura de sardina con artes no tradicionales, como las "maquinas o bolsos" similares a los *purse seine* industriales para capturar atunes, que han ocasionado el colapso de varias especies de pequeños pelágicos. Desde la década de 1990 este arte tiene uso intensivo en Sucre, en 2017 oficialmente faenaban 115 (Gaceta Oficial 41295/2017) pero los ilegales alcanzaban 130 (González *et al*. 2016). Los pescadores mencionan que actualmente (2025) laboran más del triple de las "máquinas" permisadas, que capturan el recurso cerca o lejos de la costa e incluso en toda la plataforma. La pesca con este arte ocasiona la muerte rápida (minutos) de la sardina, siendo posible que afecte a juveniles que recién se incorporan a las aguas pelágicas, para alimentarse por filtración de plancton, en especial de diatomeas.

Hasta los primeros años del siglo, en Nueva Esparta las capturas de sardina fueron cuantiosas; los pescadores utilizaban únicamente chinchorros que superaban los 1000 m de longitud, con los cuales encerraban la sardina y procedían a su traslado hacia la costa, donde los fondeaban ("amarraban"); de esta manera, la sardina permanecía viva y la autoridad pesquera procedía a verificar si tenía la talla mínima permitida para autorizar su extracción. Esta acción es imposible de realizar con las máquinas (*purse seines*), este arte es muy lesivo para la sustentabilidad del recurso si se pescan juveniles, porque toda la captura muere rápido. Comenzando el siglo, en el estado se capturaron en promedio ~100.000 t anuales, pero desde julio de 2005 la pesca disminuyó casi totalmente (Gómez et al. 2008), comenzando una grave crisis sardinera que se prolongó por más de 11 años. En 2016-2017 ocurrió una recuperación moderada de la pesca, pero la crisis se mantiene y la sardina escasea en los caladeros de Margarita (Gómez *et al*. 2025).

En el oriente venezolano, a finales de 2005 y en los primeros meses de 2006, se realizó la última evaluación de los recursos pesqueros (Molinet *et al*. 2008) utilizando métodos de estimaciones previas (Cárdenas & Achury 2000; Cárdenas 2003). En la plataforma deltana estimaron 166.874 t de machuelo *Opisthonema oglinum*; en el golfo de Paria 14.231 t de machuelo con camiguanas *Anchoviella*; en el norte de Sucre estimaron 108.877 t de machuelo, camiguanas, carapachona *Harengula* y poca sardina. En las prospecciones fue notoria la escasez de sardina, recurso siempre abundante al sur de Margarita, en donde estimaron 64.014 t de machuelo y rabo amarillo *Cetengraulis edentulus*; en el golfo de Cariaco cuantificaron 11.943 t de camiguanas y menos del 5% de sardina. Lo anterior verifica que la crisis sardinera, no fue una situación puntual en Margarita, sino que ocurrió en toda el área donde está presente el recurso, debiéndose incluir la plataforma deltana y el golfo de Paria.

En el nororiente, la presencia de sardina se relaciona con sus aguas fértiles, que en dirección este-oeste abarcan desde el extremo de Paria hasta isla La Tortuga, en dirección norte-sur desde la costa continental hasta el borde de la plataforma (~12º N) la cual tiene 90-100 km de amplitud y profundidad media de 66 m (Herrera & Febres 1975) e incluye los valles submarinos de Araya y de Carúpano, la plataforma de Los Testigos y de Cumberland hasta Margarita, el límite fértil más septentrional es isla La Blanquilla, también afectada por aguas de surgencia. Esta plataforma es la más ancha del país e importante para la fertilidad marina regional (Gómez 1996; Gómez & Acero 2020).

El objetivo de esta revisión teórica es analizar y explicar la proveniencia y los patrones de desplazamiento de los cardúmenes de sardina hacia las costas de Sucre y Nueva Esparta. En este último, es bien conocido que los cardúmenes llegan a los caladeros tras previos movimientos desde aguas costa

afuera. Así, en el sureste de la isla de Margarita la sardina proviene del norte o del este; mientras que en los caladeros ubicados al norte de la isla como Guayacán y Manzanillo, los cardúmenes generalmente provienen del oeste o noroeste. Por lo cual se detallan y relacionan los factores resaltantes que ocurren en la plataforma nororiental que constituye el hábitat del recurso sardinero y se explican sus migraciones. Estos factores son la circulación marina (corrientes), las surgencias y la pluma del río Orinoco, todos de importancia fundamental en la biología de la sardina y que aclaran su arribo a los caladeros comerciales del recurso. Asimismo, se plantea dónde se localiza el criadero de las sardinas, es decir, la zona donde viven las postlarvas y los juveniles con talla < 6-7 cm que se caracterizan por tener hábitat bentodemersal y con alimentación microfaga (Gómez 2015; Gómez & Pérez 2021).

Factores oceanológicos de importancia en las migraciones de la sardina

1. Circulación en la plataforma nororiental de Venezuela

En la superficie del mar, la circulación se explica por el viento que causa el transporte superficial de la capa Ekman y por movimiento del planeta o circulación geostrófica. En el Caribe (década 1930) se concluyó que las corrientes se dirigen hacia el oeste (Parr 1937). En el nororiente de Venezuela, los estudios pioneros fueron realizados por Gade (1961) y Fukuoka (1964) que verifican la dirección oeste de la corriente superficial, con velocidad máxima de 130 cm/s (media 50-70 cm/s) hacia los 13°N. El Dr. J. Fukuoka señaló que los estudios sobre oceanografía regional disponibles esos años, no describían la presencia de una contracorriente dirigida hacia el este sobre la plataforma continental, la cual está presente hasta 200 km de la costa (Fukuoka 1964), la cual también fue confirmada por otros autores (Febres 1974; Febres & Herrera 1975, 1976). Asimismo, (Fukuoka 1965a) describió la presencia de giros ciclónicos de 100 km en cercanías de isla La Blanquilla y (Gade 1961) reporto giro residual en el golfo de Paria.

La contracorriente subsuperficial se encuentra desde la costa hasta 13-14 ºN y entre 60 y 67 ºW (Fukuoka 1965b), con datos de Parr (1937) y Richards (1960) se calculó que tuvo velocidad de 90 cm/s en 1937 y 50 cm/s en 1958 (Fukuoka 1965c). El viento con dirección este-oeste es más intenso hacia los 13°N y por el transporte geostrófico ocurre contracorriente desde la costa hasta 14°N; es el resultado de la compensación entre la divergencia del transporte Ekman y el geostrófico (Fukuoka 1971). En la región, las corrientes son complicadas porque ocurren focos de surgencia, áreas con hundimiento, contracorrientes y giros poco estudiados. Los giros (remolinos) oceánicos pueden tener un diámetro de cientos de kilómetros e influir en profundidades > 1000 m. En la pluma del río Orinoco con imágenes satelitales, sensores modernos y observación directa (agosto 2003) caracterizan un giro ciclónico (antihorario) de 230 km derivando ~ 7 cm/s hacia el oeste (Corredor *et al*. 2004). En el Caribe dominan los giros anticiclónicos, pero también los ciclónicos formados por interacción de corrientes con las islas de Trinidad y Tobago (Carlton & Chao 1999). En la región citan giros asociados con contracorrientes (Febres & Herrera 1976; Herrera & Febres 1976) y con ventilación en la cuenca Cariaco (Herrera & Febres 1976; Aparicio 2003).

En década de 1970 se estudió la circulación regional y su relación con las plataformas de Margarita y Araya (Febres 1974; Febres & Herrera 1975; Herrera & Febres 1975); en superficie la corriente del Caribe es hacia el oeste, pero desde los ~10 m y hasta 100 m de profundidad la circulación geostrófica causa una corriente dirigida hacia el este (Fig. 1), que denominan la contracorriente costera de Venezuela, que también detectan en Paria (60 ºW); además a 130 km de la costa citan giro ciclónico y verifican cálculos e hipótesis que el Dr. Fukuoka hizo en década de 1960. La contracorriente es muy fuerte entre el oeste de Margarita (64º30'O y 12º15'N) y La Blanquilla (Febres & Herrera 1976; Herrera & Febres 1976). En 1979-1981 en Paria (10º47´N - 62º15´W) se verifico a 50 m de profundidad con velocidad de 17 cm/s (Pelegrí & Padrón 1986), también ocurre en la fosa de Cariaco, donde tiene velocidad ~1,4 cm/s a los 100 m (Walsh *et al*. 1999). En el estado Anzoátegui midieron la corriente superficial hacia el oeste, pero con vientos del sur se invierte hacia el este (Castañeda *et al*. 2000); otras mediciones directas en Paria y Anzoátegui confirman la corriente hacia el este, con las mayores modas a 12, 20 y 50 m de profundidad (Aparicio 2003).

En Nueva Esparta los estudios son escasos, entre Margarita y Cubagua la corriente superficial es hacia el oeste (12 a 35 cm/s), entre Cubagua y Araya tiene más velocidad (26 a 149 cm/s) y citan corriente hacia el este (Miro 1974). En valle submarino de Araya, la corriente superficial hacia el oeste (30 cm/s) tiene máximo nocturno; desde los 4,5 m el flujo es hacia el este y noreste, con velocidad media de 5 cm/s, cerca al fondo alcanza 20 cm/s; la contracorriente es más evidente en el periodo de lluvias, su dirección se comprueba con aparejos de pesca fonderos extraviados, que después los pescadores encuentran al este (Quintero *et al.* 2018). En Araya, la dirección y constancia de los vientos pueden propiciar que la surgencia sea permanente, como en Coche y zonas en Cubagua (Gómez & Chanut 1988; Gómez 1996) también debe ocurrir en lugares de las penínsulas de Paria y Araya.

Cuando el Orinoco tiene las descargas mínimas (marzo a mayo) en la plataforma costera de Paria ocurre un patrón de circulación típico, las aguas dulces que salen por Boca Dragón se dirigen hacia el noroeste en diagonal a la costa de Sucre, pero al norte de San Juan de Unare y Punta Gorda (62,08º a 62,27ºW y 10,94ºN) ocurre una elevada concentración de nutrientes, que evidencia convergencia de surgencia con la pluma del Orinoco (Camudoca 2006).

Se resume que, por los vientos alisios, la dirección de la corriente superficial es hacia el suroeste, pero desde la década de 1960, sobre la plataforma se menciona la presencia de una contracorriente subsuperficial con dirección hacia el este o noreste, desde los 10 m de profundidad y hasta los 100 m. Está presente del Farallón Centinela a Trinidad (66 a 60°W) y al sur de 14°N (Andrés *et al*. 1979). Por lo cual, desde el oeste de Margarita (64º 40'W) y sur de 13º N, ocurre circulación contracorriente (Fukuoka 1965a, 1971; Febres 1974; Andrés *et al*. 1979; Pelegrí & Padrón 1986; Aparicio 2003), siendo permanente en toda el área donde está presente la sardina y tiene importancia fundamental en la biología del principal recurso pesquero del país (Gómez & Pérez 2021), como en el amplio banco de Los Testigos que tiene longitud de 95 km, más de 40 km de ancho y profundidad de 37 m (Maloney 1971). Los prereclutas y juveniles

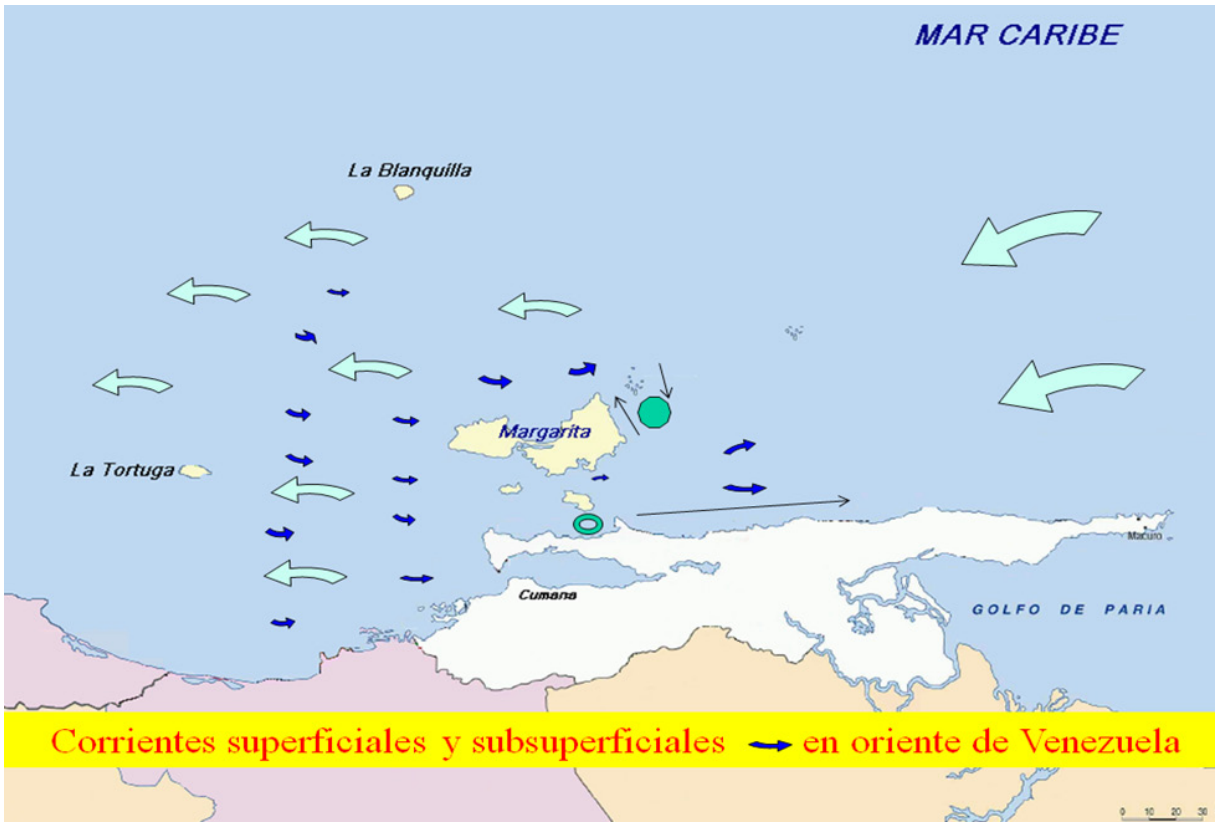


Fig. 1. En el nororiente la corriente superficial va hacia el oeste (Gade 1961) pero desde < 10 m y hasta 100 m de profundidad ocurre contracorriente hacia el este, encontrada por Fukuoka (1964) está presente hasta 200 km de la costa. Los círculos verdes son giros por impacto de la corriente superficial a islas (Bakun 2006).

de sardina luego de poco tiempo de hábitat bentodemersal (60-75 días) cambian su tipo de alimentación para ser filtradores, en especial de diatomeas planctónicas, por lo cual de manera paulatina y constante forman los cardúmenes (sardinas con > 6-7 cm LT) que se desplazan con fines alimenticios y continúan su crecimiento en las fértiles aguas de surgencia presentes durante el primer semestre al norte y noroeste de Los Testigos, mientras que en el segundo semestre pueden relacionarse con la pluma del Orinoco. Luego, para completar su ciclo de vida, los cardúmenes de sardina migran al sur buscando lugares para alimentarse y reproducirse en las enriquecidas aguas costeras de Sucre y Nueva Esparta.

2. Surgencias (primer semestre del año)

En 1933-1934 al estudiar la circulación del Caribe, se cita posible surgencia en el sureste (Parr 1937); en el oriente de Venezuela determinan (1958) que la temperatura superficial es 2 °C menor comparada con el Caribe central y norte, fue la evidencia inicial de surgencia entre 62°- 69°W y hasta 13°N, además por valores de la salinidad y el oxígeno disuelto (Richards 1960). En 1960 estudio del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, verifica la surgencia dentro y fuera de la plataforma (Gade 1961) y al norte de Margarita ocurre transporte de agua superficial con ascenso de aguas profundas (Ljoen & Herrera 1965). La surgencia tiene un área de 52000 a 55000 km² (Gómez 1996; Castellanos *et al.* 2000); la máxima ocurre a 90 km de la costa (Gordon 1967), con cambios temporales porque en 1933 y 1937 la temperatura superficial fue de 24 °C y la surgencia fue débil (Herrera & Febres 1975).

A mediados de la década de 1960 se documentó cerca de la costa la presencia de aguas de surgencia en penínsulas de Araya y Paria, evidenciadas por las bajas temperaturas superficiales, inusuales para una región tropical (Fukuoka 1965a). En década de 1970, oceanógrafos físicos venezolanos del Instituto Oceanográfico demuestran el origen anemogénico de la surgencia, usando datos diarios (1968 a 1974) calcularon valores de la celeridad del viento y establecieron un patrón estacional con máximos entre febrero y abril; mínimos entre agosto y octubre y un máximo secundario en los meses de junio y julio; entre diciembre y julio la dirección dominante es hacia el oeste y noroeste, con un componente sur de agosto a noviembre (Herrera & Febres 1975). También, sobre la plataforma definen la localización de surgencias con vientos del este (4 a 16 m/s), la batimetría (61°30' a 64°00' O y 10°30' a 11°40' N) y con velocidad de la circulación en superficie, calculan las zonas de divergencia horizontal del campo de vientos superficiales, así encuentran tres áreas de afloramiento (Fig. 2): i) al norte de Los Testigos, sobre el talud continental que aumenta su área con los vientos; ii) a sotavento de Los Testigos donde la divergencia es muy intensa con surgencias favorecidas por las islas (La Sola, Los Frailes, Margarita, Los Hermanos y La Blanquilla) y iii) surgencia paralela a la costa continental, desde Araya hasta el valle submarino de Carúpano, tiene extensión de > 110 km, > 20 km de ancho y profundidad entre 0-75 m, esta surgencia costera es inalterada con vientos entre 8-14 m/s, siendo muy intensa entre Chacopata y Carúpano (Herrera & Febres 1975). También se cita surgencia en la costa de Paria (Fukuoka 1964, 1965a) y Trinidad (Castellanos *et al*. 2000). En el golfo de Paria y la plataforma próxima está presente agua subtropical (Rincón *et al*. 2008) que aflora por la topografía del fondo y el ángulo del viento respecto a la costa (Astor *et al*. 2003).

En 1996 en el Caribe sur (60-74°W y 8-15°N) por fotografías satelitales diarias se identificaron 13 focos de surgencia con temperatura de 21-22° C; en el oriente de Venezuela identificaron ocho focos: Cabo Codera, al norte de penínsulas de Araya y Paria, en Margarita (Macanao y Manzanillo) y norte de Trinidad; la surgencia se ha tratado como una sola, pero las fotografías muestran focos no simultáneos, los cercanos se unen formando extensas áreas de aguas frías (Castellanos *et al*. 2000) que se dispersan hacia el noroeste (Fukuoka 1965a; Okuda et al. 1974). La surgencia ocurre en toda la costa sucrense, con el foco más extenso y permanente en Río Caribe, con la menor temperatura (20,5 °C), formando un frente térmico hasta el norte de Margarita (Castellanos *et al.* 2000), en donde se registran temperaturas de 19 a 21 °C (Díaz-Piferrer 1967), como también en la isla de Cubagua (Bahía de Charagato), donde aflora agua subtropical (Gómez & Chanut 1988). En los focos de surgencia de Sucre y Margarita, la concentración de Cl. *a* alcanza 8 mg/m³ en superficie (Varela *et al*. 2003) y la fluorescencia 9 µg/L (Molinet *et al*. 2008);

en el sureste de Margarita obtienen 14,35 mg/m³ a los 10-12 m de profundidad (Gómez 2006; Gómez *et al*. 2008). En la plataforma nororiental, el desarrollo del fitoplancton está favorecido tanto por el aporte de los nutrientes asociados a la surgencia durante la estación seca como por la descarga del río Orinoco en el periodo de lluvias. Estas condiciones (pulsos) propician una elevada biomasa fitoplanctónica dominada por diatomeas y nanoflagelados. En la plataforma de Paria se registran 336 especies de fitoplancton, distribuidas en 150 diatomeas, 122 dinoflagelados, 25 cocolitofóridos, 14 cianobacterias y 25 especies de otros grupos taxonómicos (Camudoca 2006).

Por estudio satelital de la temperatura (1994-2009) citan que el Caribe sur presenta un sistema de surgencias desde Trinidad (61°W) hasta Colombia (75,5°W) con 21 focos, pero dos grupos tienen menor temperatura superficial: la surgencia occidental (69,5° a 74°W) con media anual de 25,53 °C y la surgencia oriental (63° a 65°W) con temperatura media < 25,24 °C (Rueda-Roa & Muller-Karger 2013). Sin embargo, la surgencia oriental hasta el cabo Mala Pascua, deja por fuera más de la mitad de la península de Paria, donde la surgencia costera es intensa (Fukuoka 1965b; Castellanos *et al*. 2000; Rincón *et al*. 2008). Considerar temperatura media > 25°C para definir la surgencia oriental, parece no apropiado porque la isoterma de 21-22° en superficie es la que define la surgencia fuerte o de aguas subtropicales (Okuda 1978, 1981; Walsh *et al*. 1999; Astor *et al*. 2003, 2004; Gómez 2006; Gómez *et al*. 2008, 2012, 2025). Se cita que aguas afuera de la plataforma entre junio-agosto (6-9 semanas) ocurre surgencia con mayor temperatura, favorecida por intensidad de la corriente del Caribe (Rueda-Roa *et al*. 2018).

Se concluye que en las áreas de surgencia nororientales, aguas ricas en nutrientes inorgánicos propician la rápida proliferación de la biomasa del fitoplancton, en especial una gran abundancia de diatomeas que constituyen el alimento principal de las sardinas preadultas y adultas, para su crecimiento y desarrollo rápidos. Los cardúmenes formados en el criadero al sur de Los Testigos migran hacia las áreas de surgencia que garantizan el alimento para el crecimiento. Al cesar el pulso de la surgencia y disminuir el fitoplancton, los cardúmenes migran hacia el sur a las fértiles aguas continentales de Sucre y hacia Margarita, buscando áreas para alimentarse y reproducirse en proximidad de la costa.

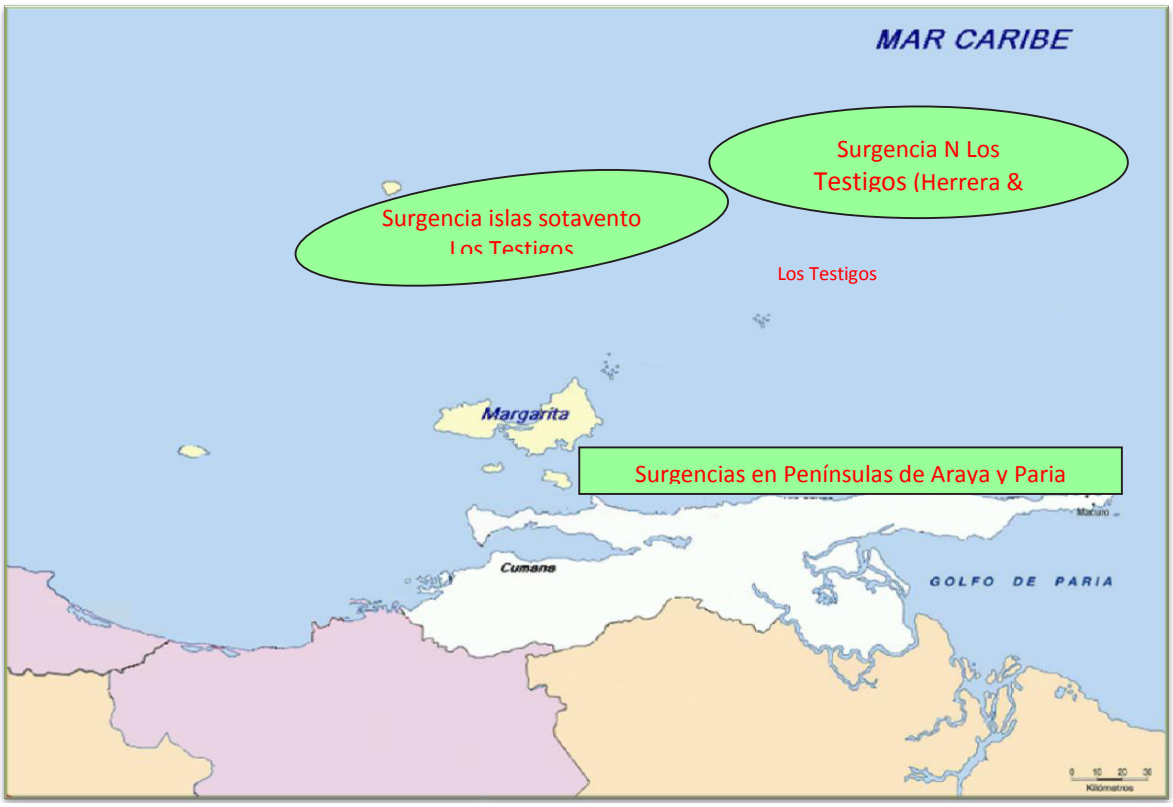


Fig. 2. Principales áreas de surgencia según cálculos de la divergencia horizontal del campo de viento superficial en el oriente de Venezuela (Herrera & Febres 1975).

3. Pluma del río Orinoco (julio a diciembre)

En el segundo semestre (lluvias) la pluma del Orinoco afecta la plataforma nororiental (Gade 1961; Ljoen & Herrera 1965; Febres 1974; Okuda *et al*. 1974). El gran rio Orinoco tiene longitud de 2.101 km, entre Venezuela y Colombia drena una cuenca de 1'250.000 km^2, recibe aguas de 30 ríos principales y ~ 2.000 menores. Entre agosto y octubre su gasto varía entre 30.000 y 80.000 m^3/s con promedio anual de 36.000 m^3/s (Rabinovich & Novoa 1982; Meade *et al*. 1983; Lewis & Saunders 1989; Monente 1990; Aparicio 2003) y descarga al mar ~ 90 millones de toneladas/año de material (Blough *et al*. 1993). Sus aguas tienen alta concentración de silicato, pero son pobres en nitrato y fosfato (Richards 1960; Bonilla *et al*. 1993). Al sureste de la plataforma, la capa de baja salinidad tiene altura superior a 15 m (Okuda *et al*. 1974) y se desplaza con velocidad de 15-33 cm/s (Moore & Todd 1993); en septiembre y octubre la pluma del Orinoco (Fig. 3) afecta >300.000 km^2 del Caribe (Müller-Karger *et al*. 1989; Blough *et al*. 1993). En la plataforma, la Cl. *a* alcanza concentración de 8 mg/m^3 (Varela *et al*. 2003).

Las aguas del Orinoco afectan a Margarita (Fig. 4) situada a 220 km de Boca Dragón, sus aguas tardan cinco días en llegar (Gómez 1996) explicando salinidades de 15,95 al norte de la isla (Müller-Karger *et al*. 1989; Bonells *et al*. 1990; Müller-Karger & Varela 1990), sus aguas también afectan el sureste por valores de 29,9 a 34,5 y de 29,55 en Cubagua y sur de Margarita (Gómez & Chanut 1993; Gómez *et al*. 2008). Se cita que aguas de la pluma se dispersan al norte de la cuenca Cariaco y la disminución de salinidad cerca de la costa, es por ríos locales (Tuy, Neverí, Manzanares) (Müller-Karger *et al*. 1989; Müller-Karger & Varela 1990) pero no es el caso de Margarita, Coche y Cubagua.

El río Orinoco, descarga gran cantidad de material suspendido (~80 mg/L) y disuelto (~34 mg/L) para un total de 2,5 × 10^{12} g/año (Blough *et al*. 1993). La materia orgánica disuelta determina la coloración de su pluma (Odriozola *et al*. 2007) que no es de nutrientes (López *et al*. 2013) pero contiene altos valores de silicatos disueltos, amonio y urea (Corredor & Morell 2001; John *et al*. 2012) que favorecen al fitoplancton. En la pluma, ocurre la fotomineralización de la materia orgánica disuelta en amonio que es fuente de nitrógeno para las plantas microscópicas (Morell & Corredor 2001) y con efecto fisiológico al aumentar el potencial fotosintético en la pluma (López *et al*. 2013). El Orinoco, sus canales navegables y otros ríos desembocan en el Golfo de Paria, el cual tiene un fitoplancton de aguas salobres con abundantes diatomeas del género *Skeletonema* que se exportan a la plataforma adyacente, la pluma se desplaza al noroeste afectando los archipiélagos de Los Testigos, Los Frailes, Los Hermanos e islas de Nueva Esparta donde se captura sardina, esa diatomea (Fig. 5) es indicadora de su presencia (Cellamare & Gómez 2007).

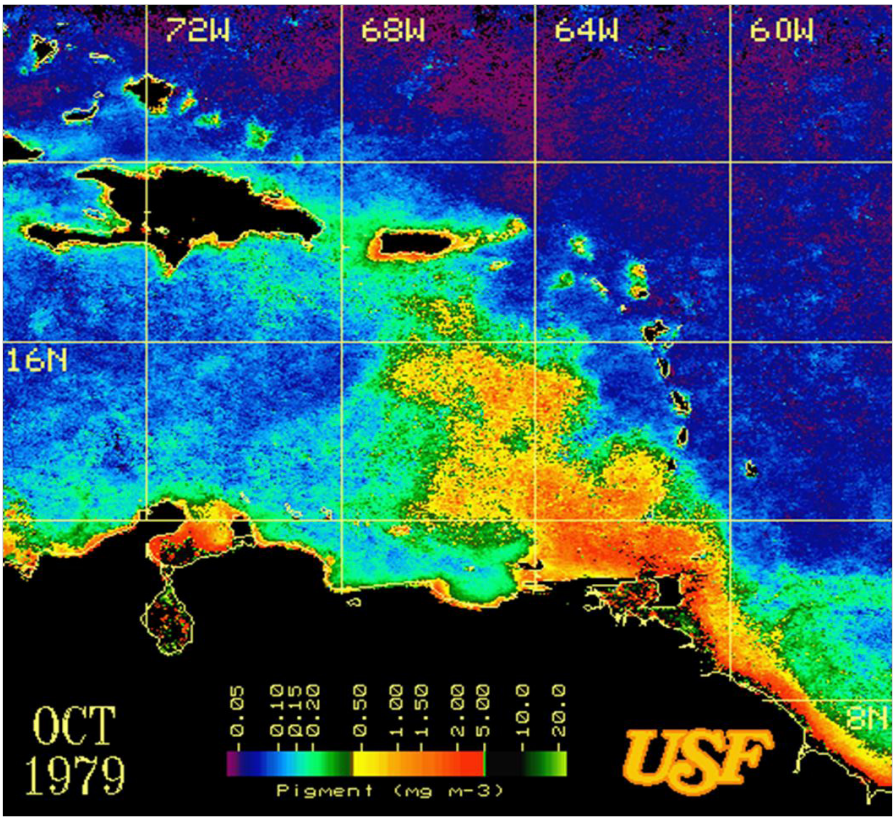


Fig. 3. Pluma del rio Orinoco en periodo de lluvias afectando al nororiente de Venezuela (Müller-Karger *et al*. 1989) predomina la materia orgánica disuelta y coloreada.

El Golfo de Paria tiene área de 7.800 km2 (150 km este-oeste y 52 km norte-sur), profundidad media de 20 m y máxima 37 m, le llegan aguas del Orinoco y caños navegables, el rio San Juan y otros. Las mareas son semidiurnas con rango de ~ 1 m; contiene un volumen de 1,46 x 10^{11} m^3 de agua y con tiempo de residencia de 13 días, las descargas del Orinoco son más notorias en agosto (Camudoca 2006). Al norte el intercambio de aguas es por Boca Dragón y al sur por Boca Serpiente, ambas tienen ~16 km de ancho; por Boca Drag**ó**n ingresa cinco veces más agua marina que por Boca Serpiente, por donde entra el agua dulce. Contiene gran abundancia de fitoplancton y altos valores de Cl. *a* que salen al Caribe por Boca Drag**ó**n, en donde las aguas del Orinoco alcanzan altura de ~17 m. El golfo se comporta como un estuario, la salinidad varía entre 21 y 36,8 en verano (diciembre-mayo) y entre 11 y 36 durante las lluvias; la temperatura varía entre 25 y 28 °C, con variación de 2-3°C entre superficie y fondo durante las lluvias y de 1,5 °C en verano. Durante la surgencia, las aguas del Golfo entran al Caribe por un canal de agua fría que aflora en Trinidad; en la plataforma adyacente, en los primeros 20 m la fluorescencia varía entre 0,20 y 0,40 ug/L (figuras de Rincón *et al*. 2008) los valores máximos están en parches localizados a 20, 40 y 54 m de profundidad. El delta del Orinoco es afectado por material que transporta el río Esequibo y otros; en la plataforma deltana (43.000 km^2) abundan peces pelágicos pequeños, en 2005 estimaron 166.874 t con predominio del machuelo *O. oglinum* (Molinet *et al*. 2008).

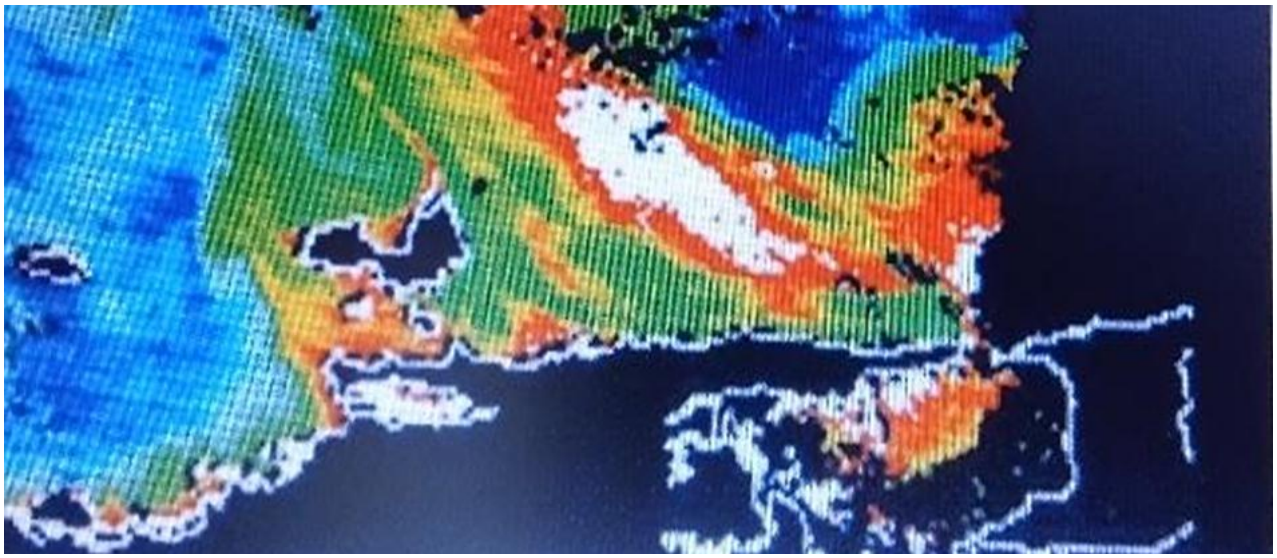


Fig. 4. Pluma del rio Orinoco (5/7/2003) foto satelital (resolución 1 km) muestra pigmentos del fitoplancton (verde) y materia orgánica disuelta y coloreada que contribuyen a la atenuación de luz a longitud de onda de 490 nm (Corredor *et al*. 2004).

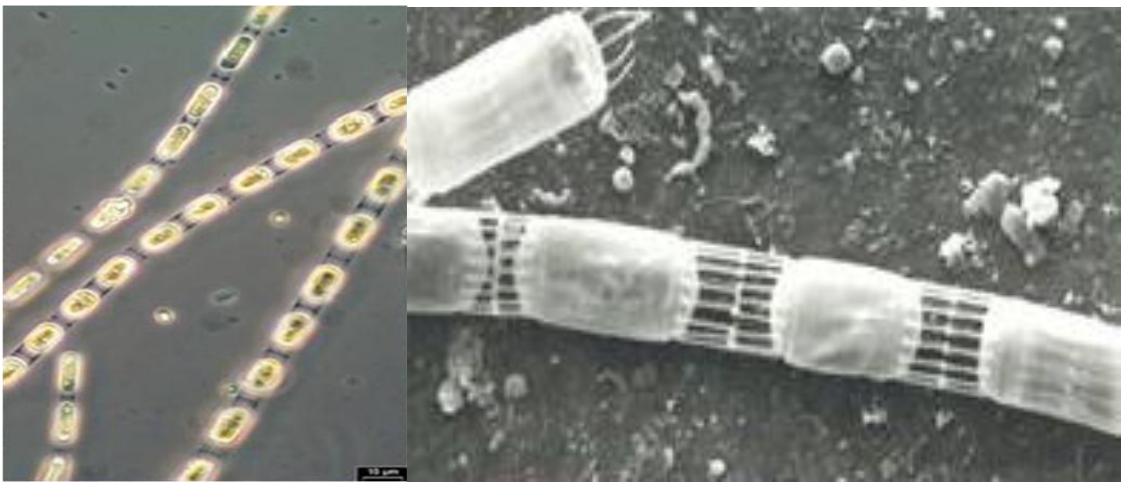


Fig. 5. La abundancia de diatomeas verifica la fertilidad acuática en Margarita. En 2003 y 2004 fueron cuantiosas las capturas de sardina y *Skeletonema costatum* tuvo muy alta densidad, indicando la influencia de la pluma del rio Orinoco y la presencia de sardina.

Los primeros estudios que demuestran la influencia del rio Orinoco en el mar Caribe, se hicieron en 1960 por el Instituto Oceanográfico de Venezuela (Gade 1961). Las fotografías satelitales verifican que la pluma del Orinoco sale del Golfo de Paria y cubre la porción nororiental del Caribe (Müller-Karger *et al*. 1989; Del Castillo *et al*. 1999; Odriozola 2004), transporta grandes cantidades de materia orgánica disuelta de origen terrestre y por la degradación del fitoplancton (Blough *et al*. 1993; Del Castillo *et al*. 1999; Twardowski & Donaghay 2001; Hu *et al*. 2004), además contiene amonio, urea y abundante sílice (71,3-120 nM) que utilizan las plantas microscópicas (Froelich *et al*. 1978; John *et al*. 2012; Odroizola 2004). La fotomineralización de la materia orgánica en amonio es la fuente del nitrógeno que se libera en días (Corredor & Morell 2001) y el fitoplancton aumenta su biomasa (Navarro *et al*. 2000; López *et al*. 2013). Además, transporta material húmico terrestre (Micinski *et al*. 1993) que también libera amonio (Carlsson *et al*. 1993; Bushaw *et al*. 1996). El reciclaje del nitrógeno como nutriente es eficiente por la gran irradiación y la picnoclina poco profunda (Corredor *et al*. 2003) explicando la alta biomasa planctónica de la pluma en su tránsito regional (Müller-Karger *et al*. 1989). El gran rio Orinoco atraviesa la zona del hierro de Venezuela, de las más cuantiosas de Suramérica, es posible que transporte este mineral disuelto que también favorece el crecimiento del fitoplancton.

En la pluma, durante el primer semestre los pigmentos tienen concentración < 0,5 mg/m^3 y de 1 a 1,7 mg/m3 entre julio y noviembre (Müller-Karger & Aparicio 1994; Bidigare *et al*. 1993). En golfo de Paria y la plataforma próxima, la concentración de Cl. *a* > 0,9 ug/L es de aguas eutróficas (Odriozola 2004). El Caribe oriental, al sur de 15°N tiene una mayor productividad biológica, como consecuencia de la influencia de los procesos de surgencias. En el golfo de Paria la Cl. *a* tiene concentración de 3,2 mg/m^3 y 1,7 mg/m^3 en latitud 11°N (Corredor *et al*. 2003) cifras que concuerdan con las estimaciones obtenidas mediante sensores satelitales (Müller Karger *et al*. 1989). En el área afectada por la pluma del Orinoco, es difícil obtener buenas estimas remotas de clorofila *a* por la interferencia de la materia orgánica disuelta (Müller Karger *et al*. 1989; Hochman *et al*. 1994). Durante las altas descargas del rio, el máximo subsuperficial de Cl. *a* esta en 39 ± 16 m de profundidad y predominan las diatomeas (Bidigare *et al*. 1993). En el golfo de Paria y el Caribe afectado por la pluma, la Cl. *a* alcanza concentración de 8 mg/m^3 (Varela *et al*. 2003), también citan que en el golfo alcanza 6,35 mg/m^3 en octubre (Sánchez-Suarez & Troncone-Osorio 1995) y en las manchas o parches del fitoplancton dominan las especies *Skeletonema costatum*, *S. tropicum*, *Guinardia delicatula* y *Chaetoceros socialis* (Froelich *et al*. 1978; Corredor & Morell 2001).

Se concluye que durante el segundo semestre del año, los cardúmenes de sardina se pueden asociar con la pluma del Orinoco que cruza la plataforma, se alimentan de los parches de fitoplancton que salieron del golfo de Paria o transitan cerca de la costa continental por la fertilidad de la surgencia, que es permanente todo el año. Además, las sardinas pueden consumir las elevadas concentraciones de biomasa de fitoplancton subsuperficial, como indican los valores de Cl. *a* y de fluorescencia. Al disminuir la pluma del Orinoco, los cardúmenes que lograron alcanzar las proximidades de archipiélagos de Los Hermanos y La Blanquilla retornan al sur, hacia las fértiles aguas de Margarita.

Áreas de desove y periodicidad, zona criadero y movimientos de los cardúmenes

Finalizando la década de 1950 científicos estadounidenses traídos por FAO inician estudios con la sardina, el primero fue determinar las zonas y los periodos de desove por el estudio de la madurez gonadal de la especie capturada en el estado Sucre, concluyen que desova en el golfo de Cariaco, la península de Araya, la costa de Santa Fe, el norte de Cubagua y sureste de Coche (Peterson 1958), otros citan el norte del golfo, Araya, Coche, Cubagua y costa este de Margarita (FAO 1963; Simpson 1963). En 1968-1969 se hizo el trabajo de mayor alcance con colectas de plancton diurnas (1210) entre la península de Paria y Unare (62°40’ y 65°20’W) observaron huevos de sardina en ~10% de las muestras, las zonas de desove fueron al noreste y sur de Margarita, Cubagua, Coche y hasta 20 millas de la costa de Sucre (López 1972). También citan que la reproducción ocurre entre Carúpano, Coche y el noreste de Margarita, la corriente arrastra los huevos y larvas hacia el oeste, con la acumulación de juveniles en el golfo de Cariaco, de

Santafé y el sur de Margarita; las sardinas crecen y se desplazan hacia el este para desovar (Etchevers 1974). En golfos de Cariaco y Santafé, el desove no es significante (Ramírez & Huq 1986) pero son áreas de alimentación, crecimiento y maduración de la sardina y el desove entre Coche y la península de Araya (Huq & Rodríguez 1988; Rodríguez *et al*. 1989; Marín *et al*. 1990). El noreste de Margarita es una zona de desove intenso, por la alta concentración de pigmentos clorofílicos (Müller-Karger & Varela 1990; Müller-Karger & Aparicio 1994), también citan que desova en toda la plataforma y las áreas de criadero están en la costa (Freón & Mendoza 2003) y el Golfo de Cariaco donde la Cl. *a* alcanza 10 mg/m^3 (Varela *et al*. 2003). El este de Margarita es importante área de desove todo el año, con más abundancia de huevos entre octubre y diciembre, en fase de luna llena (Gómez 2015; Gómez & Pérez 2021).

La sardina europea*, Sardina pilchardus,* desova antes o al inicio de los ciclos de enriquecimiento planctónico, por el afloramiento de aguas o mezcla vertical, también en áreas de heterogeneidad hidrográfica, como entre islas, bahías amplias, golfos o plataforma poco profunda (Margalef 1967). Un patrón similar ha sido descrito para *S. aurita* en costas africanas (Senegal) y el golfo de México, donde la puesta es nocturna, a menos de 60 m de profundidad (Conand 1977; Ditty *et al*. 1994).

En el nororiente venezolano la sardina desova en toda la plataforma, pero con mayor intensidad en las penínsulas de Araya y Paria, el este y norte de Margarita e islas de Coche y Cubagua. Se reproduce en proximidad del fondo cerca de la costa en lugares con poca profundidad (30-50 m), iniciándose al atardecer y con mayor intensidad durante la noche. La especie también puede desovar en golfos, ensenadas amplias y en la plataforma de Paria, donde se asocia a lentes de agua de baja salinidad, que presentan una elevada disponibilidad de plancton y de materia orgánica disuelta y particulada (Gómez 1996). En el golfo de Cariaco, el golfo de Santa Fe y la bahía de Mochima, el desove puede ocurrir al interior de estos cuerpos de agua, o los huevos entran con las corrientes provenientes de la península de Araya. Se ha planteado que la reproducción y el criadero de la sardina, se localizaba al sur del área de su distribución donde abundan sardinas con más de 19 cm de longitud (Huq 2003). Lo cual sugiere un desplazamiento de los cardúmenes desde el norte hacia el sur, con un periodo reproductivo de noviembre a marzo (Freón *et al*. 2003).

En realidad, la sardina desova todo el año sobre la plataforma (Freón & Mendoza 2003; Aparicio 2003; Gómez 2015; Gómez & Pérez 2021). Las larvas y juveniles iniciales son demersales o bentónicos y con alimentación micrófaga. Los juveniles de 6-7 cm LT comienzan a agregarse en cardúmenes que se alimentan por filtración y migran para buscar áreas con abundante fitoplancton (Fig. 6) que consumen los reclutas, preadultos y adultos (Gómez & Pérez 2021). Los estudios sobre la reproducción tienen fuerte limitación por el desequilibrio de muestras obtenidas de artes de pesca comerciales, sin estudiar sardinas con talla inferior a los 14 cm, por lo cual los índices reproductivos tienen un gran sesgo (Freón *et al*. 2003).

Periodicidad del desove: se ha estudiado por el desarrollo gonadal y el contaje de huevos en el plancton. Con gónadas, el primer estudio cita desove de noviembre a junio, con máximo en enero (Peterson 1958), también de noviembre a febrero y mayo-junio (Reyes 1981). Los trabajos con huevos recolectados tienen gran variabilidad, los primeros del golfo de Cariaco citan desove todo el año, con más intensidad entre diciembre y abril; en Araya, entre septiembre y abril (Simpson & González 1967). Se cita desove de noviembre a junio y más intenso de diciembre a abril (López 1972). En Araya, se colectan más huevos en diciembre-enero (Ramírez & Huq 1986) y septiembre-octubre (Marín *et al*. 1990), las diferencias son por variabilidad natural, distribución espaciotemporal e intensidad de muestreos (Fréon *et al*. 2003). En isla Margarita, estudio sobre la abundancia nocturna de huevos (>15 años) concluye que desova todo el año, con más intensidad entre octubre y diciembre, en las fases de luna creciente y llena (Gómez 2015). La histología gonadal indica reproducción permanente porque la sardina siempre tiene ovocitos en diferentes estadios de desarrollo (Gassman 2005; Kortnik 2005), cada día expulsan múltiples lotes de ovocitos maduros (Alheit 1993) equivalentes al 10% de los presentes en las gónadas y pico a las 21 horas (Bernal *et al*. 2011), así ocurre con *S. aurita* en el nororiente de Venezuela. En el Atlántico oriental, *S. pilchardus* cada día libera hasta 3.012 huevos (Bernal *et al*. 2011).

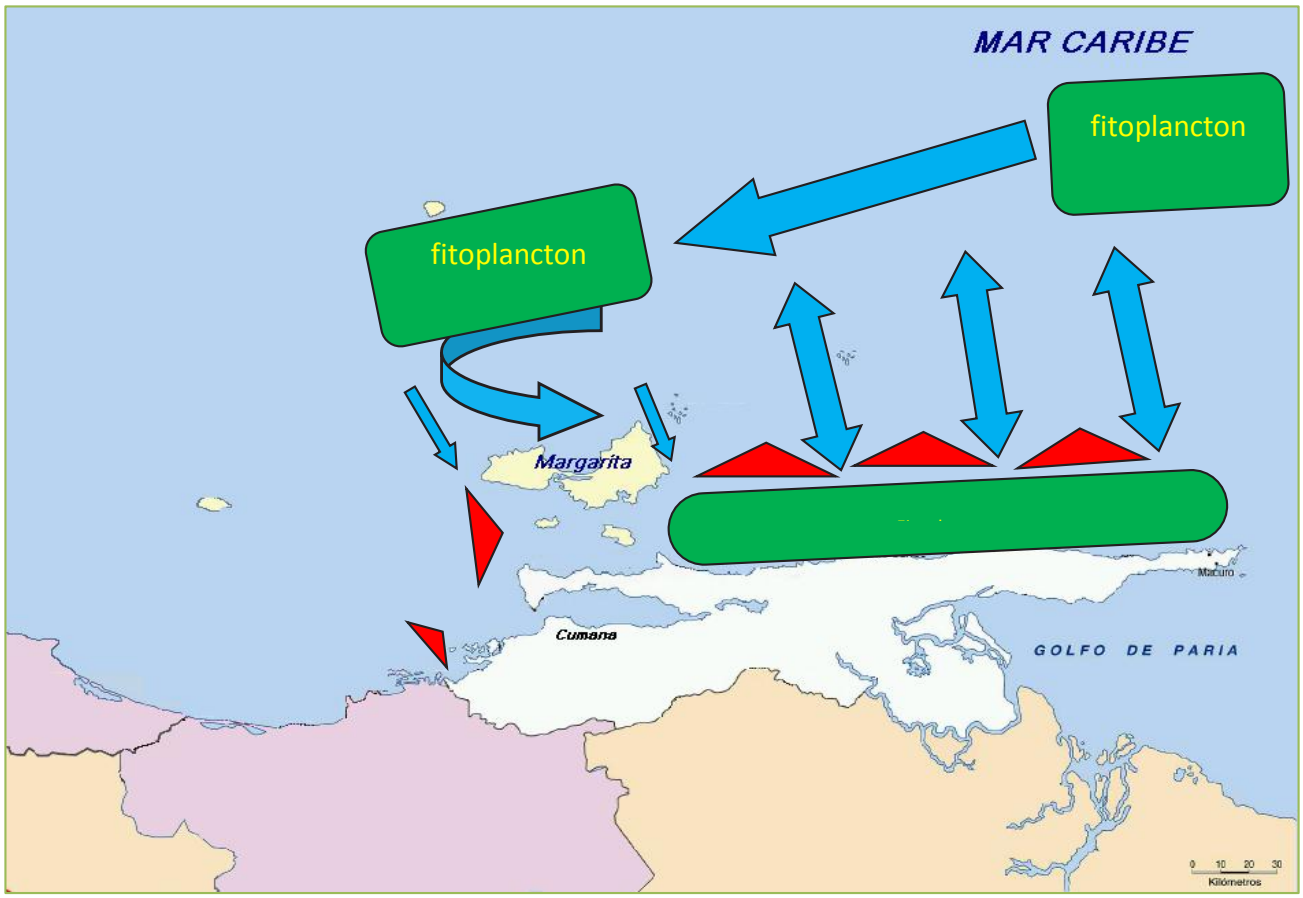


Fig. 6. Movimientos de la sardina en la plataforma nororiental (triangulo rojo sardinas micrófagas < 6-7 cm LT – flecha azul sardinas reclutas, juveniles y adultas filtradores) que migran a zonas con fitoplancton para alimentarse y la reproducción en áreas costeras.

Desde los primeros estudios con la sardina nororiental, se concluyó que la reproducción ocurre de diciembre a marzo, es decir antes y al comienzo de la surgencia. En el período reproductivo, el incremento del índice gonadosomático debería aumentar el factor de condición, pero en la sardina el pico reproductivo no coincide con el máximo del factor de condición, sino que se presenta cinco meses antes. Es decir que el pico de la reproducción coincide con el mínimo del factor de condición, por lo cual se planteó que la sardina tiene una estrategia reproductiva inusual, porque durante varios meses almacena grasas que luego utiliza para el desarrollo de las gónadas (Freón *et al*. 1997, 2003). De enero a junio ocurre incremento del factor de condición, quizás por la acumulación de reservas energéticas durante la surgencia. La persistencia de altos valores del factor de condición hasta octubre es difícil de explicar, en especial el marcado incremento en julio y agosto. Un estudio sobre el contenido de lípidos en sardina (1968-1971) confirma su acumulación después de la surgencia (Tornes *et al*. 1971). Así, concluyen que la energía disponible durante el período de máxima producción planctónica, no se utiliza de inmediato, sino que se almacena y meses después se usa para la reproducción. También mencionan que rara vez ocurren desoves masivos durante la surgencia máxima, por lo cual la sardina almacena energía en forma de lípidos con un desfase reproductivo de varios meses y el desove sucede antes de la mayor productividad biológica. Los valores máximos del factor de condición son de julio a diciembre, siendo el desfase temporal entre el desove y la surgencia. Así, plantean que la sardina tiene estrategia reproductiva particular con desoves masivos en espacios y tiempos no óptimos, explicando las incoherencias en los resultados obtenidos en el oriente de Venezuela (Freón *et al*. 2003). Sin embargo, en el este de Margarita estudio de larga duración sobre la abundancia de huevos en el plancton establecen que la sardina desova todo el año y con mayor intensidad entre octubre y diciembre, lo que tiene explicación ecológica (Gómez 2015; Gómez & Pérez 2021) y no tiene sentido la estrategia reproductiva particular.

En la sardina venezolana, la talla media de madurez reproductiva es de alrededor de 17 cm de longitud total (Gómez 2018; Gómez & Pérez 2021), valor similar al obtenido con *S. aurita* del mar Mediterráneo y de costas africanas. Con base en esta talla se ha planteado que una talla de captura mínima de 18 cm LT permitiría que por lo menos el 50% de la población sardinera alcance la reproducción antes de su captura por los pescadores. Sin embargo, desde 2014 se estableció una talla mínima de captura de 19 cm, que es menor a la talla media de reproducción aceptada oficialmente (20 cm). Esta diferencia entre la talla de captura mínima y la referencial utilizada para la madurez reproductiva plantea interrogantes desde la perspectiva del manejo pesquero, si se considera la necesidad de incorporar criterios biológicos y ecosistémicos en la regulación de la pesca del recurso marino más importante del país. Su aplicación afecta a pescadores, fábricas de enlatado, empresas y consumidores que adquieren cantidades de sardina, por su precio asequible (Gómez 2018). También establecieron veda de tres meses (diciembre a marzo) cuestionada, por un estudio de 11 años sobre la abundancia de huevos de sardina al este de Margarita, concluyendo que la reproducción es más intensa de octubre a diciembre (Gómez 2015). Además, acorde con estudio que verifica que la sardina tiene más lípidos, seis meses después de la surgencia y evidente en sardinas con talla >17 cm (Tornes *et al*. 1971).

En consecuencia, la sardina venezolana no tiene estrategia reproductiva inusual, como se afirma (Freón *et al*. 1997, 2003), sino coherente con el tipo de alimentación microfaga, que es el inicial en las larvas de sardina (Ganias *et al*. 2014) y este alimento abunda más en el último trimestre anual, por lo tanto, la mayor intensidad reproductiva entre octubre y diciembre tiene coherencia ecológica (Gómez & Pérez 2021). En la región, durante la surgencia es mayor la abundancia de fitoplancton y se explica entonces que larvas de sardina nacidas a finales del año anterior, tendrían una edad de 3-4 meses y los prereclutas cambian a alimentarse por filtración, para aprovechar la abundancia deł fitoplancton durante la surgencia. Estudios recientes mencionan limitaciones de utilizar índices reproductivos que calculan los biólogos pesqueros, porque la sardina desova todos los días y en pocas horas las gónadas aumentan de tamaño, siendo cuestionable su empleo y que se utilice para establecer periodos de veda (Gómez 2018; Gómez & Pérez 2021).

En la península de Araya, isla de Coche e islote Lobos, se pescan sardinas con menor talla y peso (151 a 157 mm; 54 a 62 g) y el sexo se diferencia fácilmente (Gómez *et al*. 2008). Esta situación difiere con la hipótesis que, al sur de su distribución son las áreas de crianza de juveniles que se concentran entre Margarita y golfos de Cariaco y Santa Fe (Etchevers 1974; Freón *et al*. 1997, 2003; Huq 2003). En Araya, islote Lobos y el golfo de Cariaco, se capturan sardinas más pequeñas, lo que explica su preferencial utilización como carnada por los pescadores de peces depredadores, quienes afirman que en los viveros de sus lanchas tienen mayor supervivencia que las sardinas grandes. La explicación de su abundancia es la excepcional fertilidad de las aguas entre la península de Araya, el sur de Coche, Cubagua y Margarita, áreas que buscan los juveniles que nacieron al este y sur de Margarita, que constituye una importante zona de desove de la sardina (Gómez 2015).

En todas las áreas donde está presente el recurso, ocurre la reproducción permanente de la sardina, pero en algunas zonas es más intensa estas son: las penínsulas de Araya y Paria, el sureste de Margarita y el norte desde Los Frailes y Cabo Negro hasta el oeste de la península de Macanao y las islas de Coche y Cubagua. Los golfos de Cariaco, de Santa Fe y de Paria, tienen menor importancia para el desove, pero si tienen relevancia para el crecimiento de juveniles. La península de Araya se consideró como el área única para la reproducción y el crecimiento de la sardina, es decir su criadero (Freón & Mendoza 2003; Huq 2003). Lo cual no tiene sentido, considerando el número estimado de sardinas que se reclutan anualmente ~ 3300 millones de juveniles (González *et al*. 2016) cifra que correspondería al 10% de las sardinas que sobreviven en peces como es bien conocido, debiéndose agregar la mortalidad natural y el consumo por los depredadores. Por lo cual, es difícil aceptar que una limitada zona como la península de Araya, sea el criadero de miles de millones de prereclutas.

Se postula que el área de crianza de la sardina es la amplia plataforma delimitada al norte por Los Testigos, al oeste por Margarita, al sur y el este por aguas afuera de costas peninsulares de Araya y Paria. En el sureste de Margarita, el desove es continuo y con mayor intensidad entre octubre y diciembre, así debe ocurrir en toda la plataforma nororiental, en áreas donde la surgencia es intensa desde el oeste de Margarita (península de Macanao, Los Hermanos y cercanías de La Blanquilla), el este de Margarita hasta bancos de Los Testigos y de Cumberland. También la reproducción es intensa en proximidad de la costa de penínsulas de Araya y Paria.

Área de crianza de juveniles de sardina menores de 7 cm de longitud total

En Venezuela, la sardina ha sido muy estudiada por tesistas universitarios, en sus exposiciones una interrogante recurrente ha sido la escasa representación de ejemplares de tallas pequeñas (< 10 cm LT), la respuesta de los jóvenes era la misma, no salían en las capturas comerciales de los pescadores, donde obtuvieron sus muestras, quizás escapaban del chinchorro. Cuando se iniciaron estudios sobre la ecología de la sardina en el sureste de Margarita (2000) en los trenes sardineros predominaban las tallas grandes (> 17 cm) siendo escasas las tallas inferiores (<14 cm) que por información de pescadores se pescaban con filetes en la noche, pero se mantenía la interrogante de donde estaban las sardinas más pequeñas. En Boletín del Instituto Oceanográfico, se menciona el tema "la ubicación de ejemplares menores a 70 mm es una tarea por desarrollar porque no se encuentran reportes sobre la preferencia de hábitat de los prejuveniles" (Balza *et al*. 2006).

Las postlarvas y juveniles iniciales son demersales o viven próximas al fondo, en este hábitat bentodemersal las sardinas tienen alimentación micrófaga hasta una talla de 6-7 cm (Gómez 2018), están presentes en toda la plataforma (profundidad media 66 m) en especial en el área delimitada por la costa este de isla Margarita, al norte por Los Testigos y al sur por aguas afuera de penínsulas de Araya y Paria. Así, esta área incluye la plataforma de Los Testigos y el exterior de los valles submarinos de Araya y Carúpano. Esta amplia plataforma es el área de crianza de postlarvas y juveniles iniciales y responde a la incógnita antes planteada. El extremo oeste de la distribución de la sardina es el golfo de Santafé, alrededor del banco de La Tortuga y plataformas de Los Hermanos y la Blanquilla, en estas zonas también desova la sardina y las postlarvas y juveniles iniciales demersales son transportados por la fuerte corriente subsuperficial dirigida hacia el este, haciendo posible que grandes números de postlarvas y pequeños juveniles vivan en la amplia área bentónica mencionada, que constituye la principal área de crianza de la sardina venezolana. En el amplio criadero, las sardinas con talla < 6-7 cm viven cerca del fondo por su alimentación micrófaga y captura microrganismos móviles presentes en proximidad o sobre el sustrato (Gómez 2018; Gómez & Pérez 2021) son muy abundantes durante el segundo semestre y explica que la sardina desove con más intensidad de octubre a diciembre (Gómez 2015).

Sin embargo, la alimentación micrófaga es insuficiente para los requerimientos metabólicos de los miles de millones de reclutas de sardina, por lo cual continuamente se agregan formando cardúmenes que exploran áreas libres (pélagos) y cambian su tipo de alimentación, para ser filtradores y aprovechar la gran abundancia regional de fitoplancton y microzooplancton (Cellamare & Gómez 2007). La alimentación por filtración de agua (volumen en litros/día es ~ el cuadrado de la longitud del pez) conlleva incrementar la eficiencia del aparato filtrante, por lo cual en la sardina las branquispinas aumentan con la talla (Cervigón 1991) para retener el plancton para las necesidades energéticas del crecimiento y desarrollo. Además, los reclutas de sardina, preadultas y adultas, al alimentarse de fitoplancton desarrollan ciegos pilóricos, más de 300 (Huq 2003) donde acumula las microplantas ingeridas, tienen coloración verdosa como el contenido estomacal. Los ciegos pilóricos aumentan la superficie para la absorción de nutrientes y secreta enzimas que mejoran la digestión del alimento.

En el estado Sucre, las sardinas juveniles iniciales deben abundar en aguas afuera de las costas peninsulares, en inmensas cantidades están presentes al norte de los valles submarinos de Araya y Carúpano hasta cercanía de Los Testigos, la permanencia de postlarvas y juveniles de sardina cerca al sustrato se

facilita por la corriente subsuperficial hacia el este y el noreste. La amplia plataforma citada constituye el criadero de la sardina venezolana, cuando los juveniles alcanzan talla de 6-7 cm cambian a alimentarse por filtración y forman los cardúmenes. En el periodo seco los cardúmenes de reclutas buscan áreas ricas en fitoplancton que están presentes en las surgencias al norte y el sur del criadero y en el periodo de lluvias se asocian con la pluma del Orinoco que atraviesa la plataforma.

En la década de 1970 se mencionó que la sardina desova entre Carúpano, Coche y Margarita, la corriente llevaría huevos y larvas hacia el oeste, acumulando los juveniles en el sur de Margarita y golfos de Cariaco y Santafé donde crecen, luego las sardinas se dirigen hacia el este donde se reproducen (Etchevers 1974). Asimismo, se cita que el criadero de la sardina estaba en el área sur de su distribución, lo cual sugiri**ó** migración reproductiva del norte al sur (Freón & Mendoza 2003; Huq 2003) y concluyen que los análisis reproductivos tienen gran limitación por muestreos incorrectos por solamente utilizar sardinas capturadas con artes de pesca comerciales y el submuestreo de tallas pequeñas (Freón *et al*. 2003). En realidad, el área de crianza de la sardina es la amplia plataforma antes mencionada, cuando los juveniles iniciales cambian su alimentación de micrófaga a filtradora, forman cardúmenes y comienza su migración alimenticia hacia áreas con abundante biomasa de fitoplancton que constituye la dieta principal de reclutas, preadultos y adultos.

En el primer semestre, numerosos cardúmenes de juveniles criados en la plataforma migran hacia el norte buscando alimentarse del fitoplancton que propician las aguas que ascienden desde 100-150 m de profundidad. Según estudios físicos las áreas de surgencia (Fig. 2) están al norte de Los Testigos en el borde de la plataforma; a sotavento de islas Los Testigos, La Sola, Los Frailes, norte de Margarita, Los Hermanos y La Blanquilla y también en proximidad de la costa de penínsulas de Araya y Paria (Herrera & Febres 1975), en estas áreas abunda el fitoplancton que consume la sardina para su crecimiento y desarrollo rápidos. Se cita que en meses de la surgencia principal (enero-mayo), la sardina se encuentra hasta 70 km de la costa, pero cuando se debilita (septiembre-octubre) se concentra en los primeros 10 km (Rueda-Roa *et al*. 2017).

Al disminuir el pulso surgente, muchos cardúmenes que alcanzaron el noreste de Los Testigos migran al sur a las ricas aguas próximas a la costa continental de Sucre y se desplazan a lo largo de las costas peninsulares. Otros cardúmenes que también alcanzaron el borde de la plataforma se mueven hacia el oeste buscando las fértiles aguas de las islas a sotavento y luego migran al sur, hacia Margarita. Estas sardinas han permanecido más tiempo en las aguas de surgencia del norte y sotavento de Los Testigos, por lo cual al llegar a los caladeros del norte de Margarita (Guayacán y Manzanillo), son más grandes. Se explica entonces que las sardinas capturadas en el norte y sureste de Margarita tienen mayor talla y peso (195 - >200 mm; 64 - >73 g) que las capturadas al sur de Margarita y Coche (184-191 mm; 54-62 g) éstas son sardinas adultas de tallas menores y con sexo diferenciado (Gómez *et al*. 2008).

En el segundo semestre la sardina puede asociarse con la pluma del Orinoco cuando pasa por la plataforma, los cardúmenes presentes al este de la pluma la siguen hasta el borde de la plataforma y retornan al sur, hacia las aguas costeras de Sucre, migran contracorriente alimentándose de las manchas de fitoplancton que transporta la pluma en su tránsito por la plataforma. En proximidad de la costa, se trasladan hacia el este o el oeste buscando parches de fitoplancton cerca de las penínsulas de Paria y Araya, en donde las aguas de surgencia son permanentes todo el año, lo que explica la excepcional productividad pesquera sucrense. En la península de Araya, puede ser continuo el arribo de cardúmenes provenientes del sur de islas Cubagua y Coche, e incluso cardúmenes que vienen del oeste de Sucre (Golfos de Santafé y Cariaco), la explicación es por la extraordinaria productividad de las aguas entre la península de Araya y el sur de Cubagua y Coche, por el afloramiento constante.

En parte oeste de la pluma, numerosos cardúmenes de sardina se asocian con la misma hasta cercanías del Archipiélago Los Hermanos (Los Morros) y La Blanquilla, se desplazan en superficie y quizás en media agua alimentándose en el estrato de máxima clorofila subsuperficial que puede encontrarse hasta

los 50 m de profundidad (Astor *et al*. 2017), luego por las condiciones oligotróficas del Caribe migran al sur, hacia Margarita. La mayoría de los cardúmenes se trasladan contracorriente hacia aguas costeras del norte insular (La Galera, Zaragoza, Bahía de Plata, Guayacán, Manzanillo); luego entre Cabo Negro y Los Frailes los cardúmenes bajan hacia el sur buscando áreas con abundante fitoplancton para alimentarse y reproducirse en la costa este de Margarita. Otros cardúmenes provenientes del norte o del nordeste alcanzan el extremo occidental de Margarita (Península de Macanao) y por El Robledal y Punta Arenas se desplazan al sur hacia islas de Cubagua y Coche, para alimentarse y desovar. En la costa oeste de Cubagua en la playa llamada Ladera Brasil, a 80-100 m de la costa hay áreas arenosas amplias, por lo cual en ocasiones esta zona es utilizada por pescadores del Estado Sucre (Araya) para el "amarre" de trenes (chinchorros) sardineros (Gómez & Cervigón 2025) y también entre Punta Arenas y Punta Cardón.

Procedencia de la sardina que se captura en el estado Sucre

En Sucre, las sardinas desovan en proximidad de la costa de las penínsulas de Araya y Paria, el Golfo de Cariaco y oeste de Sucre hasta Santafé. Las larvas y juveniles iniciales se alimentan de microorganismos presentes en proximidad del fondo. Las corrientes subsuperficiales dirigidas hacia el este y noreste, facilitan su transporte a la amplia plataforma delimitada al norte por Los Testigos, al oeste por Margarita, al sur por aguas afuera de penínsulas de Araya y Paria (limite exterior de valle submarino de Araya y de Carúpano) y al este por aguas afuera del extremo de Paria. En general, el criadero de las sardinas micrófagas es la amplia plataforma entre el sur de Los Testigos y banco Cumberland hasta el exterior del valle submarino de Carúpano. Cuando las sardinas cambian a alimentarse por filtración, gradualmente comienzan a agregarse formando los cardúmenes que buscan activamente parches de fitoplancton para su alimentación y desarrollo.

Durante los meses de surgencia desde el criadero muchos cardúmenes se desplazan hacia el borde de la plataforma, buscando fitoplancton presente en aguas al norte de Los Testigos, donde es alta la concentración de clorofila (Müller-Karger & Varela 1990; Müller-Karger & Aparicio 1994). Al disminuir la surgencia y el alimento, estos cardúmenes se desplazan hacia el sur buscando las ricas aguas peninsulares de Paria y Araya, para alimentarse y reproducirse y donde también son capturados por los pescadores sucrenses. Es posible que algunos cardúmenes que se desplazan al sur puedan penetrar al Golfo de Paria y otros bordear la isla de Trinidad para alcanzar el delta del Orinoco. Hacia el extremo de Paria, muchos cardúmenes pueden asociarse con la pluma del Orinoco, la cual es débil durante la surgencia y se mezcla con las aguas afloradas en Paria, siendo difícil diferenciar el origen de las aguas (Camudoca 2006).

En el segundo semestre (lluvias) los cardúmenes formados en el criadero se relacionan con la pluma del Orinoco alimentándose de parches del fitoplancton superficial o de los máximos de clorofila subsuperficial, permanecen los meses cuando es mayor la afectación de la pluma sobre la plataforma y alta la concentración de clorofila. La pluma contiene humus de tierra y hierro disuelto que propicia el crecimiento del fitoplancton. Luego, los cardúmenes migran hacia proximidad de la costa buscando las fértiles aguas peninsulares de Paria y Araya donde la surgencia es permanente, se trasladan hacia el este o el oeste, buscando zonas para alimentarse y reproducirse. Muchos cardúmenes pueden dirigirse al sur de Coche y Araya, donde la riqueza de las aguas, es excepcional; también pueden penetrar al Golfo de Cariaco, alcanzar la bahía de Mochima y el Golfo de Santafé, donde crecen y se reproducen.

Procedencia de la sardina que se captura en Isla Margarita

Durante la surgencia, cardúmenes formados en el criadero migran hacia el norte de Los Testigos para continuar su crecimiento en las fértiles aguas del borde de la plataforma. Luego se mueven hacia el noroeste buscando aguas de surgencia de las islas a sotavento de Los Testigos, pueden llegar hasta proximidad de Los Hermanos y La Blanquilla, situadas a ~ 100 km del noroeste de Margarita. Al disminuir el pulso de surgencia y su alimento (fitoplancton) los cardúmenes migran hacia el sur, buscando las enriquecidas aguas de Margarita. Se desplazan contracorriente hacia el este hasta Juan Griego y La Galera, cerca de la costa se mueven hacia el noreste pasan por las bahías de Zaragoza y de Plata, Pedro Gonzales, Guayacán

y Manzanillo. Estos últimos son los caladeros tradicionales del norte de Margarita, los pescadores con chinchorros capturan la sardina que tiene talla media ≥ 20 cm, la que se explica porque los cardúmenes han pasado algunas semanas en las aguas afloradas del norte o sotavento de Los Testigos. Otros cardúmenes más numerosos no se aproximan a la costa, sino que aguas afuera siguen contracorriente hasta el cabo de la isla y entre Cabo Negro y Los Frailes se dirigen al sur, aproximándose a la costa este de Margarita, pasan por cerca de Puerto Fermín (El Tirano), continúan hacia el sur transitan por Guacuco, donde se reproducen activamente, arriban a punta de La Ballena y bahía de Pampatar, pasan por El Farallón, el Morro de Porlamar, la bahía de Porlamar, Los Cuartos y aguas afuera de Punta Mosquito y La Isleta. En todas estas áreas es muy abundante el fitoplancton y explica el tránsito de los cardúmenes de sardina, algunos pueden aproximarse a la isla de Coche y otros por la bahía El Guamache, se desplazan por el sur de Margarita. Por lo descrito, tras décadas de seguimiento de las capturas en el sureste de Margarita se concluye que los cardúmenes de sardina vienen del norte o del noreste, es muy raro que cardúmenes de sardina remonten del sur. A diferencia de esquemas que muestran migraciones del sur, desde la costa continental hacia el este de Margarita (Etchevers 1974; Huq 2003; González *et al*. 2016).

En el segundo semestre (relajamiento de surgencia) la sardina busca áreas costeras donde abunde su alimento (fitoplancton), especialmente en las islas de Nueva Esparta. También, en el área de crianza numerosos cardúmenes pueden asociarse con la pluma del Orinoco, que sobre la plataforma se desplaza hacia el noroeste. Es posible que los cardúmenes pueden estar en la profundidad del máximo de clorofila subsuperficial, que se localiza entre 20 y ~ 50 m (Rincón *et al*. 2008; Astor *et al*. 2013, 2017), después se trasladan al sur, hacia las fértiles aguas insulares. Otros cardúmenes pueden alcanzar el noroeste de Margarita (península de Macanao) y luego migran hacia el sur, buscando las ricas aguas de Cubagua y Coche e incluso llegar hasta la península de Araya. También, es posible que muchos cardúmenes no sigan la pluma del Orinoco, sino que se trasladen a sotavento de Los Testigos, hacia Los Frailes y la costa este de Margarita, donde abunda el plancton.

En la pluma del Orinoco, el fitoplancton utiliza como nutriente el amonio remineralizado de la materia orgánica, el sílice disuelto (Corredor & Morell 2001) y humus de tierra. Luego, por las condiciones oligotróficas del Caribe y el aumento de la temperatura, la sardina migra al sur y se aproxima a Margarita. La mayor parte de los cardúmenes que arriban al norte de Margarita provienen del oeste o del noroeste, se acercan a la costa de La Galera, Zaragoza, Guayacán y Manzanillo en donde los pescadores los capturan con chinchorros, luego por Cabo Negro bajan hacia el sur buscando áreas con fitoplancton para alimentarse y desovar cerca de la costa del sureste de Margarita, los cardúmenes transitan hasta la Bahía del Guamache e islas de Coche y Cubagua. En años con gran abundancia de sardina, durante los últimos meses del año escasea el fitoplancton en los caladeros tradicionales y los cardúmenes buscan otras áreas para alimentarse. Lo que explica su presencia en la costa sur de Margarita, en cercanías de lagunas costeras (Gómez *et al*. 2008) como La Restinga y otras próximas.

CONCLUSIONES

1. En el oriente de Venezuela, la dirección de la corriente superficial es hacia el oeste, pero a partir de 10 m de profundidad (menos en Araya) y hasta ~100 m sobre la plataforma está presente una contracorriente permanente hacia el este, que favorece la retención cerca del sustrato de las postlarvas y juveniles iniciales de sardina, cuando tienen hábitos alimentarios micrófagos. A los 60-75 días de hábitat bentodemersal, cambian para alimentarse por filtración de plancton por lo cual los prereclutas progresivamente forman cardúmenes constituidos por sardinas mayores de 7 cm (LT) que comienzan a desplazarse en busca de áreas con mayor disponibilidad de alimento. Durante el primer semestre del año, los cardúmenes de sardina migran a las fértiles aguas de surgencia próximas al borde de la plataforma y continúan su crecimiento al noreste y noroeste de Los Testigos. En el segundo semestre la sardina puede asociarse con la pluma del Orinoco que atraviesa la plataformas consumiendo parches de fitoplancton salidos del golfo de Paria, o que aparecen por la relativa fertilidad de la pluma y por los procesos de remineralización de la materia orgánica

que contribuyen a la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, las sardinas pueden aprovechar el fitoplancton subsuperficial presente en áreas con altos valores de clorofila *a*. Al disminuir cada pulso (surgencia y pluma del Orinoco) los cardúmenes se desplazan al sur hacia aguas costeras continentales e insulares buscando zonas para alimentarse y reproducirse. Los cardúmenes que alcanzaron las islas a sotavento (La Sola, Los Frailes, Los Hermanos y La Blanquilla) migran hacia Margarita, mientras que los cardúmenes que llegaron al noreste de Los Testigos o desde el criadero, migran a las aguas costeras de Sucre.

2. El criadero de la sardina nororiental es una extensa zona bentodemersal delimitada al oeste por aguas afuera de Margarita, al norte por el archipiélago Los Testigos, y al sur por aguas afuera de las penínsulas de Araya y Paria. Esta zona comprende desde el exterior de los valles submarinos de Araya y Carúpano hasta bancos de Los Testigos y de Cumberland, constituye durante dos meses el área de crianza de las postlarvas y juveniles iniciales del recurso sardinero. En el estado Sucre los estadios tempranos de sardina abundan costa afuera y en inmensas cantidades están presentes hasta proximidad del archipiélago de Los Testigos.

AGRADECIMIENTO

Conferencia presentada en el III Congreso Venezolano de Oceanología organizado exitosamente por el Instituto Oceanográfico de Venezuela en Cumaná (noviembre de 2025). Se agradece al Dr. Antonio Quintero, presidente del evento, por la gentil invitación a participar con una conferencia dedicada a la sardina. Lo cual fue motivo para realizar esta revisión teórica que aporta nuevos conocimientos sobre la bioecología del principal recurso pesquero del país, siendo muy grato que se publique en la principal revista de investigación marina de Venezuela. Se agradece a los evaluadores del articulo por sus acertadas sugerencias.

REFERENCIAS

Alheit, J. 1993. Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes: a review and evaluation. *Bull. Mar. Sci*., 53: 750-767.

Andrés, J., G. Febres & L. Herrera. 1979. Circulación geostrófica frente a Venezuela, Mar Caribe suroriental. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 18 (1-2): 115-126.

Aparicio, R. 1993. *Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea*, 1951-1986. In: *Climatic Change in the Intra-Americas Sea*. (Ed. G. Maul), Edward Arnold, Publisher, London: 100-114.

Aparicio, R. 2003. *Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela.* 171-205. 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.

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., F. Müller-Karger, R. Bohrer, L. Tróccoli & J. García. 2004. Variabilidad estacional e interanual del carbono inorgánico disuelto y nutrientes en la fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*., 161-162 : 235-252.

Astor, I., L. Lorenzoni, R. Thunell, R. Varela, F. Müller, L. Troccoli, G. Taylor, M. Scranton, E. Tappa & D. Rueda. 2013. Interannual variability in sea surface temperature and fCO2 changes in the Cariaco Basin. *Deep Sea Research Part II*, 93: 33-43.

Astor, Y., L. Lorenzoni, L. Guzmán, G. Fuentes, F. Müller-Karger, R. Varela, M. Scranton, T. Taylor & R. Thunell. 2017. Distribution and variability of the dissolved inorganic carbon system in the Cariaco Basin, Venezuela. *Mar. Chem*., 195: 15-26.

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.

Balza, M., B. Marín & M. Lemus. 2006. Crecimiento somático y relación ARN/ADN en juveniles de la sardina *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) del Golfo de Santa Fe, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 45(1): 41-49.

Bernal M., D. Borchers, L. Valdés, A. Lago, E. Lanzos & S. Buckland. 2011. A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 58:2330-2340.

Bidigare, R., M. Ondrusek & J. Brooks. 1993. Influence of the Orinoco River on the distribution of algal pigments in the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res*., 98(2): 2259-2269.

Blough N., O. Zafiriou & J. Bonilla. 1993. Optical absorption spectra of waters from the Orinoco River outflow: terrestrial input of colored organic matter to the Caribbean. *J. Geophys. Res*., 98(C2): 2271-2278.

Bonells, D., T. Okuda, J. Bonilla, B. Gamboa & G. Cedeño. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la isla de Margarita. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 29(1-2): 27-41.

Bonilla, J., W. Senior, J. Bugden, O. Zafiriou & R. Jones. 1993. Seasonal distribution of nutrients and primary productivity on the eastern continental shelf of Venezuela as influenced by the Orinoco River. *J. Geophys. Res*., 98(C2): 2245-2258.

Bushaw, K., R. Zepp, M. Tarr, D. Schulz-Jander, R. Bourbonniere, R. Hodson, W. Miller, D. Bronk & M. Moran. 1996. Photochemical release of biologically available nitrogen from dissolved organic matter. *Nature*, 381: 404-407.

Camudoca (Consultora Ambiental de la Universidad de Oriente) 2006. Estudio de línea base ambiental, socioeconómica y de salud: Proyecto Gran Mariscal Sucre PDVSA CVP. Informe Final. Universidad de Oriente. Vol. I. 97 p.

Castellanos, P., R. Varela & F. Muller-Charger. 2000. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarojo AVHRR. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 60 (154): 55-76.

Cárdenas, J. 2003. *Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos*. 401-423. 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.

Cárdenas, J. & A. Achuri. 2000. Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espaciotemporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 60 (154): 39-54.

Carlsson, P., A. Segatto & E. Graneli. 1993. Nitrogen bound to humic matter of terrestrial origin: A nitrogen pool for coastal phytoplankton? *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 97: 105-116.

Carlton, J. & Y. Chao. 1999. Caribbean Sea eddies inferred from TOPEX/POSEIDON altimetry and a 1/6° Atlantic Ocean simulation. *J. Geophys. Res*., 704: 7743-7752.

Castañeda, J., R. Aparicio & W. Senior. 2000. Corrientes superficiales en la Bahía de Bergantín (estado Anzoátegui, Venezuela). *Ciencia* 8(2): 168-180.

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. 1991. Los Peces Marinos de Venezuela. Vol. I. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 427 p.

Conand, F. 1977. Oeufs et larves de la sardine ronde (*Sardinella aurita*) au Sénegal : distribution, croissance, mortalité, variations d'abondance de 1971 á 1976. *Cah. ORSTOM., Ser. Oceanogr*. XV (3): 201-214.

Corredor, J., & J. Morell. 2001. Seasonal variation of physical and biogeochemical features in eastern Caribbean surface water. *J. Geophys. Res*., 106: 4517-4525.

Corredor J, J. Morell, J. Lopez, R. Armstrong, A. Dieppa, C. Cabanillas, A. Cabrera & V. Hensley. 2003. Remote continental forcing of phytoplankton biogeochemistry, observations across the "Caribbean-Atlantic front". *Geophys. Res. Lett.*, 30 (20), 2057.

Corredor, J., J. Morell, J. Lopez, J. Capella & R. Armstrong. 2004. Cyclonic eddy entrains Orinoco River Plume in eastern Caribbean. *Eos Trans. AGU*, 85(20):197–202.

Del Castillo, C. Coble, P. Morell, J. Lopez & J. Corredor. 1999. Analysis of the optical properties of the Orinoco River plume by absorption and fluorescence spectroscopy. *Mar. Chem* 661999.35-51.

Diaz-Piferrer, M. 1967. Efectos de las aguas de afloramiento en la flora marina de Venezuela. *Carib. J. Sci*., 7 (1-2): 1-13.

Ditty, J., E. Houde & R. Shaw. 1994. Egg and larval development of Spanish sardine, *Sardinella aurita* (Family Clupeidae) with a synopsis of characters to identify clupeid larvae from the northern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci*., 54(2): 367-380.

Etchevers, S. 1974. Variaciones morfométricomerísticas, biología y tamaño mínimo del stock de sardina en el nororiente de Venezuela. *Bol. Cient. Centro Invest. Cient. U. Oriente, Nueva Esparta.* 1(3): 1-82.

FAO. 1963. Development of the marine fisheries research program. Report to the Government of Venezuela. *Program of Technical Assistance* 1606, 61 p.

FAO. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in action. Roma. https://doi. org/10.4060/ca9229en

Febres, G. 1974. Circulación de las aguas superiores de la fosa de Cariaco en abril de 1974. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 13(1-2): 79-86.

Febres, G. & L. Herrera. 1975. Interpretación dinámica de algunas características oceanográficas de la fosa de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 14(1-2): 3-29.

Febres, G. & L. Herrera. 1976. Caribbean Sea circulation and water mass transports near the lesser Antilles. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 15 (1): 83-96.

Fukuoka, J. 1964. Análisis de las condiciones hidrográficas del mar Caribe (VII). De la relación de las condiciones hidrográficas cerca de la desembocadura del Orinoco. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle.* 24(69): 277-307.

Fukuoka, J. 1965a. Meteorología e hidrografía. En: Estudios sobre el Ecosistema Pelágico del N.E. de Venezuela. *Memoria Fund. La Salle*. Nos. 70,71,72.: 1-384.

Fukuoka, J. 1965b. Coastal upwelling near Venezuela (I). Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 4(2): 223-233.

Fukuoka, J. 1965c. Hydrography of the adjacent sea (II). Some characteristics of oceanographical conditions in the Caribbean Sea, especially the region adjacent to Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 4(2): 234-245.

Fukuoka, J. 1971. *Coastal upwelling and sinking in the Caribbean Sea specially about the existence of the under current*. In: *Fertility of the Sea* (J.D. Costlow. Ed.). Gordon y Breach Science Publ., New York, I, 123-142.

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. & J. Mendoza. 2003. *La sardina, su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. Síntesis*. En: Freón, P. & J. Mendoza (Eds.) *La sardina (Sardinella aurita): su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela*. IRD Editions, París: 25-165.

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.

Froelich, P., D. Atwood & G. Giese. 1978. Influence of Amazon River discharge on surface salinity and dissolved silicate concentration in the Caribbean Sea. *Deep Sea Res*. 25(8): 735-744.

Froese, R. & D. Pauly. 2020. Fish Base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. version (12/2020).

Gade, H. 1961. On some oceanographic observations in the southeastern Caribbean Sea and the adjacent Atlantic Ocean with special reference to the influence of the Orinoco River. . *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 1(2): 287-342.

Ganias, K., S. Somarakis & C. Nunes. 2014. *Reproductive potential*. In: *Biology and ecology of sardines and anchovies.* Ed. Ganias, K. CRC Press, Boca Ratón, USA. 79-121.

Gassman, J. 2005. *Ovogénesis, madurez sexual, época de desove y fecundidad parcial de la sardina (Sardinella aurita) Valenciennes 1847 (Teleostei: Clupeidae) en el eje Pampatar-La Isleta, Isla de Margarita*. Trab. Grado, Universidad de Oriente, Boca del Rio, Venezuela. 47 p.

Gómez, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia*. 21(3): 140-146.

Gómez, A. & J.P. Chanut. 1988. Variación estacional de variables ecológicas en la bahía de Charagato, isla de Cubagua, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 48(Supl. 3): 73-104.

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 Nal. Invest. Cient. Técn. Venezuela (FONACIT Proy. 2000001372). Min. Cienc. Tecnol., Caracas. 648 p.

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. 2018. Análisis del manejo de la crisis de sardina *Sardinella aurita* en Venezuela y comentario sobre artes de pesca y estadísticas. *Bol. Invest. Mar. Cost*., 47 (1): 85-106.

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 y 2): 27-44.

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. & A. Acero. 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. 2022. Nueve décadas de explotación de sardina *Sardinella aurita* en Venezuela, revisión crítica. *Bol. Invest. Mar. Cost.,* 51(1): 171-192.

Gómez, A. & F. Cervigón 2025. Bionomía bentónica costera de la isla de Cubagua (Venezuela). I. costa Este y Oeste. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 64 (1): 16-63.

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, W., N. Eslava, L. Troccoli & F. Guevara. 2016. Análisis de la pesquería artesanal de sardina (*Sardinella aurita*) en Venezuela. *Tecnocienc. Chihuahua*, 10: 81-89.

Gordon, A. 1967. Circulation of the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res*., 72(24): 6207-6223.

Herrera, L. & G. Febres. 1975. Procesos de surgencia y de renovación de aguas en la fosa de Cariaco, mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 14(1): 31-44.

Herrera, L., & G. Febres. 1976. Características termohalinas de las aguas superiores del sureste del Mar Caribe durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 15 (1): 97-114.

Hochman, H., F. Müller-Karger & J. Walsh. 1994. Interpretation of the coastal zone color scanner signature of the Orinoco River plume, *J. Geophys. Res*. 99: 7443-7455.

Huq, M. 2003. *Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (Sardinella aurita, Valenciennes 1847) en el oriente de Venezuela*: 331-356. En: *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela.* Eds. Freón, P. y J. Mendoza. IRD Editions, Paris. 549 p.

Hu, C., E. Montgomery, R. Schmitt & F. Muller-Karger. 2004. The dispersal of Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. *Deep Sea Res. Part* II, 51(10–11):1151-1171.

Huq, M. & J. Rodríguez. 1988. Algunos aspectos biométricos y reproductivos de la sardina *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) de la zona nororiental de Venezuela en el periodo 1958-1966. *Acta Cient. Ven*., 39 (supl.1): 228.

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.

Kortnik, J. 2005. *Biología reproductiva de la sardina Sardinella aurita, en la zona oriental del Edo. Nueva Esparta*. Trab. Grad. Lic. Biología. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 88 pp.

Lewis, W. & J. Saunders. 1989. Concentration and transport of dissolved and suspended substances in the Orinoco River. *Biogeochemistry*, 7: 203-240.

Ljoen, R. & L. Herrera. 1965. Some oceanographic conditions of the coastal water of eastern Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 4(1): 7-50.

López, H. 1972. Distribución y abundancia estimada de huevos de la sardina (*Sardinella anchovia*) en la región oriental de Venezuela, 1968-1969. Ministerio de Agricultura y Cría. *Proyecto Investigación y Desarrollo Pesquero MAC-PNUD-FAO. Informe Técnico* 46: 1-28.

López, R., J. López, J. Morell, J. Corredor & C. Del Castillo. 2013. Influence of the Orinoco River on the primary production of eastern Caribbean surface waters. *J. Geophys. Res. Oceans*., 118(8): 4617-4632.

Maloney, N. 1971. Continental margin off Central Venezuela: 262-266. *Colloquium resources of the Caribbean Sea and adjacent areas*. Unesco, Paris.

Margalef, R. 1967. *Ritmos, fluctuaciones y sucesión*. En: *Ecología Marina*. *Fund. La Salle*, Caracas: 493-532.

Marín, E., C. Flores, J. Rodríguez & M. Huq. 1990. Variación estacional de larvas de clupéidos y engráulidos al Norte de la Península de Araya, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, Vol. 41 (Supl. 1), p. 96

Meade, R., J. Nordin, H. Pérez, A. Mejía & G. Pérez. 1983. Sediment and water discharge in Río Orinoco, Venezuela and Colombia. 2nd Internat. Symp. River Sedimentation, Nanjing, China. 1158 p.

Micinski, E., L. Ball & O. Zafiriou. 1993. Photochemical oxygen activation: Superoxide radical detection and production rates in the eastern Caribbean. *J. Geophys. Res*. 98: 2299-2306.

Miró, M. 1974. Morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules.* 14: 1-232.

Molinet, R., F. Arocha & J. Cárdenas. 2008. *Evaluación de recursos pesqueros en el oriente venezolano*. PDVSA – Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 176 p.

Monente, J. 1990. Influencia del río Orinoco en el Caribe: materia en suspensión. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle.* 49-50(131-134) : 347-360.

Moore, W. & J. Todd. 1993. Radium isotopes in the Orinoco estuary and Eastern Caribbean Sea. *J. Geophys. Res*., 98 (2C): 2233-2244.

Morell, J. & J. Corredor. 2001. Photomineralization of fluorescent dissolved organic matter in the Orinoco River plume: Estimation of ammonium release. *J. Geophys. Res*. 106: 16807-16813.

Müller-Karger, F., C. McClain, C. Fisher, T. Esaias & R. Varela. 1989. Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space. *Progr. Oceanogr*., 2: 23-64.

Müller-Karger, F. & Varela, R. 1990. Influjo del Río Orinoco en el Mar Caribe: Observaciones con el CZCS desde el espacio. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle.* 49-50 (131-134): 361-390.

Müller-Karger, F. & R. Aparicio. 1994. Mesoscale processes affecting phytoplankton abundance in the Southern Caribbean Sea. *Cont. Shelf Res*. 14 (2-3): 199-221.

Navarro, A., J. Corredor, J. Morell & R. Armstrong. 2000. Distribution of the cyanophyte *Trichodesmium* (Oscillatoriaceae) in the eastern Caribbean Sea: Influence of the Orinoco River. *Rev. Biol. Trop*., 48, suppl. 1: 115-124.

Odriozola, A. 2004. *On the Color of the Orinoco River Plume*. Theses Univ. South Florida. 199 p. SF Tampa Graduate Theses and Dissertations. https://digitalcommons.usf.edu/etd/1184

Odriozola, A., R. Varela, C. Hu, Y. Astor, L. Lorenzoni & F. Müller-Karger. 2007. On the absorption of light in the Orinoco River plume. *Cont. Shelf Res*., 27(10-11): 1447-1464.

Okuda, T., J. Benítez, J. Sellier de Civrieux, J. Fukuoka & B. Gamboa. 1974. Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe Suroriental, especialmente el margen continental de Venezuela. Publicaciones III Conferencia Naciones Unidas sobre Derecho del Mar. *Cuadernos Azules No. 15*, Caracas, 179 p.

Okuda, T. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la fosa de Cariaco y áreas adyacentes. *FAO Fish. Rep*. 200: 349-362.

Okuda, T. 1981. Análisis hidroquímicos de la bahía de Pozuelo y sus áreas adyacentes, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 20(1 y 2): 11-22.

Parr, A. 1937. A contribution to the hydrography of Caribbean and Cayman Seas, based upon the observations made by research ship Atlantis 1933-1934. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll*., 5(4): 1-110.

Pelegrí, J. & D. Padrón. 1986. Algunas características del régimen de corrientes en la plataforma continental al norte de la Península de Paria. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 26 (1-2): 35-53.

Peterson, C. 1958. Informe al Gobierno de Venezuela sobre la evaluación de sus recursos pesqueros marinos. *FAO/E.P.T.A. Rep*.754, 32 p.

Quintero, A., G. Terejova & F. Brito. 2018. Evaluación de las corrientes marinas en los periodos de sequía y lluvia en el valle submarino de Araya, Venezuela. II parte. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 58(2): 14-27.

Rabinovich, J. & D. Novoa. 1982. *El río Orinoco y su futuro*. En: Novoa, D. (Comp.). *Los recursos pesqueros del río Orinoco y su explotación*. Arte, Caracas.

Ramírez, I. & M. Huq. 1986. Aspectos reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) del golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 25(1-2): 3-20.

Reyes, D. 1981. *Aspectos reproductivos de Sardinella aurita (Pisces: Clupeidae)*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela. 22 p.

Richards, F. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America. Cabo Tres Puntas to Curaçao, including the Cariaco Trench. *Deep Sea Res*.,7: 163-182.

Rincón, F., Y. Astor, F. Muller-Charger, R. Varela & A. Odriozola. 2008. Características oceanográficas del flujo en Boca de Dragon, Venezuela. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat*., 168: 7-24.

Rodríguez, J., M. Huq & B. Marín. 1989. Distribución y abundancia de huevos de anchovetas (Fam. Engraulidae) entre las Islas de Coche, Cubagua y el Norte del Estado Sucre, Venezuela. *Acta Cient. Venez*. Vol. 41 (Supl. 1), p. 89.

Rueda-Roa D. & 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.

Rueda-Roa, D., T. Ezer & F. Muller-Karger. 2018. Description and mechanisms of the mid-year upwelling in the southern Caribbean sea from remote sensing and local data. *J. Mar. Sci. & Eng., 6*(2), 36. doi:10.3390/jmse6020036

Sánchez-Suarez, I. & Troncone-Osorio, F. 2005. The Gulf of Paria, Venezuela. Effect of the Orinoco River discharge on water transparency and Chlorophyll *a* distribution. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez*., 34(1-2): 77-85.

Simpson, J. 1963. Report to the Venezuelan government on the development of the Marine Fisheries Research Program. *FAO E.P.T.A. Report* 1606, 61 p.

Simpson, J. & G. González. 1967. Algunos aspectos de las primeras etapas de vida y el medio ambiente de la sardina, *Sardinella anchovia*, en el oriente de Venezuela. *Ser. Rec. Exp. Pesq., MAC*. 1(2):1-93.

Tornes, E., P. George & D. Sánchez. 1971. Variación en el contenido de grasa y sólidos no grasosos en cuatro especies de importancia industrial en Venezuela. Ministerio de Agricultura Proy. Investigación y Desarrollo Pesquero. *PNUD-FAO Venezuela. Informe Técnico* 35: 30 p.

Trujillo, H. 1977. Factores que limitan el empleo de la estadística pesquera oficial en la evaluación del stock de sardina (*Sardinella anchovia*).. *Min. Agricultura y Cría Venezuela. Inf. Téc. Nº 33*. 44 p.

Twardowski, M. & P. Donaghay. 2001. Separating in situ and terrigenous sources of absorption by dissolved materials in coastal waters. *J. Geophys. Res*., 106 (C2): 2545-2560.

Varela, R., F. Carvajal & F. Müller-Karger. 2003. *El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela*: 263-294. En: *La sardina (Sardinella aurita), medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. Eds. Freón, P. y J. Mendoza. IRD Editions, Paris. 549 p.

Walsh, J., D. Dieterle, F. Müller-Karger, R. Bohrer, W. Paul, R. Varela, R. Aparicio, R. Díaz, R. Thunell, G. Taylor, M. Scranton, K. Fanning & E. Peltzer. 1999. Simulation of carbon-nitrogen cycling during spring upwelling in the Cariaco Basin. *J. Geophys. Res*., 104(C4): 7807-7825.