

Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela

Rubén Aparicio Castro
Oceanógrafo físico

I Introducción

Hoy en día es ampliamente reconocido que la dinámica superficial de las aguas costeras juega un papel muy importante sobre las pesquerías en general. En este escenario, el transporte vertical de nutrientes desde aguas sub-superficiales hasta el estrato más superficial, bien sea inducido por el viento, por divergencia de corrientes o por efectos topográficos, promueve una alta productividad orgánica lo cual se traduce en una gran riqueza biótica para la región considerada.

Es así como las más pronunciadas áreas de surgencia costera inducida por el viento constituyen el asiento geográfico de las más productivas zonas pesqueras del planeta. Estas áreas se sitúan en los márgenes occidentales de los continentes (costa occidental de Norte América incluyendo Oregón y California en USA y el norte de México; Península Ibérica en el margen suroccidental de Europa; costa occidental de Sur América incluyendo Ecuador, Perú y norte de Chile y costa occidental de Africa incluyendo Marruecos, Mauritania-Senegal y Congo – Angola , extendiéndose hasta la República de Sur Africa).

Un área de surgencia de significativa importancia regional lo constituye el contorno costero del sur del Mar Caribe, impactando las costas de Venezuela y Colombia.

El trabajo que aquí se presenta describe el ambiente físico de la región nororiental de Venezuela (ver Fig. 1 en Fréon y Mendoza, este volumen), haciendo énfasis sobre la marcada estacionalidad evidente en los registros de parámetros meteorológicos y oceanográficos obtenidos por diversas entidades nacionales e internacionales, y utilizando la casi totalidad de la información histórica existente. Las posibles implicaciones preliminares de algunos rasgos hidrodinámicos regionales en el ciclo de vida de la sardina son discutidos en una sección posterior.

■ Descripción física del área

El ambiente marino de la región costera Nororiental de Venezuela ha sido objeto de estudio desde los primeros años de la década de los sesenta. Desde aquellos años operan en esta región los dos centros de investigaciones marinas de mayor relevancia en Venezuela: el IOV¹ y EDIMAR².

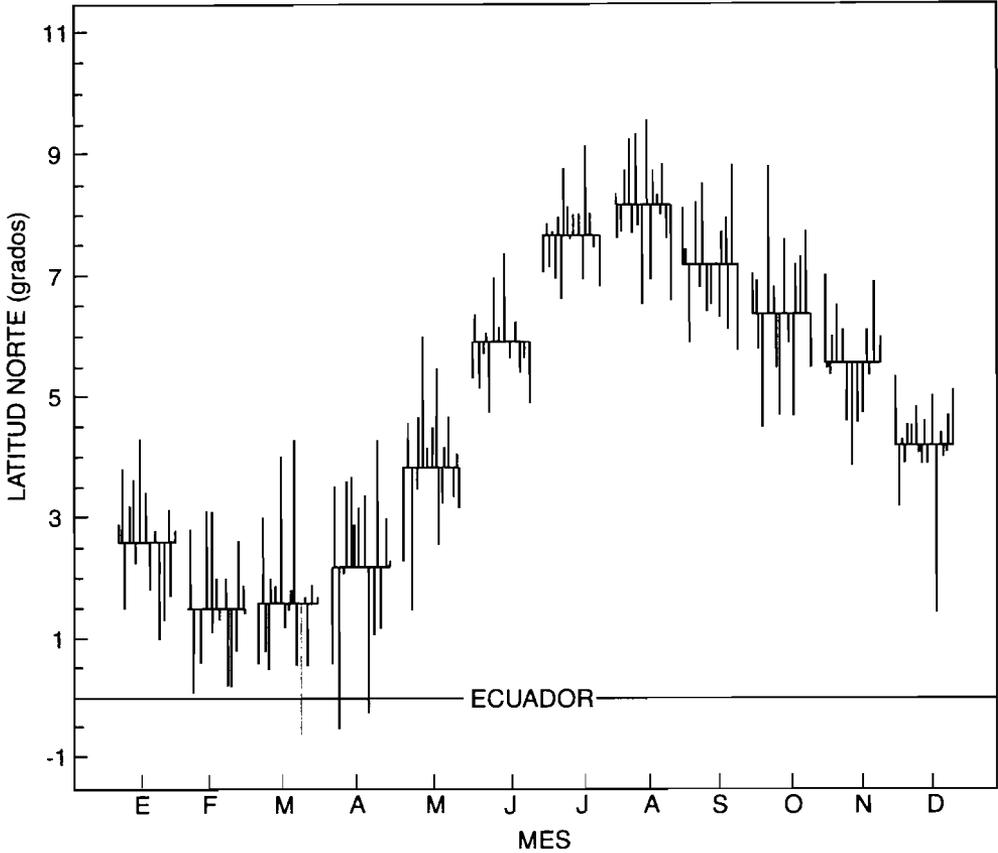
En base a numerosos estudios (Fukuoka, 1962, 1965, 1966; Gade, 1961; Gordon, 1967; Ljoen y Herrera, 1965; Okuda, Gamboa y García, 1969; Richards, 1960) puede establecerse, en general, las características geodinámicas del sector sudoriental del Mar Caribe contenido en aguas territoriales de Venezuela, las cuales se describen a continuación.

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, adscrito a la Universidad de Oriente (UDO), con sede en Cumaná.

²Estación de Investigaciones Marinas de la Fundación La Salle (FLASA), con sede en Punta de Piedras, Isla de Margarita.

Tectonismo

La zona ubicada geográficamente sobre una estrecha banda latitudinal centrada en los 10°N es tectónicamente muy activa. En particular, esto se debe a que sobre la región yace el contorno entre las



■ Figura 1

Ciclo estacional de la ubicación latitudinal de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) de los Vientos Alisios. Datos tomados para la longitud 28° O, durante el periodo 1971–1991 y aportados por la Antena ORSTOM del Centro de Meteorología Espacial de LANNION, Francia.

Seasonal cycle of latitudinal location of the trade winds Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ). Data taken at 28° W during the period 1971–1991 and provided by ORSTOM at Lannion Spatial Meteorological Station, France.

placas tectónicas del Caribe y Sur América (Balda, 1974). Se observan numerosas fallas entre las cuales destaca la Falla del Pilar, que atraviesa el Golfo de Cariaco y la Península de Paria, y numerosas fallas menores en la Fosa de Cariaco (> 1400 m), ubicada en la plataforma continental, y en los alrededores de la Isla de Margarita (Ginés, 1972).

Vientos

La fluctuación estacional de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) de los vientos alisios (Fig. 1) es un fenómeno de alcance planetario que impacta fuertemente el ambiente físico de la región. En correspondencia, durante un período anual, la variación temporal de la intensidad eólica presenta una señal compuesta por dos estaciones. Una de ellas, con valores de celeridad media mensual superiores a 4 m s^{-1} , ocupa el período comprendido desde enero hasta mayo y alcanza un máximo de 5 m s^{-1} durante el mes de marzo, cuando la ZCIT se sitúa más cerca del Ecuador. La otra, extendiéndose desde junio hasta diciembre, se presenta con valores medios mensuales menores a 4 m s^{-1} , alcanzándose un mínimo de 3 m s^{-1} durante el mes de octubre, cuando la ZCIT, después de haber iniciado su migración hacia el norte desde el mes de junio, alcanza 10°N , es decir su posición latitudinal más alejada del Ecuador (Fig. 2a).

Una intensificación occidental de la fortaleza de los vientos superficiales, vinculada a variabilidad espacial en ambos aspectos, latitudinal y longitudinal, es otra relevante característica del régimen eólico de la zona (Aparicio, 1993). El viento superficial es más intenso para el sector central de las costas de Venezuela, cuando se le compara con la sección Nororiental, como se puede comprobar al comparar los datos de dos estaciones meteorológicas insulares (Fig. 2b) o costeras (Tabla 1).

Precipitación y evaporación

La marcha estacional de la ZCIT impone un régimen de precipitación regional, el cual presenta una estación seca a partir del mes

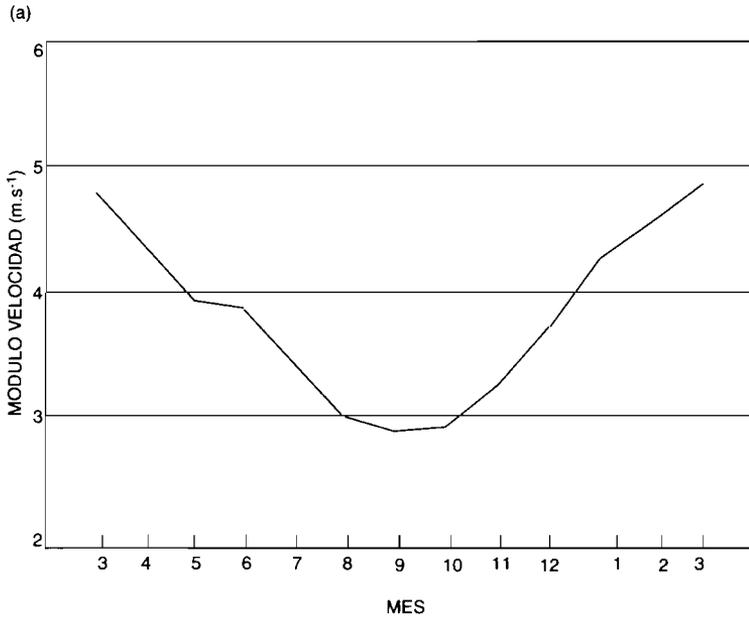


Figura 2a

Ciclo estacional de la intensidad del viento (celeridad en $m s^{-1}$) registrada en la estación Meteorológica FAV-UDO, situada en Cumaná, durante el periodo 1969–1990.

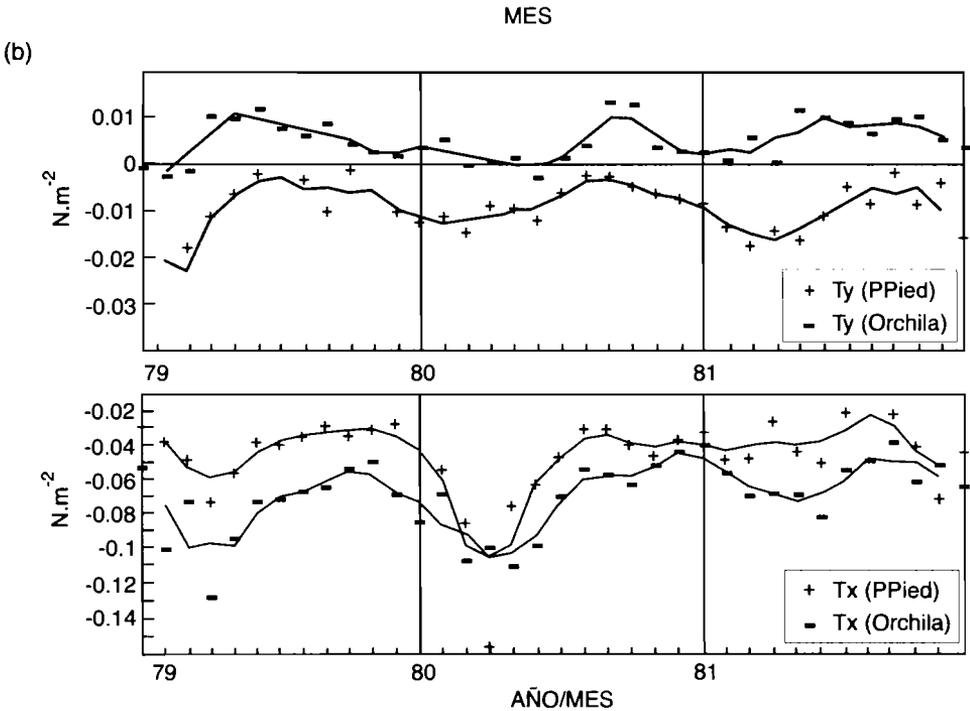
Seasonal cycle of wind intensity (speed in $m s^{-1}$) recorded at the FAV-UDO Cumana meteorological station during the period 1969–1990.

Localidad	Latitud	Longitud	τ_x
Güiria	10°35'N	62°18'W	0,04
Barcelona	10°07'N	64°41'W	0,05
Maiquetía	10°36'N	66°56'W	0,07
Coro	11°25'N	69°41'W	0,10

Tabla 1

Valores medios del componente zonal del esfuerzo cortante del viento τ_x (en unidades de dinas cm^{-2}), para diferentes localidades situadas a lo largo del margen costero de Venezuela.

Mean values of wind stress τ_x (dynes cm^{-2}) zonal component for different locations along the Venezuelan coastal margin.

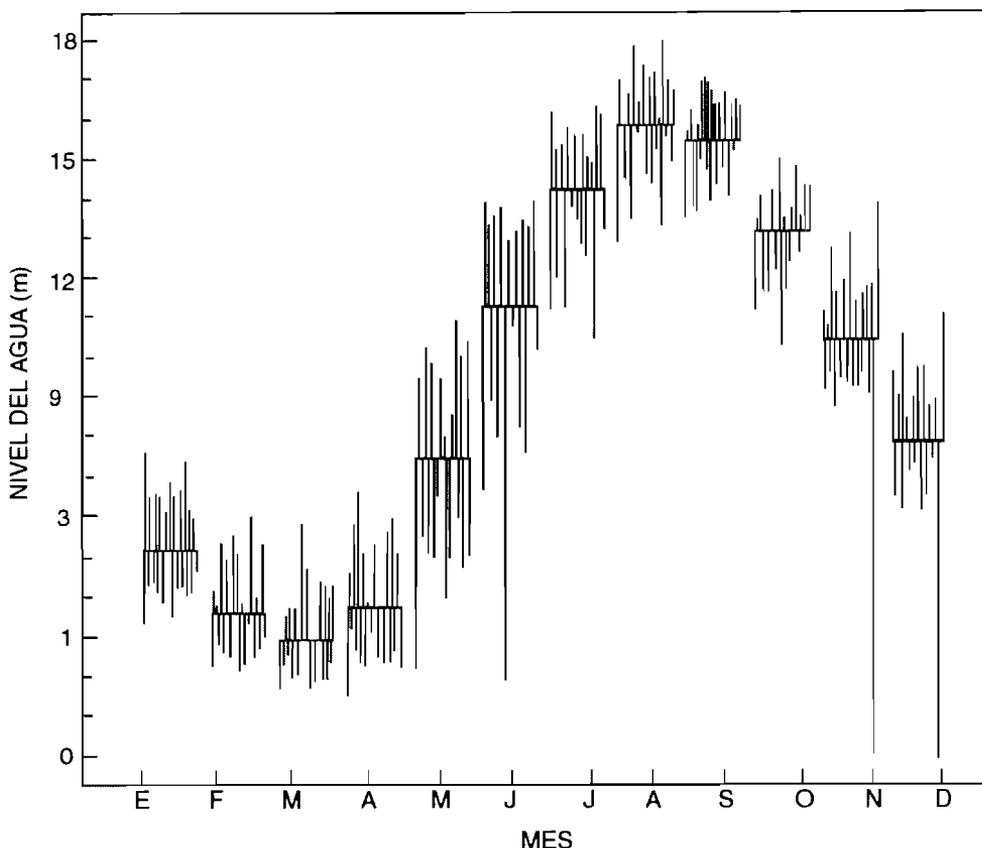


■ Figura 2b

Serie de tiempo de valores medios mensuales de los componentes zonal (Tx) y meridional (Ty) del esfuerzo cortante del viento, durante el periodo 1979–1981 en las localidades insulares de Punta de Piedras (PPied, sector nororiental) y La Orchila (Orchila, sector central).

Time series of monthly mean values of the zonal component (Tx) and the meridional component (Ty) of the wind stress during the period 1979–1981 at the island stations of Punta de Piedras (PPied, northeastern sector) and La Orchila (Orchila, central sector).

de enero, cuando la ZCIT se encuentra más cerca del Ecuador, y finaliza en junio, cuando se inicia la migración hacia el norte de la ZCIT. La combinación de la máxima intensidad eólica durante el primer trimestre del año, con la ausencia de precipitaciones, resulta en máximos valores estacionales de la evaporación para la región más oriental del margen costero en consideración. Las precipitaciones alcanzan un máximo durante el bimestre agosto-septiembre, cuando la ZCIT se encuentra más alejada del Ecuador, y en consecuencia más próxima a la banda latitudinal de los 10°N (Fig. 3).



■ Figura 3

Ciclo estacional de la descarga fluvial del Orinoco, medida en términos del nivel de las aguas en la localidad del Puente de Angostura, Ciudad Bolívar. Datos de 1926–1986, suministrados por la Dirección de Hidrografía y Meteorología del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Venezuela.

Seasonal cycle of Orinoco river discharge measured in terms of water level at Angostura Bridge, Ciudad Bolívar. Data 1926–1986 provided by Direction of Hydrography and Meteorology of the Ministry of the Environment and Natural Renewable Resources of Venezuela.

Oleaje

Como consecuencia de la marcada estacionalidad presente en el campo de vientos, el carácter estacional del régimen del oleaje incidente sobre la costa Nororiental de Venezuela puede ser claramente establecido.

Para ello se analiza la información histórica recopilada por el Centro Climático Nacional de EEUU. La figura 4 muestra la variación mensual de la frecuencia media (%) de ocurrencia de olas con alturas comprendidas entre 1,8 y 3,0 m. Se identifica claramente el semestre enero-junio como un periodo de "intenso" oleaje, con valores de frecuencias de ocurrencia mayores al 10% y un máximo en febrero (17%), mientras que el intervalo agosto-noviembre se caracteriza por presentar valores de la frecuencia media de ocurrencia comprendidos entre 4% y 5%. Los meses de diciembre y julio se presentan como meses de transición.

Este esquema se confirma al analizar los datos del Instituto de Tecnología Venezolano del Petróleo (INTEVEP) durante 1979 y 1980

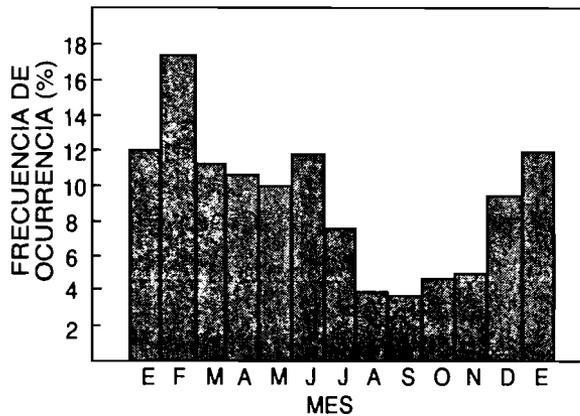
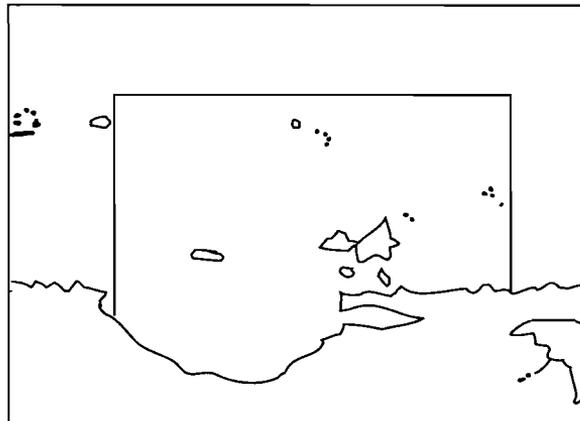


Figura 4
Ciclo estacional de la frecuencia media de ocurrencia (%) de olas con alturas comprendidas entre 1,8 y 3,0 m según los listados del SSMO, para la región geográfica localizada en el recuadro interior.

Seasonal cycle of mean frequency of occurrence (%) of waves with heights between 1.8 and 3.0 m, according to SSMO listings for the geographical area in rectangle.



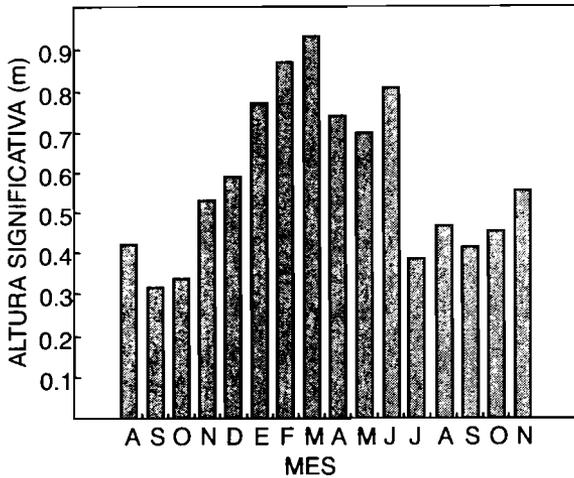


Figura 5

Ilustración del carácter estacional del régimen de olas en el área nororiental de Venezuela. Los datos fueron obtenidos por INTEVEP en el margen costero sur de la Cuenca de Cariaco, usando una boya Waverider durante el periodo agosto 1979 a noviembre 1980.

Illustration of wave regime seasonality in northeastern Venezuela. Data were obtained by INTEVEP using a Waverider buoy in the southern coastal boundary of the Cariaco Basin from August 1979 to November 1980.

a través de la generación de registros automatizados de la altura significativa de las olas en el margen costero sur de la Cuenca de Cariaco (Costa del Edo. Anzoategui) usando una boya Waverider (Fig. 5).

En cuanto a la dirección de procedencia, se evidencia una dominancia neta de las olas provenientes del Este (65% de ocurrencia como promedio anual), siendo la segunda dirección predominante la del Noreste, con un promedio anual de ocurrencia del 22%.

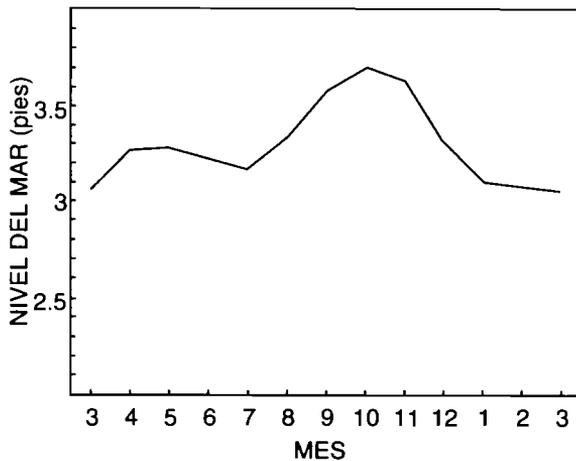
Nivel del mar

La variabilidad del nivel medio relativo del mar en su ciclo anual revela también una señal claramente estacional (Fig. 6), la cual cubre por completo el margen costero del país, presentándose los

valores máximos durante el lapso agosto-noviembre y los valores mínimos durante el periodo febrero-marzo.

Müller-Karger y Aparicio (1994) detectaron una relación inversa entre el nivel medio relativo del mar y el componente zonal de la intensidad del viento, en escala diaria, a partir de datos recaudados en las zonas nororiental (Carúpano) y central (La Guaira) de las costas de Venezuela.

La variabilidad del nivel relativo medio del mar en escala horaria (régimen de mareas) se caracteriza por presentar un rango medio microtidal, con el número de forma incrementándose gradualmente hacia el Oeste. Esto implica la ocurrencia de mareas mezcladas, principalmente semidiurnas, en la sección más oriental de nuestra región de interés, con amplitudes presentando valores en el rango 45–85 cm.



Source: Servicio Autónomo de Geofísica y Cartografía Nacional de Venezuela (SAGECAN).

Figura 6

Ciclo estacional del nivel medio relativo del mar (en pies) en la localidad de Pto. Sucre, Cumaná, durante el periodo 1953–1977. Datos provenientes del Servicio Autónomo de Geofísica y Cartografía Nacional de Venezuela (SAGECAN).

Seasonal cycle of mean relative sea level (feet) in Puerto Sucre, Cumaná, recorded by SAGECAN Cumana Tidal Station for the period 1953–1977.

Temperatura superficial del mar

El patrón de temperatura superficial del mar (TSM) también refleja una apreciable estacionalidad. Este parámetro presenta valores mínimos durante el primer trimestre del año ($\approx 22^{\circ}\text{C}$) y sus máximos valores durante el bimestre septiembre-octubre ($\approx 27^{\circ}\text{C}$), siendo la amplitud del ciclo anual aproximadamente de 5°C . Esto contrasta con el muy regular ciclo anual de la temperatura del aire (TA) cuya amplitud es de alrededor de $2,0^{\circ}\text{C}$, presentándose los mínimos valores en enero ($\approx 26^{\circ}\text{C}$) y las más altas temperaturas en octubre ($\approx 28^{\circ}\text{C}$).

Lo anterior se evidencia en la figura 7, la cual presenta los ciclos anuales de la TSM (promedio 1959–1971) y de la TA (1978–1986) para la localidad de Cumaná (Aparicio, 1986). La serie de tiempo de TSM fue obtenida por el SAGECAN³, a escala diaria, mediante la técnica de estimar la temperatura de playa siguiendo las normativas divulgadas por el United States Coast and Geodetic Survey.

Registros automatizados fueron obtenidos mediante la implantación de un termistor de alta sensibilidad a 3 m bajo el nivel del mar en algunas localidades del Nororiente de Venezuela, como parte de

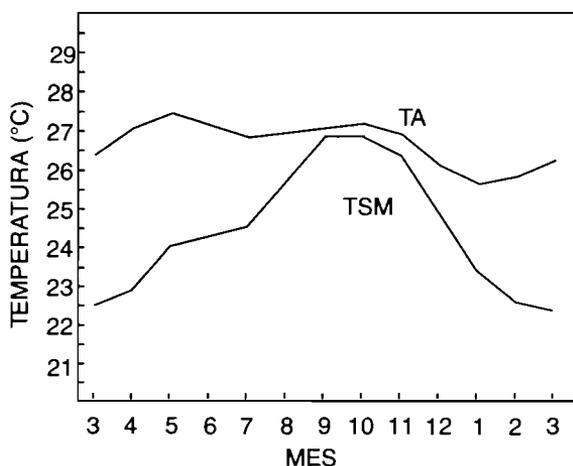


Figura 7

Ciclo estacional de la temperatura del aire (TA) y de la temperatura superficial del mar (TSM) en Cumaná, en $^{\circ}\text{C}$. Datos de la estación meteorológica FAV-UDO para el intervalo 1968–1986, y del SAGECAN para el intervalo 1959–1971, respectivamente.

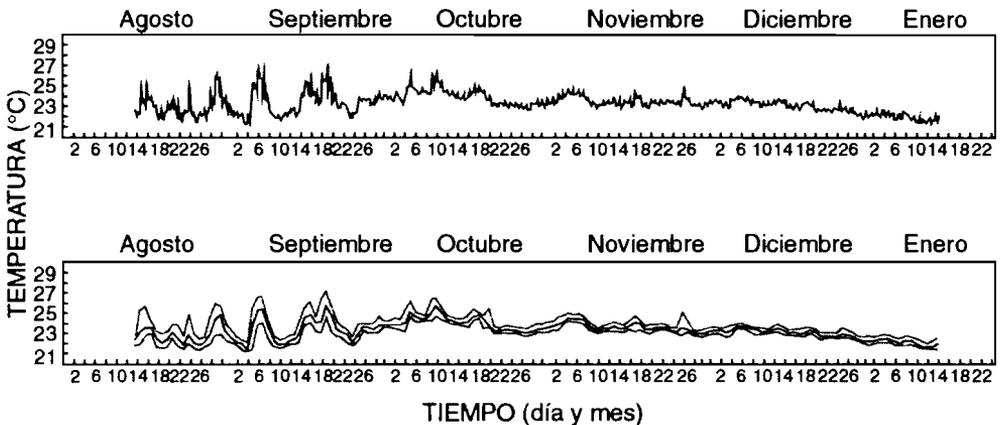
Seasonal cycle of air temperature (TA) and sea surface temperature (TSM) at Cumana, in $^{\circ}\text{C}$. Data provided by the FAV-UDO meteorological station for the 1968–1986, and by SAGECAN during 1959–1971 period.

³ Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional

una Red Nacional de Termometría Marina, desde agosto de 1993. Este permite detectar la temperatura del agua de mar a ese nivel cada 10 minutos y almacenar la misma en memoria electrónica, la cual es recuperada cada 60 días. De esta manera se visualiza una mayor variabilidad en la estructura térmica del mar superficial nororiental del país que la advertida mediante los datos históricos ya referidos (Fig. 8).

A la hora de comparar la señal bajo una escala mensual se observa la notable diferencia entre los meses de agosto y septiembre, cuando el registro presenta fluctuaciones de hasta 5°C en intervalos de tiempo de tres días y amplitudes diarias de hasta 2°C y 3°C y los meses de noviembre y diciembre, cuando las fluctuaciones pierden su carácter de "picos" y la amplitud apenas alcanza valores entre $0,25^{\circ}\text{C}$ y $0,5^{\circ}\text{C}$.

La ocurrencia de temperatura inferiores a 23°C es apreciable durante el mes de agosto, estando presente durante aproxima-



■ Figura 8

Registro continuo y automatizado de la temperatura superficial del mar en la Bahía de Guamache (Península de Araya) durante el intervalo 12/08/93 – 12/01/94. Parte superior : serie de tiempo de valores horarios. Parte inferior : serie de tiempo de valores promedios diarios (curva central) y valores extremos absolutos máximos y mínimos (curvas superior y inferior).

Continuous record of sea surface temperature at Guamache Bay (Araya Peninsula) from 08/12/93 to 01/12/94. Upper part: time series of daily mean values, maxima and minima.

damente el 50% del número de días contenidos en el registro. Si se considera ésta relativamente baja temperatura como indicadora de la existencia de surgencia, entonces el registro se constituye en una evidencia de la persistencia de este fenómeno y de su gran extensión temporal, asumiéndose que su mayor intensidad se manifiesta a través de los primeros cuatro meses del año, tal como ha sido señalado en muchos previos reportes. Sin embargo, durante el mes de septiembre, el número de días en que se detectan temperaturas por debajo de 23°C se redujo considerablemente (aproximadamente 25% del total de días contenidos en el registro) para luego no presentarse ninguna ocurrencia de este tipo durante el extenso intervalo de tiempo comprendiendo los meses octubre y noviembre y prácticamente todo el mes de diciembre.

Al mismo tiempo debe señalarse que la ocurrencia de temperaturas superiores a 25°C presentó una variabilidad intermensual más sencilla, en el sentido de que estos valores se registran con bastante frecuencia durante el trimestre agosto-septiembre-octubre, para luego ocurrir episódicamente durante el mes de noviembre y no estar presentes durante el mes de diciembre.

Aunque la extensión del registro no permite examinar la variabilidad intermensual más allá de la segunda parte del año, resulta muy interesante llamar la atención acerca de la ocurrencia de temperaturas superficiales del mar inferiores a 23°C durante buena parte del mes de agosto.

Salinidad de aguas superficiales

Datos reportados por buques de oportunidad entre los años de 1977 y 1986, recopilados por el TOGA Sub-Surface Data Center en Brest, Francia, permiten presentar el ciclo anual de isolíneas de salinidad superficial (SS) para esta región. La tabla 2 presenta esta información en términos del rango de valores de SS detectados por cada mes del año.

Se observa que los máximos valores de SS ocurren durante el trimestre febrero-marzo-abril, mientras que los valores mínimos se detectan durante el periodo que va desde agosto hasta octubre. Esto evidencia que los cambios estacionales en el patrón regional de salinidad de las aguas superficiales son claramente inducidos por la

MES	RANGO
ENERO	35,75 < SS < 36,00
FEBRERO	36,00 < SS < 36,25
MARZO	35,50 < SS < 36,25
ABRIL	35,75 < SS < 36,25
MAYO	35,75 < SS < 36,00
JUNIO	35,25 < SS < 35,75
JULIO	35,25 < SS < 35,75
AGOSTO	SS < 34,00
SEPTIEMBRE	34,75 < SS < 35,00
OCTUBRE	34,50 < SS < 34,75
NOVIEMBRE	34,00 < SS < 35,00
DICIEMBRE	34,75 < SS < 35,00

Tabla 2

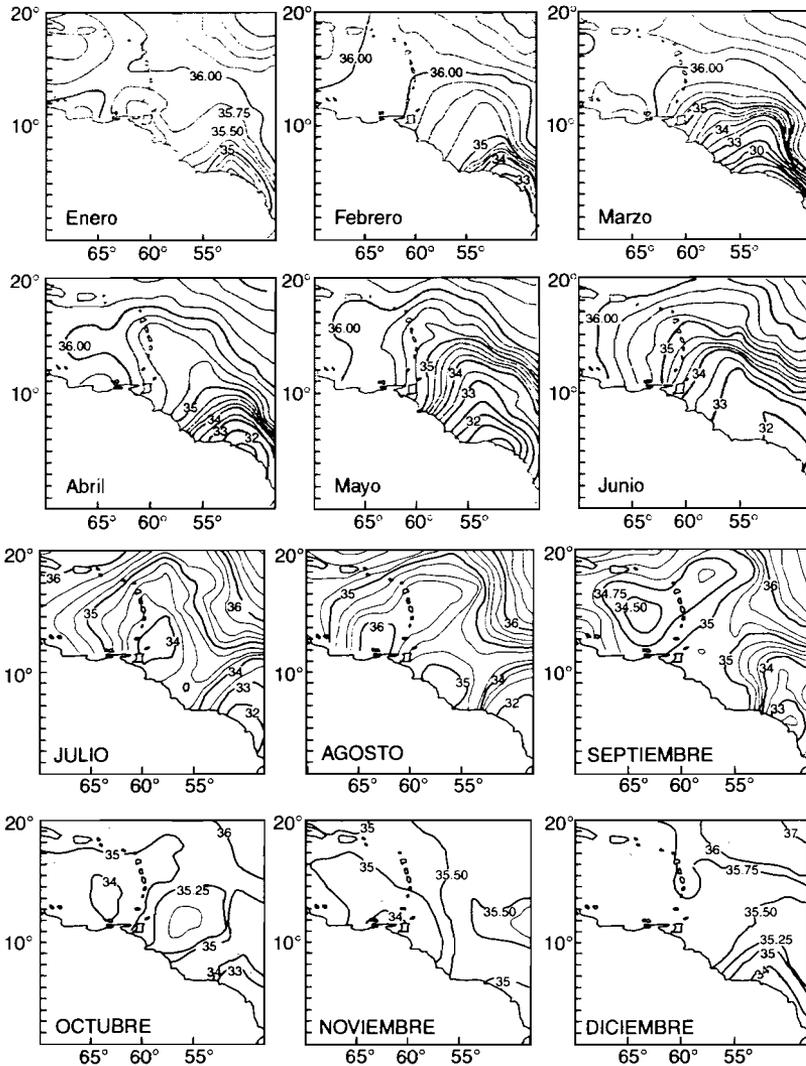
Rango de la salinidad de aguas superficiales de la región costera nororiental de Venezuela para los distintos meses del año.

Monthly surface water salinity range of the coastal northeastern Venezuelan region.

descarga fluvial del Orinoco, la cual presenta valores máximos durante el período agosto-septiembre y valores mínimos durante los meses marzo-abril, en correspondencia con el régimen estacional de lluvias. Además debe mencionarse la contribución debida a la razón de evaporación para la zona, la cual presenta sus máximos valores durante el primer trimestre del año en correspondencia a la máxima intensidad eólica en la región.

La figura 9 exhibe gráficamente la distribución espacial de SS, en términos de isolíneas, para la región de interés durante el primer y segundo semestre del año. El gradiente Este-Oeste de salinidad en el Oriente de Venezuela es obviamente influenciado por las aguas del río Orinoco, mezclada en algunos meses con las aguas del río Amazonas (Monente, 1990).

Debe advertirse, sin embargo, que cuerpos de agua cerrados ubicados en la región (como por ejemplo, el Golfo de Cariaco) podrían no sentir la influencia de la descarga del Orinoco, por lo que su régimen local de variabilidad de salinidad superficial podría ser más susceptible a las variaciones estacionales del patrón de lluvias.



▮ Figura 9

Distribución espacial de las isolíneas de salinidad superficial en la región oriental del Mar Caribe y aguas adyacentes del Atlántico Norte, según datos obtenidos por buques de oportunidad, durante el periodo 1977–1986 y suministrados por el Centro de Datos de TOGA (Brest, Francia).

Spatial distribution of surface salinity isolines in the eastern Caribbean and adjacent North Atlantic waters, according to data from ships of opportunity during the period 1977–1986 and provided by TOGA Data Center (Brest, France).

Estabilidad de la columna de agua

Cuando se expresa la estabilidad estática, E , del estrato superficial, en términos de la frecuencia de Brunt-Väisälä (N ciclos h^{-1}), utilizándose la ecuación $N = \sqrt{gE}$, se observa que, para una extensión meridional alcanzando los 12°N , los máximos valores de N para la región ($10 \leq N \leq 18$) caracterizan al sector más oriental de la Península de Paria y el norte de Trinidad, mientras que los valores mínimos ($3 \leq N \leq 5$) aparecen gradualmente hacia el oeste de estas áreas (Castañeda, 1989).

Dado que una fuerte turbulencia inducida por el viento está asociada a valores bajos de la estabilidad estática de la columna de agua, es evidente que la existencia de este gradiente zonal de E positivamente orientado hacia el Este, tal como lo muestra la figura 10, se encuentra íntimamente vinculada a la intensificación occidental del régimen local de vientos.

La variabilidad temporal de los valores de la estabilidad, E , no escapa de la señal estacional. Una combinación de intensa actividad eólica local y ausencia de aguas de baja salinidad en el estrato superficial durante el primer semestre del año arroja como resultado valores moderados de E . De manera opuesta, la baja actividad eólica y la ocurrencia de aguas de baja salinidad proporcionadas por el río Orinoco durante el segundo semestre del año, contribuye a obstaculizar el proceso de mezcla favoreciendo la ocurrencia de altos valores de E para este periodo del año.

Mecanismos de transporte

Son muy escasos los registros directos de corrientes marinas de cualquier extensión temporal recaudados en la región. La casi totalidad de la información dinámica para la zona se ha derivado mediante el análisis hidrográfico pertinente a la gran cantidad de observaciones de temperatura-salinidad obtenidas mediante cruceros oceanográficos. Esto ha posibilitado la definición de los aspectos regionales más relevantes en cuanto a la circulación se refiere, permitiendo establecer que una completa descripción de los procesos locales de transporte debe ser fundamentada sobre la estimación de dos mecanismos esenciales de flujo: transporte superfi-

cial de Ekman, controlado por el régimen local de vientos, y flujo geostrófico, asociado con gradientes de presión y la variabilidad del campo de densidad.

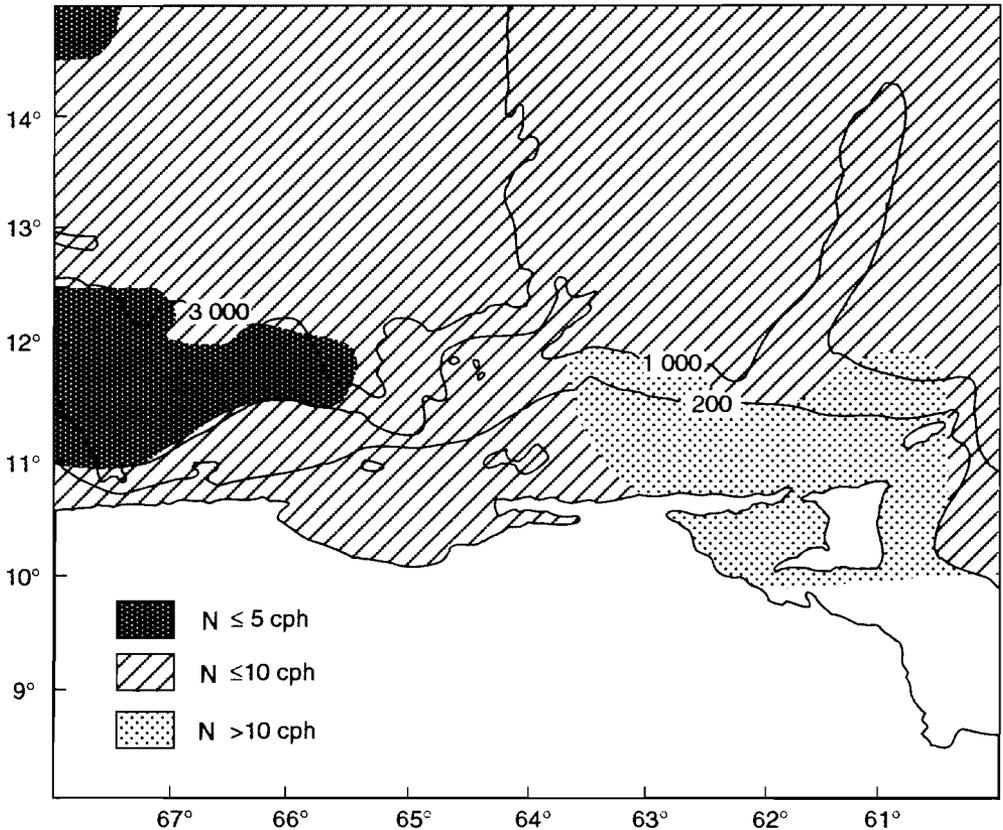


Figura 10

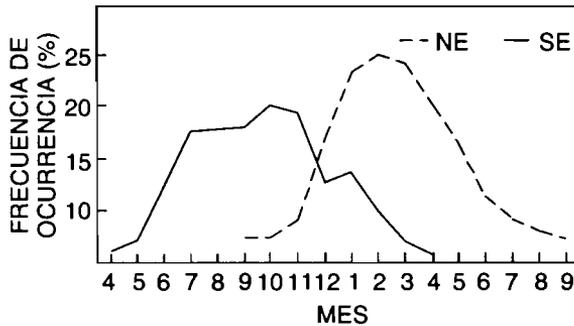
Distribución espacial del valor medio de la estabilidad estática de la columna de agua superficial, integrada desde 0 hasta 50 metros, expresada en términos de la Frecuencia de Brunt-Väisälä (ciclos h^{-1}) e isobatas de profundidad en metros (tomada de Castañeda, 1989).

Spatial distribution of surface water column static stability mean value, integrated from 0 to 50 m, expressed in terms of Brunt-Vaisala Frequency (cycles h^{-1}) and depth isolines in meters (taken from Castañeda, 1989).

Circulación inducida por el viento

La ya citada variación estacional de los vientos alisios, controla la circulación superficial de manera que el componente eólico de la corriente muestra preferencia a circular hacia bandas direccionales ubicadas en el tercer cuadrante (180° – 270°), en respuesta a la general dominancia de los vientos soplando desde el primer cuadrante (0° – 90°).

Esto es más acentuado durante el periodo diciembre-abril cuando los vientos soplan marcadamente desde las bandas Este-Noreste y Nor-Noreste, apreciándose un cierto debilitamiento de esta dominancia durante los meses comprendidos entre agosto y noviembre con una simultánea aparición de vientos soplando desde el Sureste. La figura 11 presenta el ciclo anual de la frecuencia de ocurrencia de vientos soplando desde las bandas direccionales Nor-Noreste y Sureste durante la década 1980–1989, a partir de registros obtenidos en la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Barcelona (latitud $10^{\circ}17'N$ y longitud $64^{\circ}41'O$), sobre la línea de costa bordeando el margen sur de la Cuenca de Cariaco. Esta va-

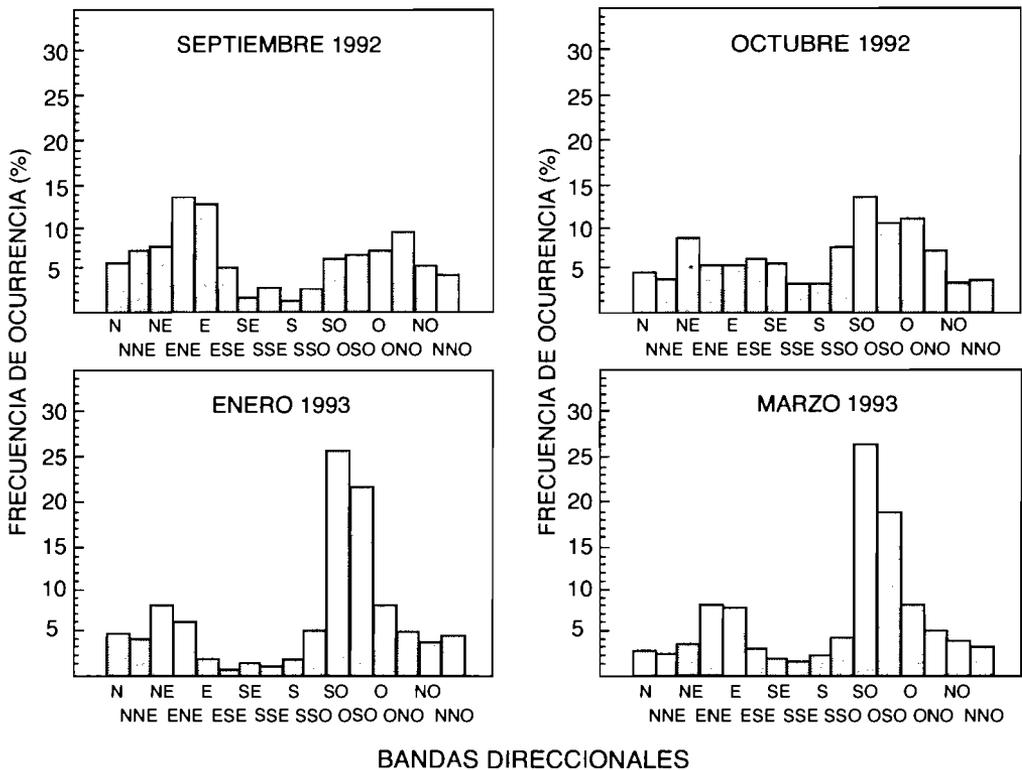


■ Figura 11

Ciclo anual de la frecuencia de ocurrencia (%) de vientos soplando desde las bandas direccionales Nor-Noreste (NNE) y Sureste (SE), recaudados en el margen sur de la Cuenca de Cariaco por la estación meteorológica de la FAV en el aeropuerto de Barcelona, durante el periodo 1980–1989.

Frequency of occurrence (%) annual cycle of winds blowing from North-Northeast (NNE) and Southeast (SE), collected at the southern boundary of the Cariaco Basin by the FAV Barcelona airport meteorological station during 1980–1989.

riabilidad direccional del campo de vientos tiene validez para todo el margen costero nororiental de Venezuela y permite establecer la premisa fundamental de que, para esta región, en cualquier histograma de frecuencias de ocurrencia de corrientes a nivel superficial, el componente eólico de la corriente ocuparía la moda primaria de la distribución, la cual estaría centrada sobre las bandas direccionales integrando el tercer cuadrante (180° – 270°).



■ Figura 12

Histogramas de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente marina recaudadas en las costas de Jose (borde sur de la Cuenca de Cariaco) por Aparicio (1994), a la profundidad de 5 m para distintos meses del año.

Frequency histograms for directions towards which the current flow is moving, on the Jose coast (Cariaco Basin southern boundary), by Aparicio (1994), at 5 m depth during different months of the year.

Evidencias experimentales de este planteamiento se consiguen al examinar los registros de corrientes obtenidos a nivel superficial, tanto en la región del norte de la Península de Paria recaudados por INTEVEP durante el lapso 1980–1981- como en aquellos conseguidos por Aparicio (1994) durante el lapso 1992–1993 a la profundidad de 5 m en las Costas de Jose (margen de la Cuenca de Cariaco). En la figura 12 pueden verse algunos de estos últimos registros notándose que, como es de esperarse, durante los primeros meses de 1993, el pico primario centrado sobre la banda Suroeste y asociado al componente eólico de la corriente, muestra mayor magnitud comparado al pico de la distribución direccional obtenida para los meses de septiembre y octubre de 1992.

Circulación geostrófica

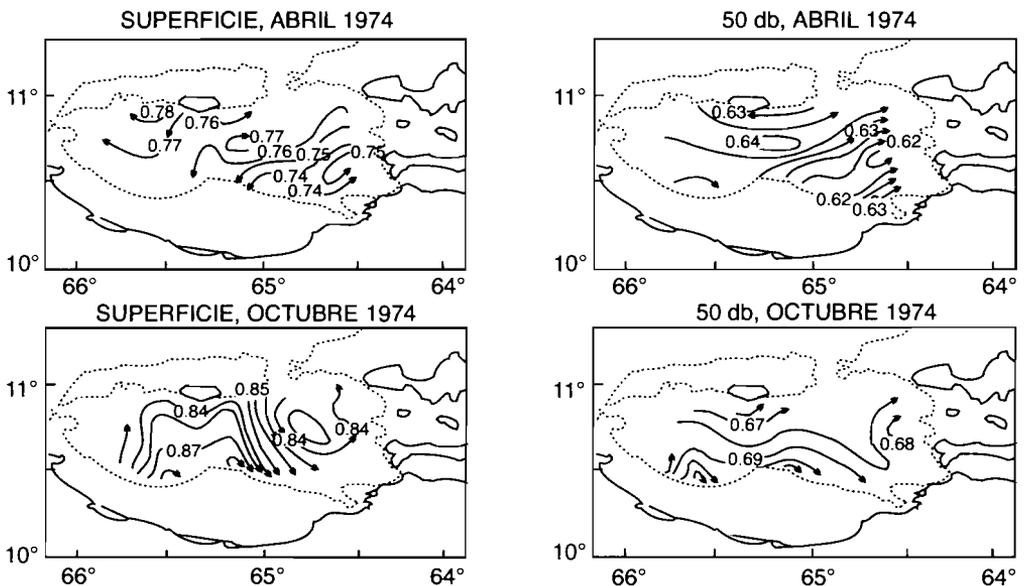
El análisis de la topografía dinámica del estrato superficial de la Fosa de Cariaco, realizado por Febres (1974) y Febres y Herrera (1975), revela una de las características más interesantes de la circulación superficial en el extremo oriental de esta cuenca, con grandes implicaciones sobre la somera plataforma continental adyacente.

Para el estrato superficial, estos autores, basados en información hidrográfica (temperatura, salinidad y corrientes), establecieron que en la región suroriental de la Cuenca de Cariaco – zona más inmediata a la Isla de Margarita y Península de Araya – la circulación geostrófica se orienta básicamente hacia el Este como consecuencia de la permanente presencia de un giro ciclónico caracterizando la topografía dinámica local. Este rasgo hidrodinámico, detectado a todos los niveles de profundidad entre 0 y 100 metros en el extremo suroriental de la Cuenca de Cariaco, puede ser atribuible, en general, a los efectos de la topografía local. Presenta además características estacionarias notablemente manifiestas durante los meses tipificando condiciones extremas en la climatología regional, como lo son abril y octubre (Fig. 13).

Los registros directos de corrientes obtenidos para nuestra zona de interés confirman inequívocamente la existencia de un componente geostrófico de la corriente fluyendo hacia el sector direccional definido por las bandas Noreste, Este-Noreste, Este y Este-Sureste. Registros automatizados obtenidos por INTEVEP al norte de la

Península de Paria durante el periodo 1979–1981 y más recientemente por Aparicio (1993) al borde sur de la Cuenca de Cariaco – Costas de Jose, Edo. Anzoategui – durante el periodo 1992 y 1993, evidencian la existencia de una señal notablemente bimodal caracterizando la distribución de frecuencia de ocurrencia de la orientación del flujo a diversas profundidades. Se puede observar claramente la dominancia de las bandas direccionales ya citadas, conformando la moda primaria en la distribución bimodal para niveles de profundidad de 12 y 20 metros para las Costas de Jose (Fig. 14) y a 50 metros para el norte de la Península de Paria (Fig. 15), en distintos meses del año.

De todo lo ya expuesto y combinando los análisis hechos sobre los componentes eólicos y geostroáficos de la circulación, un histogra-



■ Figura 13

Topografía dinámica de la Cuenca de Cariaco (en metros dinámicos) a nivel de la superficie del mar y a nivel de la superficie de 50 db, referidas a 400 db, durante los meses de abril de 1974 (parte superior, tomado de Febres, 1974) y octubre 1974 (parte inferior, tomado de Herrera y Febres, 1975).

Dynamic topography (in dynamic meters) at sea surface and 50 db surface levels, referred to 400 db, during the months of April 1974 (upper portion, from Febres, 1974) and October 1974 (lower portion, from Herrera and Febres, 1975).

ma idealizado de frecuencia para la ocurrencia de corrientes en el área costera Nororiental de Venezuela luciría como la distribución bimodal presentada en la figura 16. El pico centrado sobre la banda direccional Noreste corresponde al componente geostrófico de la corriente, mientras que el pico centrado sobre la banda direccional Suroeste está asociado al componente eólico de la misma.

Un registro real de corrientes generaría un histograma de frecuencia de direcciones que se apartaría cuantitativamente de esta concepción ideal, según varios factores a considerar, tales como: nivel de profundidad de registro, mes del año en que se realiza la observación y rasgos topográficos de la localidad. El componente tidal de la corriente -debido a la acción de las mareas locales- no ha sido incorporado a la discusión, puesto que alternativamente se suma al componente geostrófico y al componente eólico de la corriente.

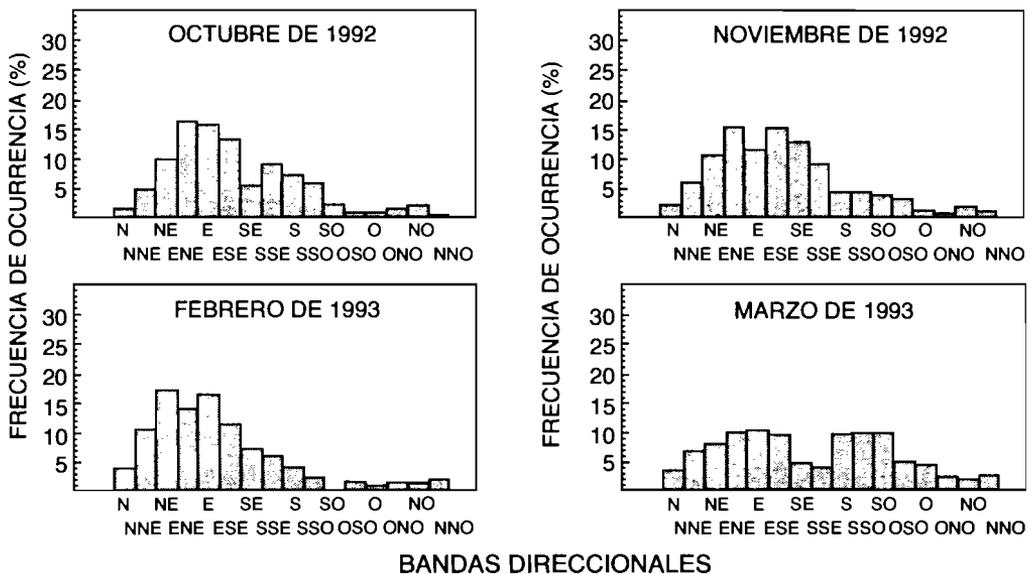


Figura 14

Histogramas de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente, recaudadas en las costas de Jose (borde sur de la Cuenca de Cariaco) por Aparicio (1994) a los niveles de profundidad de 12 m (parte superior) y 20 m (parte inferior).

Frequency histograms for directions towards which the current flow is moving, collected on the Jose Coasts (Cariaco Basin southern boundary) at the 12 m (upper figures) and 20 m (lower figures) levels.

Esto es debido a que la orientación predominante de las corrientes de mareas en la zona Nororiental de Venezuela es a lo largo del eje direccional orientado según las bandas Oeste-Noroeste y Este-Sureste, perpendicular al eje direccional a lo largo del cual se presentan las líneas cotidales (Sur-Suroeste y Nor-Noreste) de los componentes principales de las mareas para la región (Michaelov *et al.*, 1969; Kjerfve, 1981).

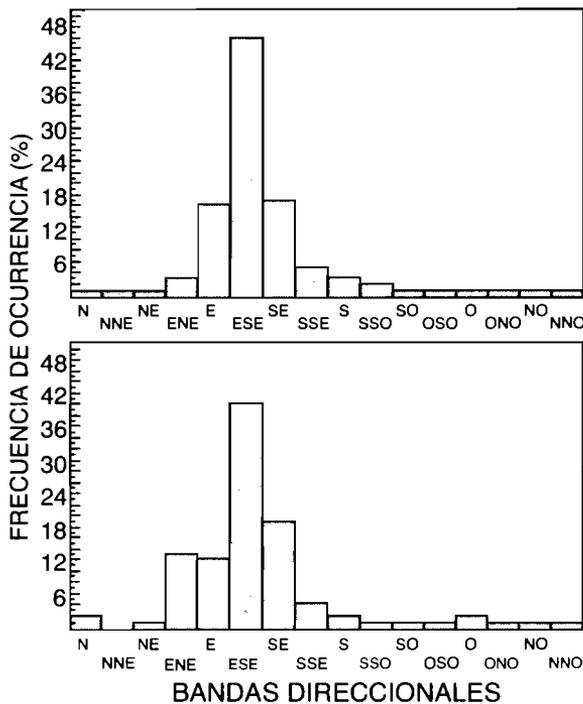
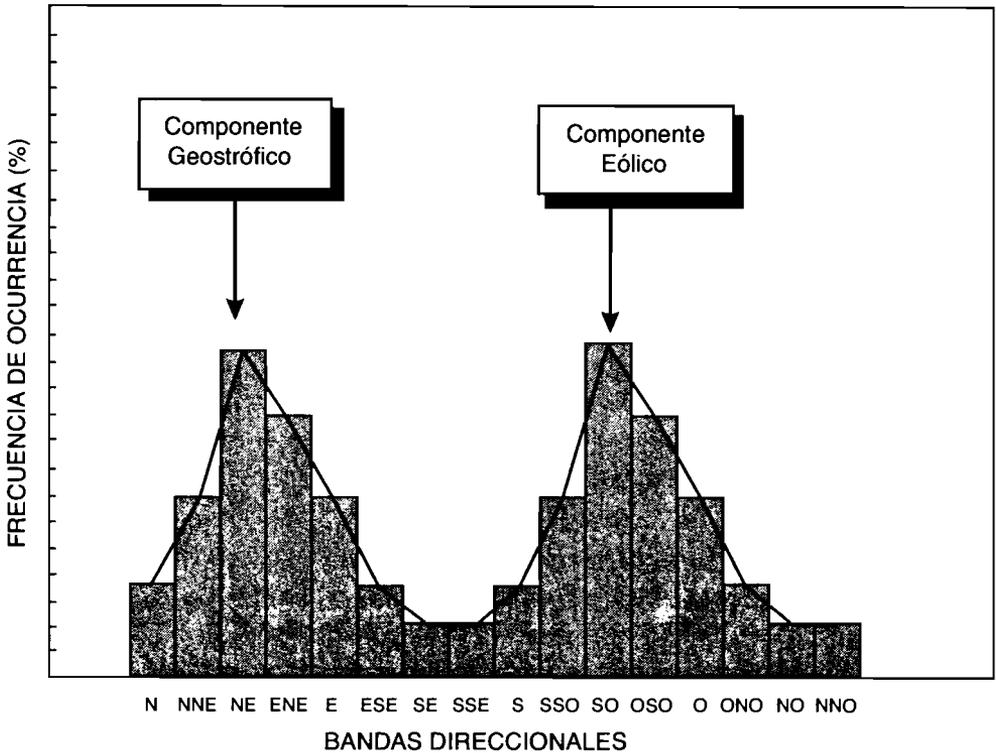


Figura 15

Histograma de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente, a nivel de 50 m, en la localidad $10^{\circ}47'N$ y $62^{\circ}15'O$ (norte de la Península de Paria). Ambos registros fueron obtenidos por INTEVEP durante el periodo 1979–1981 y son representativos del lapso diciembre-abril (parte superior) y mayo-noviembre (parte inferior).

Frequency histograms for current flow direction at 50 m, north of Paria Peninsula ($10^{\circ}47'N$ and $62^{\circ}15'W$). Both records were obtained by INTEVEP from 1979–1981 and represent the periods December–April (upper figure) and May–November (lower figure).



■ Figura 16

Hipotético histograma de frecuencia para la variabilidad direccional de las corrientes marinas en el área costera nor-oriental de Venezuela, mostrando una idealizada distribución bimodal, debido a la dominancia de los componentes eólicos y geostrofico en el patrón de circulación.

Hypothetical frequency histogram for marine current directional variability in the northeastern Venezuela coastal area, showing an idealized bimodal distribution due to the dominance of eolic and geostrophic components in the circulation pattern.

Intrusión de aguas caribeñas, atlánticas y estuarinas

Otro aspecto hidrodinámico de gran interés a la hora de analizar las variaciones ambientales en el cuerpo de agua sujeto a estudio y de gran importancia desde el punto de vista de las pesquerías, es el

concerniente a la intrusión de aguas provenientes de tres distintas fuentes – y en consecuencia de distintas naturaleza termohalina – que transitan por la zona, estando sujetas a grados variables de estacionalidad. Son ellas:

(1) Intrusión de aguas del Atlántico Tropical mediante advección zonal Este-Oeste a través de la región comprendida entre las islas de Trinidad, Tobago y Grenada.

(2) Intrusión de aguas del Mar Caribe mediante advección meridional Norte-Sur a través de la región comprendida entre la Isla La Tortuga y la Isla de Margarita.

(3) Intrusión de aguas estuarinas provenientes del Golfo de Paria (fundamentalmente descargadas por el río Orinoco) a través de la Boca de Dragones entre la Península de Paria y la Isla de Trinidad.

La intrusión de aguas del Atlántico Tropical está asociada a la circulación de la Corriente de Guyana y presenta una definida variabilidad estacional discutida por Müller-Karger *et al.* (1989). El aporte más notable se realiza durante el periodo diciembre-mayo, cuando esta corriente presenta una intensificación con un fuerte componente de aguas del río Amazonas, sumado al incremento en la intensidad de los vientos alisios provenientes del noreste.

Las aguas del Mar Caribe que entran a través de la zona comprendida entre Isla La Tortuga y la Isla de Margarita, lo hacen entre la superficie del mar y 100 metros de profundidad, y luego son transportados de Oeste a Este en la Cuenca de Cariaco. Durante el mes de abril, no se encuentran evidencias en favor de esta intrusión, mientras que para el mes de octubre es bastante apreciable.

La inyección de aguas provenientes del río Orinoco a través del estrecho de Boca de Dragones – vía Golfo de Paria – ha sido ampliamente analizada por Müller-Karger y Varela (1990) y presenta una muy definida estacionalidad: durante los meses de descarga máxima (agosto-noviembre) las aguas del río Orinoco prácticamente inundan toda la plataforma continental del Nororiente de Venezuela, viajando en sentido Noroeste hacia más altas latitudes en el Mar Caribe. En época de sequía (enero-abril) la influencia del río se limita al extremo noreste de la plataforma continental.

Zonas de afloramiento

Una pieza de información de gran importancia en la descripción de las condiciones hidrodinámicas de la región Nororiental costera de Venezuela es la relativa a la localización espacial de las zonas de afloramiento.

En este sentido, Herrera y Febres (1975), en base al modelaje de la divergencia horizontal del campo de velocidades en la superficie, usando como datos de entrada la batimetría del área (Fig. 17) y vientos soplando desde el Este con intensidades ocupando el rango $4-16 \text{ m s}^{-1}$, llaman la atención acerca de la existencia de tres definidas zonas de divergencia en la circulación superficial para la región comprendida entre las latitudes $10^{\circ}30'$ y $11^{\circ}40'N$ y longitudes $61^{\circ}30'$ y $64^{\circ}00'O$. Son ellas:

(1) Una zona de divergencia intensa, localizada a sotavento del Banco de Los Testigos la cual tipifica la ocurrencia de surgencia inducida por islas que se observa en la región.

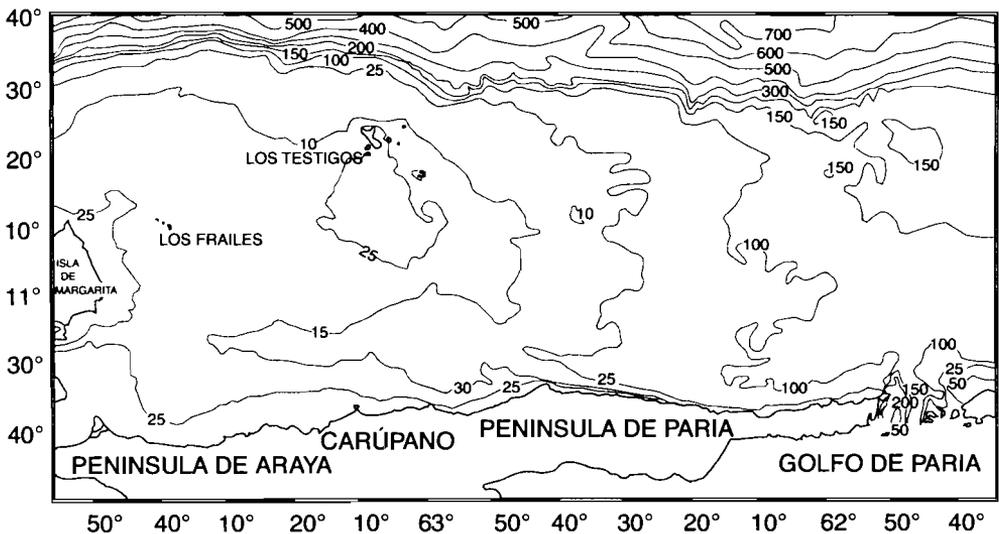


Figura 17
Rasgos batimétricos de la región de interés (tomado de Herrera y Febres, 1975).

Bathymetric features of the studied area (from Herrera and Febres, 1975).

(2) Una zona de divergencia de mayor extensión espacial al norte de Los Testigos, donde se inicia el talud continental, presentando la propiedad de incrementar su extensión zonal a medida que aumenta la intensidad de los vientos (Fig. 18c).

(3) Una zona de divergencia próxima a la costa que se orienta en forma de banda paralela a la línea de costa siguiendo el eje del valle marino de Carúpano hacia la Península de Araya, con una extensión zonal de aproximadamente 60 millas náuticas (110 km) y extensión meridional única mayor a 20 km, implicando profundidades en el rango 0–75 m.

En este aspecto vale la pena puntualizar que los rasgos locales de la topografía submarina de la plataforma continental jugarían un papel muy importante puesto que ha quedado claramente establecido que el transporte de agua superficial costa-fuera -generado por la surgencia costera de origen anemogénico- es proporcional al cambio en el flujo de Ekman a través de una distancia meridional muy aproximada a aquella dada por el Radio de Deformación de Rossby (R) para la zona. Este último parámetro se calcula mediante la expresión (Mooers y Allen, 1973):

$$R = H * N / f$$

siendo,

H : profundidad de la columna de agua,

N : valor medio de la frecuencia de Brunt-Väisälä,

f : parámetro de Coriolis

Su magnitud sirve para estimar el alcance meridional de la surgencia costera (Bakun *et al.* 1991).

Para el margen costero de Venezuela, con una orientación zonal y por lo tanto muy pequeñas variaciones de f , si asumimos pequeñas variaciones de N , tendríamos que R variaría directamente con la profundidad H . Por lo que sobre la región oriental – donde la plataforma continental es ancha y de relativamente escasa profundidad (Fig. 17) – el Radio de Deformación de Rossby tendría un valor relativamente pequeño, implicando que el proceso de surgencia costera sobre esta ancha y somera plataforma estaría confinado a una delgada franja espacial. En contraste, en la región central costera del país, donde la plataforma continental es bastante estrecha con grandes profundidades en sectores bastantes cercanos

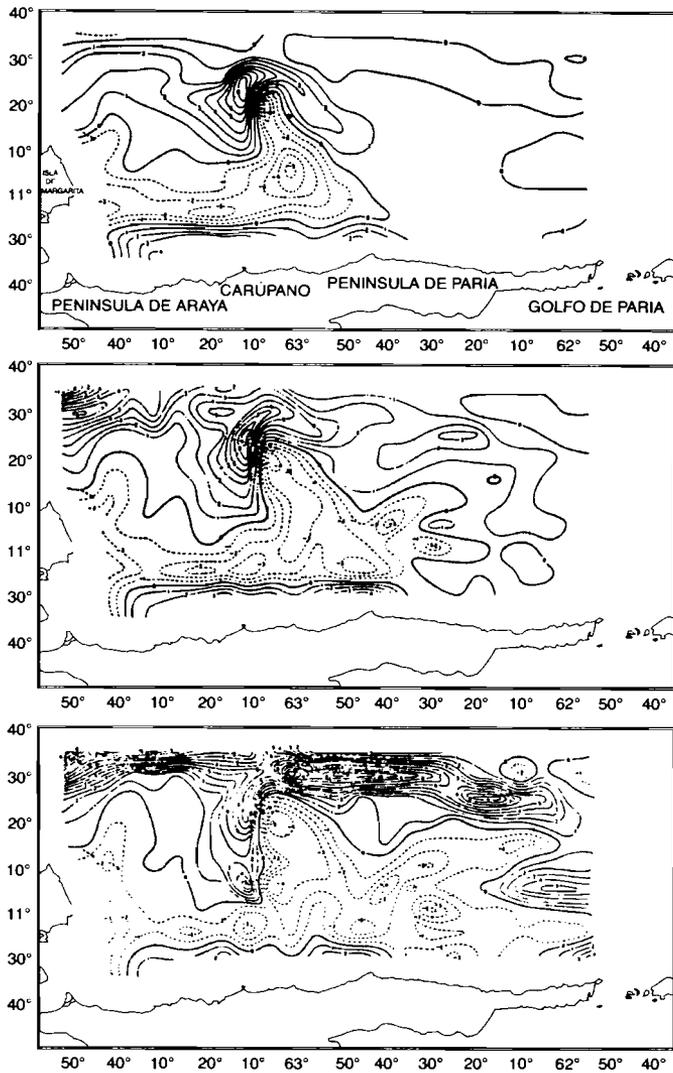


Figura 18

Modelación de las isoclinas de divergencia de la velocidad horizontal de flujo marino para la región bajo estudio, para diferentes velocidades del viento (tomado de Herrera y Febres, 1975) : a- velocidad del viento 8 m s^{-1} ; b- velocidad del viento 12 m s^{-1} ; c- velocidad del viento 16 m s^{-1} .

Modelled isolines of marine flow horizontal velocity divergence for the study area (from Herrera and Febres, 1975) : a- wind speed 8 m s^{-1} ; b- wind speed 12 m s^{-1} ; c- wind speed 16 m s^{-1} .

a la línea de costa, el Radio de Deformación de Rossby presentará valores más altos y en consecuencia las implicaciones biológicas de la surgencia costera se harían sentir sobre un área de mayor extensión meridional.

Como evidencias experimentales de este fenómeno, podría invocarse la variabilidad zonal detectada en el color de las aguas superficiales analizadas a través de imágenes vía satélite (Müller-Karger y Varela, 1990), confirmadas por mediciones *in situ* de la concentración de pigmentos superficiales a lo largo del margen costero referido -valores medios anuales en el sector oriental del país casi tres veces mayores a los del sector central- reportada por Müller-Karger y Aparicio (1994).

Esta zona de divergencia costera permanece virtualmente inalterada para vientos con intensidades entre 8 y 14 m s⁻¹ y muestra mayores intensidades en la región comprendida entre el Morro de Chacopata y Carúpano (Fig. 18a y b).

Puede notarse, en general, que la zona presenta una marcada señal estacional en toda la fenomenología concerniente a las condiciones de la atmósfera inferior y de la oceanografía del estrato superficial del mar costero, inequívocamente inducida por la migración temporal de la ZCIT, la cual se hace más fácilmente detectable al observar la evolución temporal del campo de vientos. La tabla 3 resume la influencia de la migración estacional de la ZCIT de los vientos alisios sobre los procesos físicos que condicionan los aspectos hidrodinámicos de la región del margen Sur-oriental del Mar Caribe.

PROCESOS FISICOS	PERIODOS DE CONDICIONES EXTREMAS	
	Febrero-marzo-abril	Sept-oct-nov
Condiciones de la atmósfera inferior : – intensidad eólica – precipitaciones – evaporación – temperatura	Máximo Mínimo Máximo Mínimo	Mínimo Máximo Mínimo Máximo
Condiciones del mar superficial : – temperatura – nivel relativo medio del mar – altura del oleaje – influencia del Orinoco en la salinidad – estabilidad de la columna de agua intrusión de aguas Atlánticas a través de la corriente de Guayana	Mínimo Mínimo Máximo Mínimo Mínimo Máximo	Máximo Máximo Mínimo Máximo Máximo Mínimo

▮ Tabla 3

Influencia de la migración estacional de la ZCIT sobre las condiciones climatológicas oceanográficas de la región nororiental de Venezuela.

Influence of seasonal ITCZ migration on climatological and oceanographic conditions of Northeastern Venezuela.

Algunos aspectos de la hidrodinámica regional de relevancia en el ciclo vital de *Sardinella aurita*

Considerando la estabilidad, E , como medida de la estratificación de las masas de agua, el análisis de la variabilidad espacial y temporal de este parámetro ayuda a estimar la importancia de la descarga fluvial del río Orinoco en la oceanografía costera regional. La figura 10 indica que los máximos valores de N aparecen confinados al sector más oriental de la Península de Paria y la región de Trinidad, limitado meridionalmente por los 12°N . Por otro lado, en el estrato entre 50 y 200 M (Castañeda, 1989; figura no mostrada), los valores más altos de N ($N > 8$ ciclos h^{-1}) se encuentran distribuidos a lo largo de una lengua que se extiende en dirección noroeste hasta el meridiano 65°O , partiendo desde el noreste de Trinidad. La extensión meridional de esta lengua hace pensar en una continuidad más allá de los 15°N , límite geográfico del área estudiada. A pesar de las limitaciones en la cobertura espacio-temporal, la forma y orientación de esta extensa zona de alta estabilidad sugiere que esta puede ser explicada en términos de la descarga de los grandes ríos suramericanos.

Tomando en cuenta el efecto dinámico de la rotación de la Tierra sobre la inyección estacional de grandes volúmenes de agua de baja salinidad (provenientes del Río Orinoco) a la sección Sur-oriental del Mar Caribe, a través del estrecho de Boca de Dragones entre Trinidad y la Península de Paria en Venezuela, es fácil explicar una trayectoria del flujo más superficial como la descrita en el párrafo anterior, es decir, orientada en sentido Noroeste.

Como resultado de este fenómeno emerge la existencia de una de las propiedades dinámicas fundamentales de la zona con implicaciones en las pesquerías regionales: la ocurrencia estacional de un frente halino controlado por la descarga fluvial del Río Orinoco. El contorno más occidental de este frente se localizaría alrededor de los 63°O en las cercanías del litoral y se extendería claramente

hasta el límite meridional de los 12°N siguiendo una orientación hacia el Noroeste y ocupando una zona cuya topografía revela profundidades no mayores a 200 metros (Varela *et al.*, este volumen).

Evidencias en favor de este enunciado pueden encontrarse en el análisis del color de las aguas superficiales de la región, obtenido a través de imágenes del Coastal Zone Color Scanner (CZCS) de alta resolución espacial, realizado por Müller-Karger y Varela (1990), y en el análisis de la variación del nivel medio relativo del mar a partir de registros obtenidos mediante el uso de sensores standard (mareógrafos de tambor) instalados en Carúpano (sector Nororiental, Latitud 10°40'N, Longitud 63°14'O) y La Guaira (sector central, Latitud 10°36'N, Longitud 66°59'O), dos localidades separadas 432 kilómetros a lo largo de la línea de costa de interés.

En este último aspecto, Verstraete (1988) reportó haber detectado una alta coherencia para los ciclos estacionales y el patrón de anomalías en ambas estaciones, usando registros recaudados durante el periodo 1967–1975. Por otro lado, Müller-Karger y Aparicio (1994) reportaron una significativa correlación cruzada de 0,82 para datos del nivel del mar recaudados el mismo día en ambas localidades, usando información correspondiente al periodo 1979–1981. Ambos reportes permiten establecer la similitud existente en los registros obtenidos en estas estaciones, lo que indica que la señal estacional proveniente de la descarga del Río Orinoco no alcanza a ser registrada por el sensor del nivel del mar ubicado en Carúpano y evidenciando que esta descarga concentra su acción hasta un límite espacial indudablemente localizado al Este de Carúpano.

Al examinar la información proveniente del sector pesquero, encontramos que los intentos históricos por identificar espacialmente las áreas de desove para *Sardinella aurita* en escala regional (López, 1972) conducen a establecer como zonas efectivas de desove las costas noreste y sur de la Isla de Margarita, los alrededores de la Isla de Cubagua y Coche, y la zona peninsular del estado Sucre comprendida entre los 62°40'O y 65°20'O. Áreas de menor importancia son las costas de Santa Fé, los alrededores del Archipiélago de Los Testigos y la parte norte del Golfo de Paria. Todo esto indica que las áreas significativas de desove de la sardina en la región aparecen al oeste del frente halino inducido por la inyección estacional de aguas proveniente del río Orinoco.

Además, una gran extensión de las áreas significativas de desove coincide con una de las tres áreas de divergencia del campo horizontal de velocidad superficial existente en la región: la estrecha banda costera extendiéndose hacia el oeste, paralelamente a la línea de costa a lo largo del valle marino de Carúpano (Fig. 17). La razón de esta coincidencia luce obvia por cuanto esta delgada franja costera se presenta como una zona de prolongada surgencia costera inducida por el viento.

La identificación del área noreste de la Isla de Margarita como zona de intensivo desove para la sardina está probablemente asociada a la ocurrencia de notables concentraciones de pigmentos en las aguas superficiales. Estos muestran una clara señal estacional, puesto que las concentraciones son siempre mayores durante la primera parte del año (Müller-Karger y Varela, 1990; Müller-Karger y Aparicio, 1994).

Por otro lado, se observa que el desove en el norte del área de interés no presenta una evidente dispersión hacia el oeste, por lo que deben existir ciertos mecanismos de retención que puedan explicar la permanencia de huevos y larvas en la zona. Aunque la existencia de una contracorriente -orientada hacia el Este- de origen geostrófico, claramente detectada en los primeros metros de profundidad según los registros directos de corrientes referenciados en este estudio, podrían ayudar a explicar el asunto, no debe ignorarse la posibilidad de atribuir ésto a la resuspensión de organismos del plancton. En este último sentido, existen reportes bien documentados (Smetacek, 1985; Sambrotto *et al.*, 1986) que establecen la importancia de este factor en áreas de plataforma continental ancha y somera presentando la ocurrencia del fenómeno de surgencia costera.

Referencias

- APARICIO-CASTRO, R. 1986 — *Upwelling along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea: Physical characterization, variability and regional implications*. Master Thesis. Oceanography Department. Florida Institute of Technology. USA, 183 p.
- APARICIO-CASTRO, R., 1993 — *Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951–1986*. En: Maul, G. (ed.) *Climatic Change in the Intra-Americas Sea*. Edward Arnold, Publisher, London: 100–114.
- APARICIO-CASTRO, R. 1994 — *Estudio Hidrodinámico y Meteorológico de la Costa de Jose como Apoyo al Proyecto Terminal de Embarque de Orimulsión*. Informe Técnico presentado a BITOR, PDVSA. 298 p.
- BAKUN, A., ROY, C. y CURY, Ph. 1991 — The comparative approach: latitude-dependance and effects of wind forcing on reproductive success. *Cons. Int. Expl. Mer*, C. M. 1991/H:45, Sess. V.: 12 p.
- BALDA, F. A., 1974 — Ideas sobre la paleografía y paleología del Oriente y Occidente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13 (1–2): 87–106.
- CASTAÑEDA, J., 1989 — *Distribución espacial de los valores medios de la estabilidad estática en la región Sur-oriental del Mar Caribe (1965–1975)*. Tesis de Maestría en Física. Escuela de Ciencias. UDO, Cumaná, 113 p.
- 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. y HERRERA, E., 1975 — Interpretación dinámica de algunas características oceanográficas de la Fosa de Cariaco, *Mar Caribe. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (1): 3–29.
- FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — Síntesis del grupo de trabajo sobre la biología, explotación y aspectos ambientales de la sardina *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela.
- FUKUOKA, J., 1962 — Características de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 22 (63):192–205.
- FUKUOKA, J., 1965 — Coastal upwelling near Venezuela (I). Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 4 (2): 223–233.
- FUKUOKA, J., 1966 — Coastal upwelling near Venezuela (II). Certain periodicities of hydrographic conditions. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 1 (1): 21–46.
- GADE, H. G. 1961 — On some oceanographic observations in the south-eastern 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.
- GINÉS, Hno. 1972 — *Carta pesquera de Venezuela*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Mon. 16, 328 p. + cartas.
- GORDON, A., 1967 — Circulation of

- the Caribbean Sea. *Jour. Geophys. Res.* 72 (24): 6207–6223.
- HERRERA, L. y FEBRES, G. 1975 — Kinematics of the wind-generated velocity field in the surface waters off eastern Venezuela, Caribbean Sea. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (2): 165–186.
- KJERFVE, B., 1981 — Tides of the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res.*, 86: 4243–4247.
- LJOEN, R. y HERRERA, L. 1965 — Some oceanographic conditions of the coastal waters of Eastern Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Cumaná*. 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*. Inf. Tec. No. 46, M.A.C., Caracas, 26 p.
- MICHAELOV, V. S., MELISHKO, V. P. y SHCHEVELEVA, G. I. 1969 — Estimation of the tides and tidal currents in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Trudy. Geos. Oceanogr. Inst.*, 96: 146–173.
- MOOERS, C. y ALLEN, J. S. 1973 — *Final report of the coastal upwelling ecosystems analysis summer 1973 theoretical workshop*. School of Oceanography, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 137 p.
- MÜLLER-KARGER, F. y APARICIO-CASTRO, R. 1994 — Mesoscale processes affecting phytoplankton abundance in the Southern Caribbean Sea. *Continental Shelf Research* 14 (2–3): 199–221 p.
- MÜLLER-KARGER, F., McLAIN, C. M., FISHER, T. R., ESAIAS, W. E. y VARELA R., 1989 — Pigment distribution in the Caribbean Sea: observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23: 23–64.
- MÜLLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Inlujo 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.
- MONENTE, J. A. 1990 — Influencia del río Orinoco en el Caribe: materia en suspensión. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 49–50 (131–134): 347–360.
- OKUDA, T, GAMBOA, B. y GARCÍA, A. 1969 — Seasonal variation of hidrographic conditions in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente*. 8(1–2): 21–27
- RICHARDS, F., 1960 — Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep. Sea. Res.*, 7(3): 163–182.
- SAMBROTTO, R. N., NIEBAUER, H. J., GOERING, J. J. y IVERSON, R. L. 1986 — The relationship among vertical mixing, nitrate uptake, and growth during the spring bloom on the south-east Bering Sea middle shelf. *Continental Shelf Research*, 5: 161–198.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y Frank MULLER-KARGER (este volumen) — El fitoplancton de la región nororiental de Venezuela.
- SMETACEK, V. 1985 — Role of sinking in diatom life-history cycles: Ecological, evolutionary, and geological significance. *Marine Biology*, 84: 239–251.
- VERSTRAETE, J., 1988 — Sea level variations in the Tropical Atlantic: the seasonal cycle and New Observations in 1983 and 1984 IOC. *Time series of Ocean measurements*, Volume 4: 33–47.



colloques

et

séminaires

La sardina (*Sardinella aurita*)

Su medio ambiente y explotación
en el Oriente de Venezuela

The sardine (*Sardinella aurita*)

*Its environment and exploitation
in Eastern Venezuela*

Editores científicos/Scientific editors

Pierre Fréon

Jeremy Mendoza

IRD
Editions