

Comparación de datos de vientos costeros con vientos marítimos y temperatura superficial del mar en el nororiente de Venezuela

Pierre Fréon
Ecólogo pesquero

Ludovic Ans
Estudiante

I Introducción

El sistema de vientos en la plataforma continental de Venezuela está gobernado por la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual tiene una estacionalidad bien marcada (Aparicio, este volumen). Entre noviembre y junio, la posición de la ZCIT, cerca del Ecuador, favorece el predominio de los vientos alisios de los sectores Este y Este-Noreste. Los estudios realizados en el oriente de Venezuela sobre régimen de vientos solamente usan datos de las estaciones meteorológicas costeras como fuente de datos (Trujillo, 1980; Herrera y Febres, 1975; Aparicio, 1993, entre otros). La única excepción es un estudio, a escala del mar Caribe, de concentración de pigmentos de clorofila a partir de datos de satélites en relación con datos de vientos obtenidos a partir de buques oceanográficos en 1977 (Müller-Karger *et al.*, 1989).

La representatividad de la situación del viento marítimo por medio de las estaciones costeras es siempre cuestionable, ya que diversos factores pueden sesgarla, tanto a nivel de la dirección como de la intensidad del viento (Bakun y Parrish, 1980). En el caso particular de la costa oriental de Venezuela, los cálculos de Índices de Surgencia Costera Inducida por el Viento (*ISCIV*) utilizando las estaciones meteorológicas de Cumaná, Punta de Piedras y Carúpano, no indican una coincidencia muy buena a pesar de que las distancias entre estaciones es siempre menor de 100 km (Aparicio y Contreras, este volumen). Las discrepancias provienen tanto de diferencias en términos de intensidad del viento como de su dirección. En este volumen, Fréon *et al.* comparan datos anuales y estacionales de velocidad del viento en distintas estaciones del litoral venezolano, así como en estaciones de las islas ubicadas cerca o dentro de la plataforma del país. Sólo se encontraron algunas similitudes a nivel de las tendencias a largo plazo. Estos resultados tienen dos interpretaciones posibles: o bien existe realmente una variabilidad espacial en el régimen marítimo de los vientos a mediana escala, o bien los datos costeros no son representativos de las condiciones marítimas.

Con el objetivo de responder a esta interrogante, hemos estudiado los datos marítimos de buques de oportunidad en la plataforma continental de la parte oriental de Venezuela durante los últimos decenios. Estos datos de viento y temperatura superficial del mar (*TSM*) fueron tomados por distintos buques (esencialmente mercantes) durante sus viajes, y recopilados por distintas instituciones científicas. No se conoce estudios de largo plazo de este tipo en el Oriente de Venezuela. Solo Müller-Karger y Aparicio (1994) estudiaron variaciones de *TSM* y transporte en la zona durante el periodo 1979–1982.

I Materiales y métodos

Los datos básicos de vientos de las estaciones meteorológicas costeras son idénticos a los analizados por Aparicio y Contreras, y Fréon *et al.* en este volumen, es decir: promedios mensuales de

velocidad y dirección en las estaciones de Cumaná, Punta de Piedras y El Yaque (ambas en la Isla de Margarita), Carúpano, Güiria, Tobago y Maiquetía. Todas las estaciones se ubican cerca de la costa, a una altura sobre el nivel del mar inferior a los 5 m, y la elevación del anemómetro con respecto al suelo es de 10 m. Sólo las cuatro primeras estaciones se encuentran ubicadas alrededor de la plataforma continental del área de estudio (Fig. 1). En el caso de los datos localizados en Punta de Piedras, se consiguió, para los años 1979–1980, datos horarios facilitados por la Fundación La Salle de Ciencias Naturales¹, y analizados únicamente a nivel de promedios mensuales por Campo y Velásquez (1991).

Los datos de vientos marítimos y de temperatura superficial del mar proceden de dos archivos distintos, aunque utilizan la misma información básica (información de buques mercantes de oportunidad). Por lo tanto, la localización de dichos datos depende esencialmente de las rutas marítimas comerciales, tanto nacionales como internacionales. Por un lado, fue utilizado la base de datos COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) que agrupa en cinco CD-ROMs los datos mundiales desde 1854 hasta 1990 (Slutz et al., 1985; Woodruff et al., 1987; Mendelsohn y Roy, 1996). Sólo el período entre 1950–1990 fue utilizado en este estudio. Por otro lado, a partir de la base de datos NESDIS, se construyó un archivo de datos promediados por celdas de 1°x1° usando un algoritmo que promedia los datos de 8 celdas vecinas a la celda central, por medio de una función “ spline ” (Da Silva et al., 1994). En este caso el periodo de estudio es 1955–1989.

A partir de la base de datos COADS y del soporte lógico de Mendelsohn y Roy (1996) que permite promediar los datos por celdas de dimensiones múltiplos de 1°, fueron extraídos tres archivos agrupando datos de maneras distintas en función de la latitud para la información contenida entre 62° y 65° de longitud Oeste:

-COADS-10-12 (10°–12°N; 62°–65°W)

-COADS-10-11 (10°–11°N; 62°–65°W)

-COADS-11-12 (11°–12°N; 62°–65°W)

¹Programa SIOCDE (Sistema de Información Oceanográfica de EDIMAR [Estación de Investigaciones Marinas de Margarita]) del Departamento de Oceanografía.

Como se puede apreciar en la figura 1, COADS-10-12 es la suma de los dos otros archivos, y sólo la zona de COADS-10-11 no sobrepasa los límites de la plataforma continental. Las variables

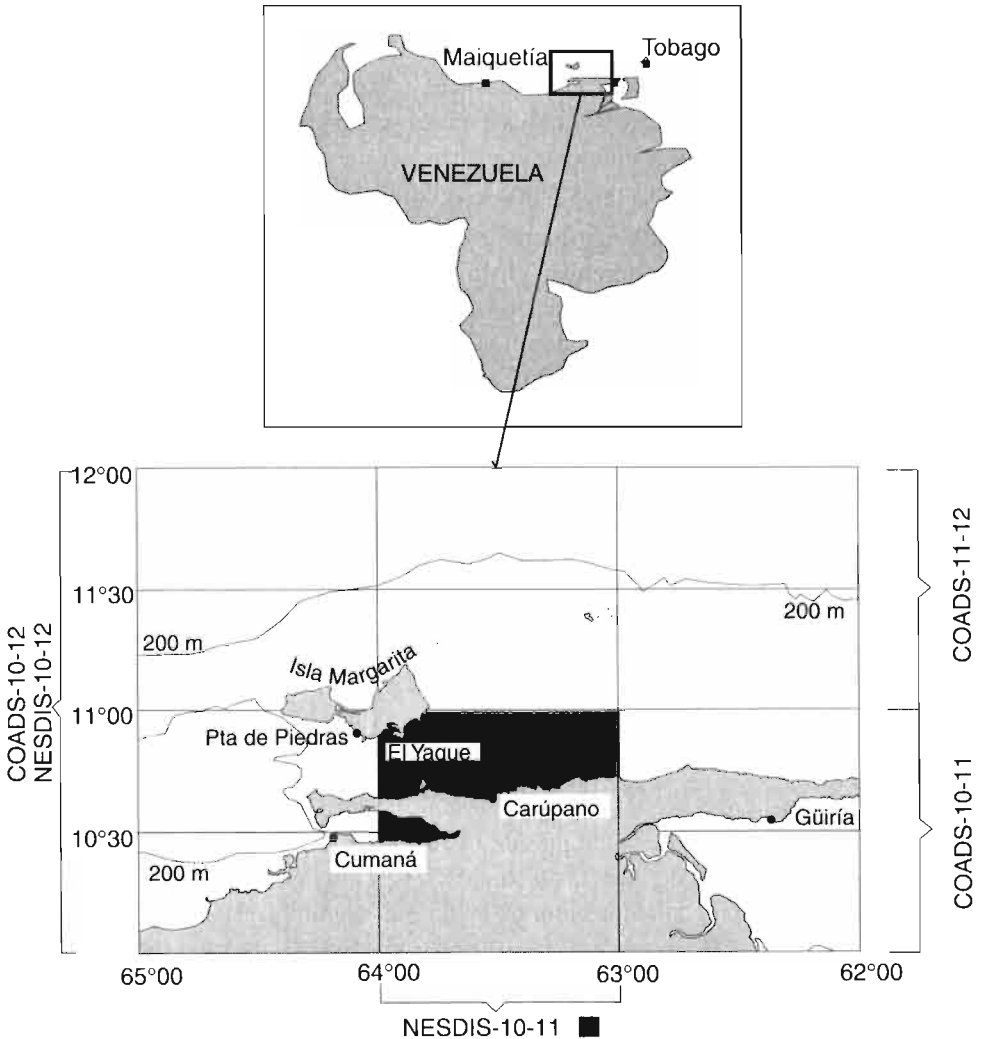


Figura 1
 Localización de las siete estaciones meteorológicas costeras (incluyendo tres estaciones lejanas) y de las zonas correspondientes a los distintos archivos de datos de oportunidad.
Location of the seven coastal meteorological stations (including three remote stations) and area corresponding to the various merchant ships data files.

disponibles en los archivos fueron: temperatura superficial del mar (*TSM*), módulo de la velocidad del viento $|V|$, pseudo tensión zonal ($P_x = V_x |V|$), tensión meridional ($P_y = V_y |V|$) y presión atmosférica. Se estudiaron únicamente las dos primeras variables y la dirección del viento (α), recalculada a partir de V_x y de V_y . Se estudió también la relación entre *TSM* y P_x , dado que en la zona de estudio la tensión zonal es directamente proporcional al transporte de Ekman (mientras la velocidad del viento no sobrepase los 11 m s^{-1}) por motivo de la orientación Este-Oeste de la línea de costa (Aparicio y Contreras, este volumen).

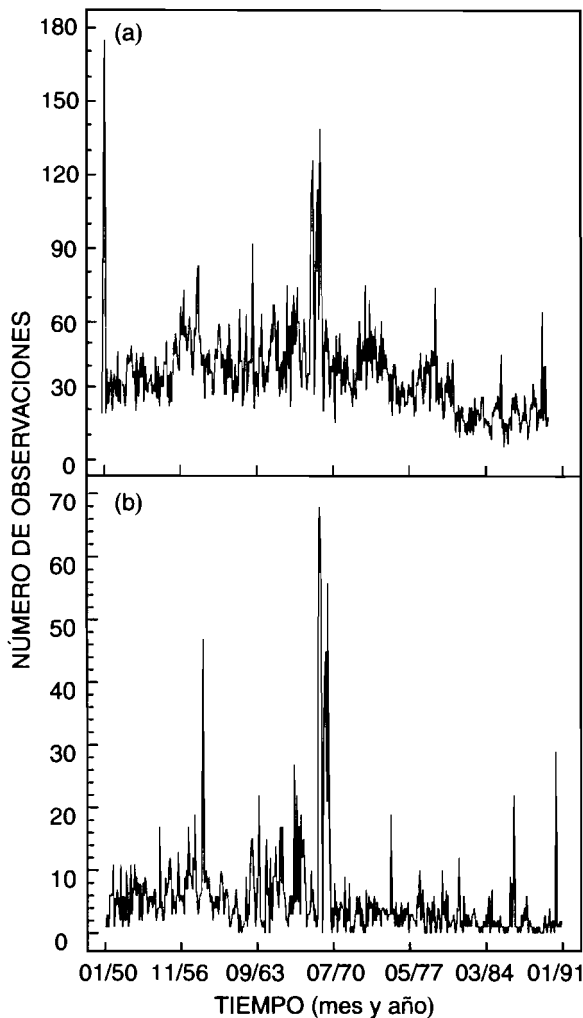
En el caso de los datos de vientos, se escogió la opción de procesar sólo las estimaciones a partir del estado de superficie del mar (escala de Beaufort) y de eliminar los datos obtenidos por anemómetros que sólo son abundantes en el último decenio. Esta opción permite eliminar los problemas de intercalibración entre los dos tipos de medición, y sobre todo evita introducir un sesgo en la tendencia de las series. Por este motivo algunos autores (Cardone *et al.*, 1990; Isemer y Hasse, 1991) suponen que parte de la tendencia general hacia el aumento de la velocidad del viento medida a bordo de buques mercantes, observada a nivel mundial, podría resultar del mayor número de observaciones obtenidas por anemómetros en años recientes.

Para eliminar los valores poco confiables se aplicó un filtro [C. Roy (com. pers.)], el cual consiste en eliminar los datos ubicados fuera del intervalo $\pm 2,8 s$, donde s , representa la desviación estándar de todos los datos disponibles dentro una celda de $2^\circ \times 2^\circ$ donde se ubica la zona escogida. Después de este filtrado, el número total de observaciones disponibles en el archivo COADS-10-12 en el período de tiempo 1950–1990 fue de 17.988 para los datos de vientos y de 15.905 para los datos de *TSM*, con promedios mensuales de 37 y 32 datos, respectivamente. El pico en el número de observaciones mensuales (hasta 175) de principios del año 1950, corresponde sin duda a una intensidad inusual de navegación, cuya razón histórica no fue investigada (Fig. 2a). En ambas series (viento y temperatura) se observa una clara tendencia decreciente en los últimos años en el número de datos, esencialmente debida al retraso en la actualización del archivo. En el sub-archivo COADS-10-11, solamente se encuentran 2.660 observaciones de temperatura y 1.786 de viento, con promedios mensuales de cinco y cuatro datos, respecti-

vamente (Fig. 2b). Por supuesto, los datos son más numerosos en el otro sub-archivo septentrional COADS-11-12 que, desafortunadamente, sobrepasa el límite de la plataforma continental.

A partir de la base de datos NESDIS nos fueron facilitados dos archivos (Servain, com. pers.):

-NESDIS-10-12 (10° – 12° N; 62° – 65° W), el cual abarca la misma zona que COADS-10-12,



■ **Figura 2**
Series temporales mensuales del número de datos de temperatura de superficie del mar en los archivos COADS-10-12 (a) y COADS-10-11 (b) (número de datos relativos al viento es en promedio 12% inferior al número de datos de temperatura).

Monthly time series of the number of available sea surface temperature data in the COADS-10-12 (a) and COADS-10-11 (b) files. (the number of wind data is on average 12% lower than the number of temperature data).

-NESDIS-10-11C (10° – 11° N; 63° – 64° W), el cual está ubicado en la zona de mayor intensidad de surgencia costera, centrada sobre la longitud de Carúpano (Herrera y Febres, 1975).

En este último caso de una zona totalmente costera, es evidente que el algoritmo de la función “ spline ” ha usado esencialmente los seis cuadrados de COADS-10-12 (Fig. 1). De este modo se considera que los datos de NESDIS-10-11C son comparables con COADS-10-12 y, hasta un cierto nivel, con los datos de COADS-10-11. No se conoce para los archivos NESDIS el número de datos disponibles, tanto a nivel de los cuadrados estudiados como de los cuadrados vecinos usados por el algoritmo. No obstante, es cierto que el número de datos en NESDIS es superior al número en COADS, ya que en el primero no se eliminaron los datos correspondiente a mediciones por anemómetro. Sólo a nivel de los datos recientes pudieran presentarse diferencias en el grado de actualización de los diferentes archivos. Las variables disponibles en estos archivos fueron: *TSM*, tensión zonal (T_x), tensión meridional (T_y) y las anomalías mensuales de estas tres variables sobre el periodo de observación. Hemos recalculado la dirección α y el módulo de la velocidad del viento ($|V|$) de la manera siguiente. En primer lugar, a partir de T_x y T_y se estimaron las componentes zonal y meridional de la pseudo-tensión del viento (P_x y P_y), considerando como constante ρ_a y C_D (Tabla 1). En segundo lugar, se estimaron las componentes zonal y meridional de la velocidad del viento (V_x y V_y), a partir de las cuales se obtuvieron $|V|$ y α , según las fórmulas indicadas en la tabla 1.

Los métodos de análisis utilizados son convencionales: análisis de series cronológicas (gráficos estacionales, modelos ARIMA, correlaciones simples y cruzadas), modelos lineales y cálculo de coeficientes de correlación de Pearson. Los modelos ARIMA y lineales se usaron para una validación empírica de los datos. Con el objetivo de poder eliminar algunos valores de promedios mensuales, se estudió la distribución de los residuos de los modelos ARIMA (1,0,0;1,0,0) o (2,0,0;1,0,0) y de modelos lineales de la forma:

$$Y_{i,j} = a_i + b_j + \varepsilon_{i,j}$$

donde a_i es un coeficiente relativo del efecto año ($i = 1950 \dots 1990$), b_j un coeficiente relativo del efecto mes ($j = 1 \dots 12$) y $\varepsilon_{i,j}$

Nombre de la variable o constante	Símbolo	Unidad	Formula en NESDIS	Modo de recálculo
Velocidad del viento (módulo)	$ V $	$m\ s^{-1}$	observación	$(V_x^2 + V_y^2)^{1/2}$
Dirección del viento	α	grados	observación	$\cot(90 - \alpha) = V_y/V_x$
Velocidad del viento (componente zonal)	V_x	$m\ s^{-1}$	$\cos(\alpha)$	$P_x / (P_x^2 + P_y^2)^{1/4}$
Velocidad del viento (componente meridional)	V_y	$m\ s^{-1}$	$\sin(\alpha)$	$P_y / (P_x^2 + P_y^2)^{1/4}$
Pseudo stress (componente zonal)	P_x	$m^2\ s^{-2}$	$V_x V $	$T_x / \rho_a C_D$
Pseudo stress (componente meridional)	P_y	$m^2\ s^{-2}$	$V_y V $	$T_y / \rho_a C_D$
Tensión zonal	T_x	$kg\ m^{-1}$	$\rho_a C_D P_x$	Data base
Tensión meridional	T_y	$kg\ m^{-1}$	$\rho_a C_D P_y$	Data base
Densidad del aire	ρ_a	$kg\ m^{-3}$	función de V	1,2*
Coefficiente de dragado	C_D	sin	0,0012	0,0012

*Considerado como constante dentro del rango de variación de V observado.

■ Tabla 1

Variables y coeficientes relativos al viento en NESDIS. La última columna indica como recalcular la dirección y el módulo de la velocidad del viento (no dado en el archivo) a partir de las tensiones zonal y meridional.

Variables and coefficients related to wind in NESDIS. The last column indicates how to compute the direction and the module of wind velocity (not given in the data set) from the zonal and meridional windstress.

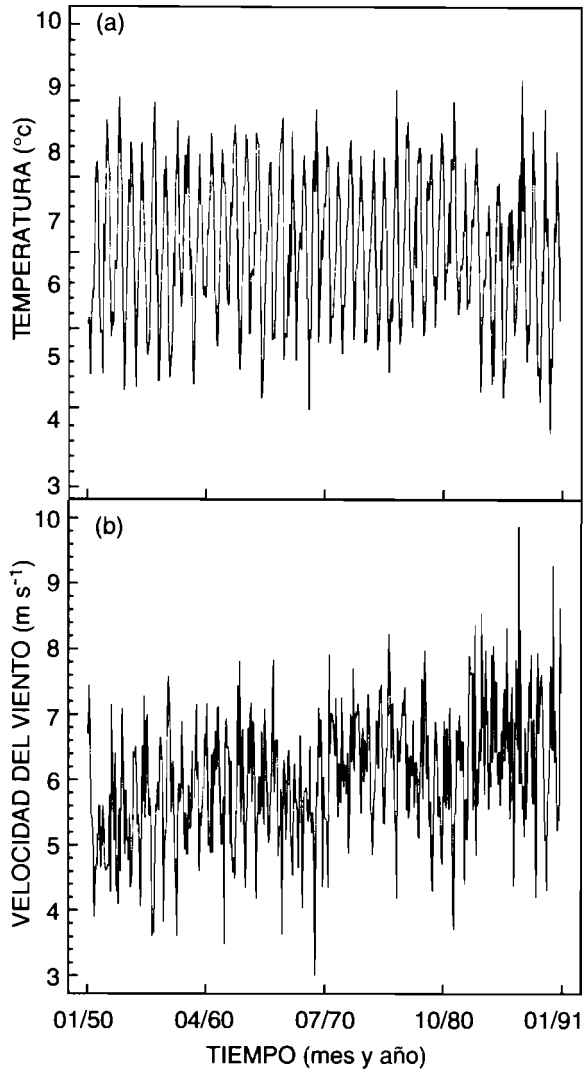
el residuo. Las correlaciones simples fueron empleadas únicamente sobre datos promediados anualmente a fin de eliminar todo riesgo de falsa correlación debida únicamente a la estacionalidad existente entre todas las series analizadas. Sin embargo, hemos estudiado correlaciones cruzadas entre *TSM* y varios índices de surgencia costera con el fin de comparar el efecto de los distintos índices sobre la *TSM*, tanto a nivel de valores relativos de los coeficientes de correlación, como a nivel de los desfases observados.

Resultados

Validación empírica de los datos marítimos

El examen visual de las series cronológicas de *TSM* del archivo COADS-10-12 sugiere un cambio en la amplitud de la estacionalidad de los datos a partir de 1980 (Fig. 3a), lo cual se puede relacionar con una disminución correspondiente en el número de observaciones mensuales. Este número se ubica en los alrededores de 20, pero puede bajar excepcionalmente hasta tres en los últimos años (Fig. 2a). No obstante, no se encontraron razones obvias para eliminar observaciones en toda la serie. La distribución de los residuos de los modelos lineales fue cercano a la normalidad y los pocos puntos ubicados fuera del intervalo de confianza de la distribución para $p < 0,05$ no correspondía a los promedios mensuales con menos de 10 observaciones. Lo mismo se observó para los modelos ARIMA, aunque estos últimos presentaron residuos más elevados que los modelos lineales correspondientes. Se puede apreciar en la figura 4a que los valores más altos de residuos (representados por las barras verticales) quedan por debajo de la señal estacional (representada por las barras horizontales).

Este proceso de validación empírica fue repetido para los datos de vientos estudiados en el archivo COADS-10-12 (velocidad y dirección) con los mismos resultados, aunque en este caso los residuos fueron mayores (Fig. 3b y 4b). Los datos del archivo COADS-11-12, tanto de vientos como de *TSM*, fueron igualmente considerados como aceptables. Por el contrario, en los datos del archivo COADS-10-11 se encontraron muchos residuos elevados, sobre todo a partir de 1978 cuando el número de observaciones mensuales fue muy bajo (Fig. 2b). Además, a partir de esta fecha, muchos meses no presentaron observaciones (el 40% para la *TSM* y el 50% para los datos de vientos). Por lo tanto, el período del estudio fue limitado entre 1950 y 1977. Los datos de los archivos NESDIS-10-12 y NESDIS-10-11C presentan residuos mínimos debido al efecto de promedio con las celdas vecinas.



■ Figura 3

Series temporales mensuales de temperatura de superficie del mar (a) y de velocidad del viento (b) en el archivo COADS-10-12

Time series of monthly sea surface temperature (a) and wind speed (b) in the COADS-10-12 file.

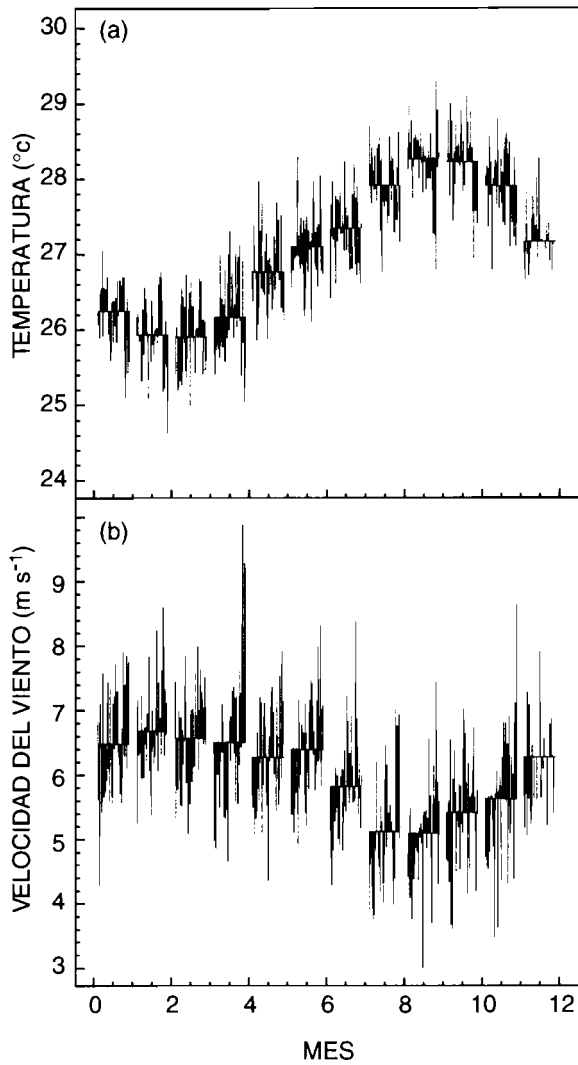


Figura 4

Estacionalidad de la temperatura de superficie del mar (a) y de la velocidad del viento (b) en el archivo COADS-10-12.

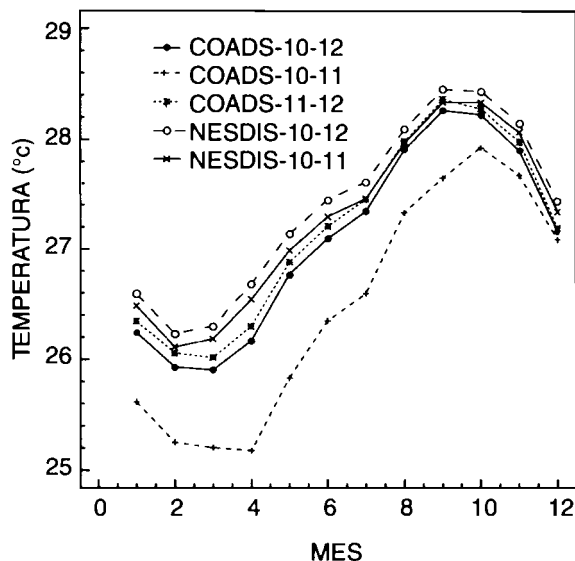
Sea surface temperature (a) and wind speed (b) seasonal pattern in the COADS-10-12 file.

Temperatura superficial del mar

La señal estacional promedio (1950–1990) de TSM obtenida a partir del archivo COADS-10-12 quedó claramente marcada y correspondió a los conocimientos establecidos en la zona desde hace muchos años, tanto a partir de datos de buques oceanográficos como de datos costeros (síntesis en Aparicio, este volumen). El ciclo promedio presentó una gran regularidad, con valores mínimos en febrero-marzo ($< 26^{\circ}\text{C}$) y valores máximos en septiembre-octubre ($> 28^{\circ}\text{C}$). No obstante, la amplitud de la variación es menor que en el caso de datos costeros, probablemente por el hecho de incluir datos exteriores a la plataforma continental (zona oceánica y quizás Golfo de Paria). Los ciclos estacionales de todos los archivos procedentes de buques mercantes son muy parecidos entre sí, a la excepción notable del archivo COADS-10-11 que siempre presenta valores promedios inferiores a los demás, especialmente en los cinco primeros meses del año donde la diferencia es del orden de un grado centígrado (Fig. 5). El hecho de haber eliminado los diez últimos años de la serie del archivo COADS-10-11 no puede sesgar mucho esta diferencia dado que las series no tienen tendencias interanuales definidas, y que la leve tendencia que existe es a favor de un sesgo que incrementaría aun más la diferen-

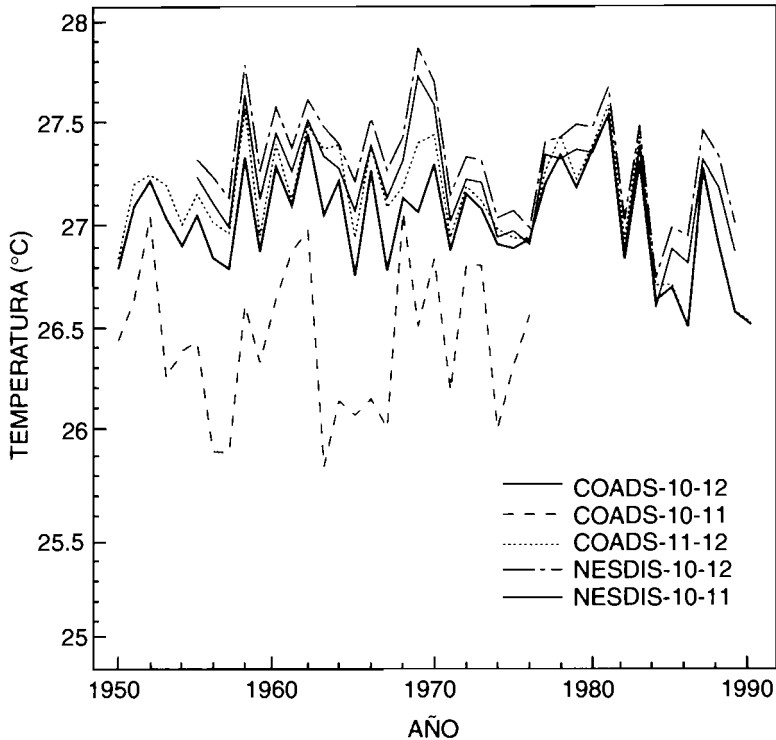
Figura 5
Comparación de la estacionalidad de la temperatura de superficie del mar calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

Comparison of the seasonal patterns of sea surface temperature calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).



cia observada (Fig. 6). Este resultado se debe interpretar como la consecuencia de localizar la surgencia costera, como responsable de un gradiente positivo sur-norte en las *TSM*.

La variabilidad de los promedios anuales de *TSM* es relativamente marcada, con variaciones máximas del orden de $1,5^{\circ}\text{C}$ entre dos años consecutivos, en particular cerca de los máximos locales (1958, 1969, 1981, 1983 y 1987). Los cinco archivos estudiados presentaron una fuerte coherencia temporal de la variabilidad relativa anual, aunque menos marcada para el archivo COADS-10-11, probablemente debido al bajo número de datos disponibles. Este último archivo confirma la persistencia a lo largo de los años de



■ Figura 6

Comparación de las series temporales de temperaturas promedio anuales de superficie del mar calculadas a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

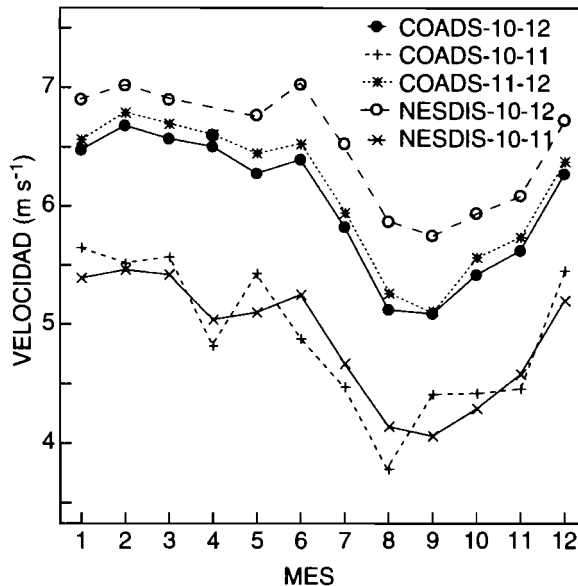
Comparison of the yearly time series of sea surface temperature calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).

temperaturas más frías en la parte más costera de la plataforma continental (Fig. 6). No obstante, la existencia de una segunda célula de convección en la parte externa de la plataforma continental sugerida por Jacques y Tréguer (1986) en el caso de plataformas anchas, no puede ser descartada definitivamente, dado el bajo nivel de resolución espacial de los datos marítimos estudiados en este trabajo.

Datos de vientos marítimos

La señal estacional promedio (1950–1990) de velocidad del viento obtenida a partir del archivo COADS-10-12 presenta un máximo estable entre diciembre y junio, con valores cercanos a $6,5 \text{ m s}^{-1}$, mientras que el resto del año se observan valores más variables, bajando hasta $5,1 \text{ m s}^{-1}$ (Fig. 7). A partir del archivo COADS-11-12 se obtiene un patrón estacional muy similar, mientras que con el archivo COADS-10-11 (1950–1980) se obtienen valores inferiores en más de 1 m s^{-1} . El archivo NESDIS-10-12 procura una señal superior a la obtenida en el archivo COADS-10-12, sobre todo

Figura 7
Comparación de la estacionalidad de la velocidad del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).
Comparison of the seasonal wind speed patterns calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).



durante el primer semestre donde esta diferencia sobrepase $0,5 \text{ m s}^{-1}$; mientras que los datos del archivo NESDIS-10-11C se parecen más a los datos de COADS-10-11. La mayor diferencia a nivel de la variabilidad inter-mensual se encontró a nivel del primer semestre donde el valor del mínimo local se observa en abril en los datos COADS-10-11 y NESDIS (10-11 y 10-12), mientras que en los otros dos archivos este mínimo local se observa en mayo.

Las series de promedios anuales de todos los archivos relativos a la velocidad del viento se caracterizaron por (Fig. 8):

- una coherencia global aceptable a pesar de las variaciones locales, en particular para el archivo COADS-10-11;
- una tendencia significativa al aumento (pendiente > 0 ; $p < 0,01$ en todos los archivos);
- un nivel de autocorrelación relativamente alto (ejemplo del archivo COADS-10-12: $r = 0,72$ ($p < 0,001$) con retraso de un año y $r = 0,48$ ($p < 0,001$) con retraso de dos años;
- una variabilidad a corto plazo (2–3 años) que puede alcanzar 1 m s^{-1} , en particular después de los mínimos locales (1955, 1969 y 1981);
- y por supuesto, diferencias de valores promedios entre los distintos archivos como ya se mencionó para la figura 7: los promedios

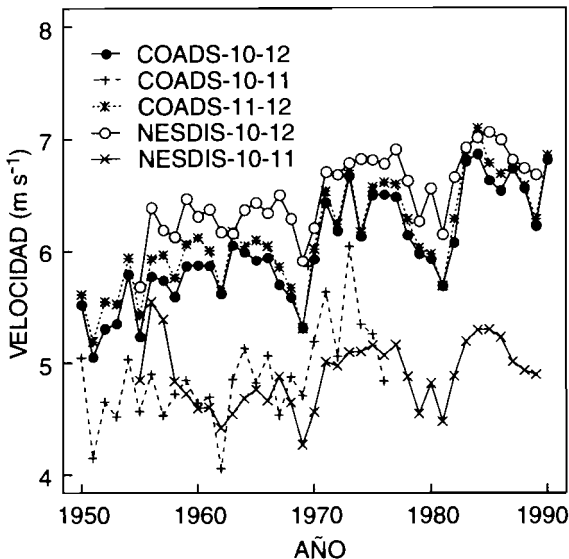


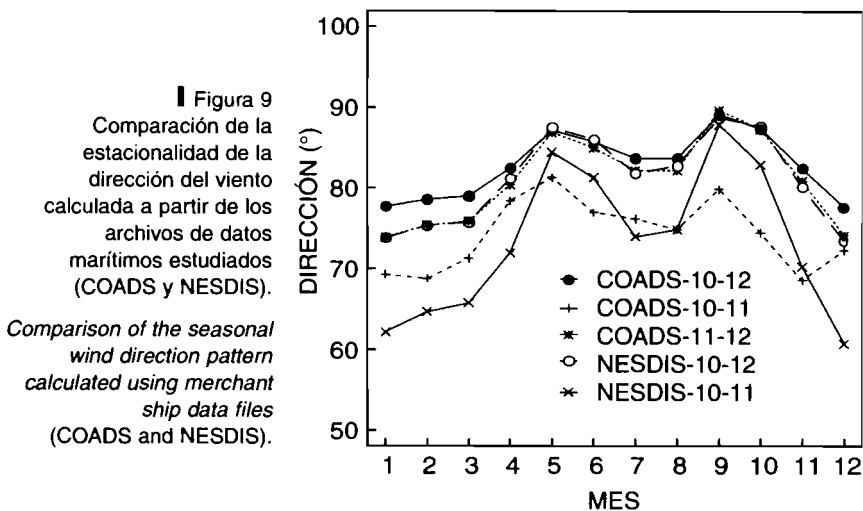
Figura 8
Comparación de las series temporales de velocidad promedio anual del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

Comparison of the yearly wind speed times series calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).

anuales en las zonas más costeras (archivos COADS-10-11 y NESDIS-10-11C) fueron siempre inferiores a los promedios anuales en las zonas norte o total. Este resultado refleja una realidad bien conocida sobre la influencia del gradiente meridional de los vientos alisios en estas latitudes (Wooster y Reid, 1963). El hecho de observar valores más altos en el archivo NESDIS-10-12 refleja más bien el efecto del promedio con celdas exteriores a la zona de estudio, especialmente al Norte.

El promedio mensual de la dirección del viento en los distintos archivos marítimos estudiados no revela variaciones de gran amplitud. El 98% de los valores de α se ubican entre 65° y 95° en el archivo COADS-10-12 y entre 60° y 100° en el archivo NESDIS-10-12 (direcciones Noreste-Este y Este). La señal estacional promedio es poco marcada ($60^\circ - 90^\circ$; Fig. 9), aunque significativa en el modelo lineal y se conforma con las observaciones de otros autores (Herrera y Febres, 1975; Müller-Karger *et al.*, 1989). Los cinco archivos estudiados presentan patrones estacionales muy similares. Sin embargo, los archivos de datos más costeros (NESDIS-10-11C y, en menor grado, COADS-10-11) presentan direcciones un poco más variables y levemente más norteñas (10° de diferencia) que los demás archivos.

La variabilidad de los promedios anuales de α en los cinco archivos



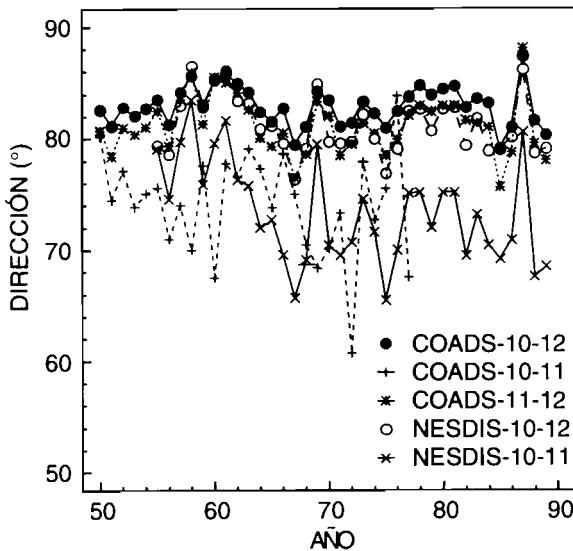


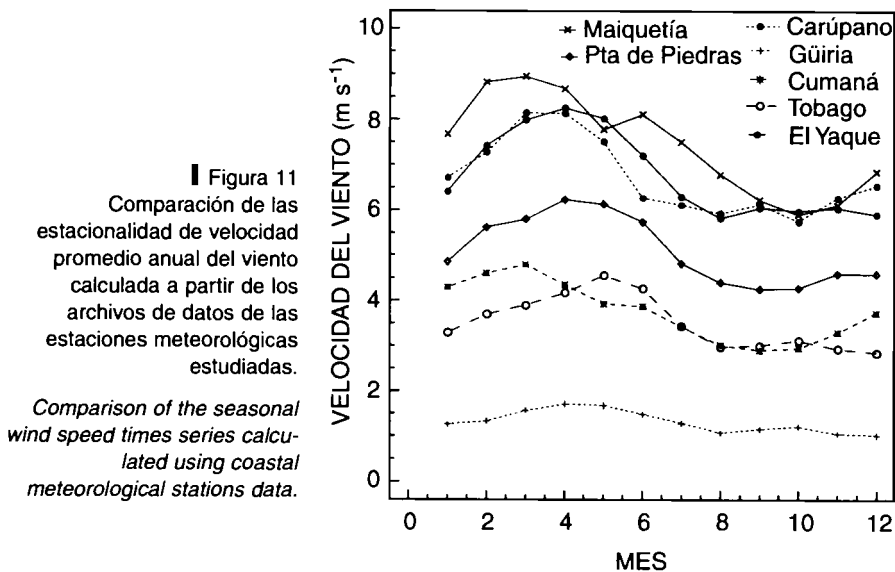
Figura 10
Comparación de la estacionalidad de la dirección del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

Comparison of the seasonal wind direction patterns calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).

marítimos son bastante similares entre sí, a pesar de las diferencias de los valores promedios anteriormente mencionada (Fig. 10). Sólo el archivo COADS-10-11 presenta variaciones distintas a los demás archivos. Las amplitudes de los cambios interanuales de α son solamente de 5–10°, aunque significativas y autocorrelacionadas. El valor máximo fue observado en el año 1987 (cerca de 88° para los archivos COADS-10-12 y NESDIS-10-12) mientras que el valor mínimo fue observado en el año 1972 en el archivo COADS-10-11.

Comparación entre datos de vientos costeros y marítimos

Al igual que los datos marítimos de barcos mercantes, la velocidad mensual promedio del viento en las estaciones costeras también presentaron una marcada estacionalidad, a pesar de tener intensidades promedios muy variables según la localización (Fig. 11). Estas variaciones de intensidad no se pueden explicar por el efecto de la latitud de las estaciones, sino más bien por influencias locales (relieves, vegetación, etc.) que explicarían, por ejemplo, la gran



diferencia entre dos estaciones cercanas (15 km) como Punta de Piedras y El Yaque. A la excepción de la estación de Tobago, cuyo ciclo estacional culmina en mayo, y secundariamente Güiría, el patrón general es globalmente parecido a los datos marítimos con dos estaciones bien marcadas. No obstante, un examen más detallado indica que la duración de la estación de vientos alisios fuertes es más larga en el caso de los datos marítimos (diciembre a junio) que en el caso de los datos costeros (febrero a mayo o junio). Además, en la mayoría de las estaciones costeras se observa una forma de señal estacional de tipo “sinusoidal”, que contrasta con la relativa estabilidad de los valores de velocidad del viento en los archivos COADS-11-12 y COADS-10-12 entre diciembre y junio (comparar figura 7 y figura 9). El mínimo local, encontrado en abril en los archivos NESDIS-10-11C y NESDIS-10-12, no tiene equivalente en los archivos costeros. Sólo se puede especular que este mínimo local podría resultar de una diferencia entre la variabilidad estacional del número de datos disponibles en las distintas celdas utilizadas por el algoritmo de la función “ spline ”.

Las series de valores promedios anuales de velocidad del viento en las estaciones costeras (número de años variable según las estaciones; figura. 12) no coinciden entre si, tanto en términos de

promedio general como de tendencia o de variaciones locales. Se debe subrayar particularmente la oposición entre la tendencia obviamente creciente de los datos de buques mercantes y la tendencia obviamente decreciente (Maiquetía), o levemente decreciente (Cumaná), o casi estable (El Yaque, Punta de Piedras) de las estaciones costeras. Sobretudo el comportamiento de la serie de Carúpano se distingue de las demás y presenta un cambio tan abrupto en la velocidad (5 m s^{-1} entre 1981 y 1983), que *a priori* no se puede confiar en la representatividad de estos datos. La matriz de coeficientes de correlación entre todas las series de velocidad disponibles (Tabla 2) no indica relación entre los datos de Carúpano y los datos de las otras estaciones costeras. Sólo aparecen relaciones entre Punta de Piedras y Cumaná ($p < 0,01$) y entre Punta de Piedras y El Yaque ($p < 0,05$) Las series de valores promedios durante los dos meses de intensidad máxima de los alisios (marzo y abril) tampoco presentan patrones más coherentes entre Carúpano y la demás estaciones costeras (Fréon *et al.*, este volumen). Al contrario, los patrones de variabilidad interanual en los archivos marítimos presentan correlaciones significativas entre si ($p < 0,01$). A nivel de las relaciones entre los datos marítimos y

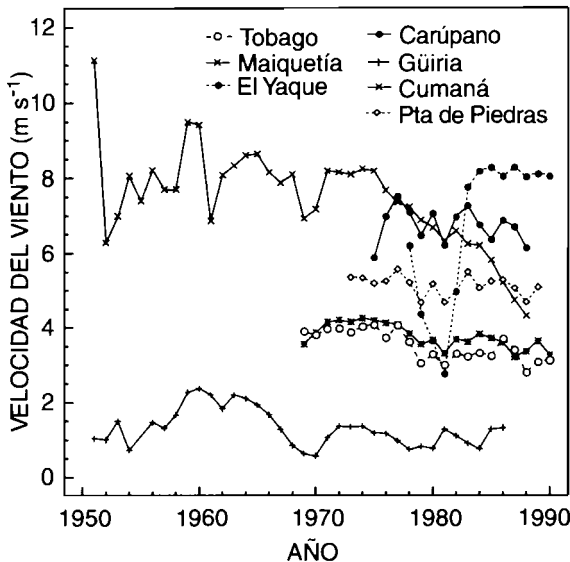


Figura 12
Comparación de las series temporales de velocidad anual del viento calculada a partir de los datos de los archivos de las estaciones meteorológicas estudiadas.

Comparison of the yearly wind speed time series calculated using coastal meteorological stations data.

	Velocidad COADS- 10-12	Velocidad COADS- 10-11	Velocidad COADS- 11-12	Velocidad NESDIS- 10-12	Velocidad NESDIS- 10-11	Velocidad El Yaque	Velocidad Pta de Piedras
Velocidad COADS-10-12	1,0000 (41)	***	***	***	***	-	-
Velocidad COADS-10-11	0,7506 (27) 0,0000	1,0000 (27)	***	**	**	?	-
Velocidad COADS-11-12	0,9892 (41) 0,0000	0,7183 (27) 0,0000	1,0000 (41)	***	***	-	-
Velocidad NESDIS-10-12	0,9121 (35) 0,0000	0,6133 (22) 0,0024	0,9092 (35) 0,0000	1,0000 (35)	***	-	**
Velocidad NESDIS-10-11	0,9287 (35) 0,0000	0,6372 (22) 0,0014	0,9271 (35) 0,0000	0,9906 (35) 0,0000	1,0000 (35)	-	***
Velocidad El Yaque	0,0985 (14) 0,7376	- (2) -	0,1562 (14) 0,5938	0,2351 (14) 0,4186	0,2967 (14) 0,3029	1,0000 (14)	*
Velocidad Pta de Piedras	0,4555 (17) 0,0661	0,6323 (4) 0,3677	0,4679 (17) 0,0582	0,6641 (17) 0,0036	0,7307 (17) 0,0009	0,6604 (14) 0,0102	1,0000 (17)
Velocidad Carúpano	0,9010 (13) 0,0000	? (0)	0,8881 (13) 0,0001	0,8750 (12) 0,0002	0,8515 (12) 0,0004	0,0444 (11) 0,8970	0,4539 (12) 0,1383
Velocidad Cumaná	0,0508 (22) 0,8223	0,5029 (8) 0,2040	0,0887 (22) 0,6947	0,2763 (21) 0,2253	0,3213 (21) 0,1555	0,2415 (14) 0,4055	0,6403 (17) 0,0056
Temperatura COADS-10-12	-0,3051 (41) 0,0525	-0,1969 (27) 0,3250	-0,3527 (41) 0,0237	-0,4241 (35) 0,0111	-0,3858 (35) 0,0221	0,1922 (14) 0,5105	-0,0798 (17) 0,7607
Temperatura COADS-10-11	-0,1576 (27) 0,4323	-0,1040 (27) 0,6057	-0,1902 (27) 0,3420	-0,0842 (22) 0,7096	-0,0733 (22) 0,7457	? (2)	0,0999 (4) 0,9001
Temperatura COADS-11-12	-0,4222 (41) 0,0060	-0,2869 (27) 0,1468	-0,4599 (41) 0,0025	-0,5778 (35) 0,0003	-0,5295 (35) 0,0011	0,2282 (14) 0,4326	-0,0477 (17) 0,8557
Temperatura NESDIS-10-12	-0,5310 (35) 0,0010	-0,2896 (22) 0,1911	-0,5949 (35) 0,0002	-0,6649 (35) 0,0000	-0,6360 (35) 0,0000	0,0735 (14) 0,8029	-0,2065 (17) 0,4265
Temperatura NESDIS-10-11	-0,5184 (35) 0,0014	-0,2882 (22) 0,1934	-0,5846 (35) 0,0002	-0,6489 (35) 0,0000	-0,6163 (35) 0,0001	0,1095 (14) 0,7094	-0,1310 (17) 0,6162

*** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ? menos de tres observaciones disponibles.

Tabla 2

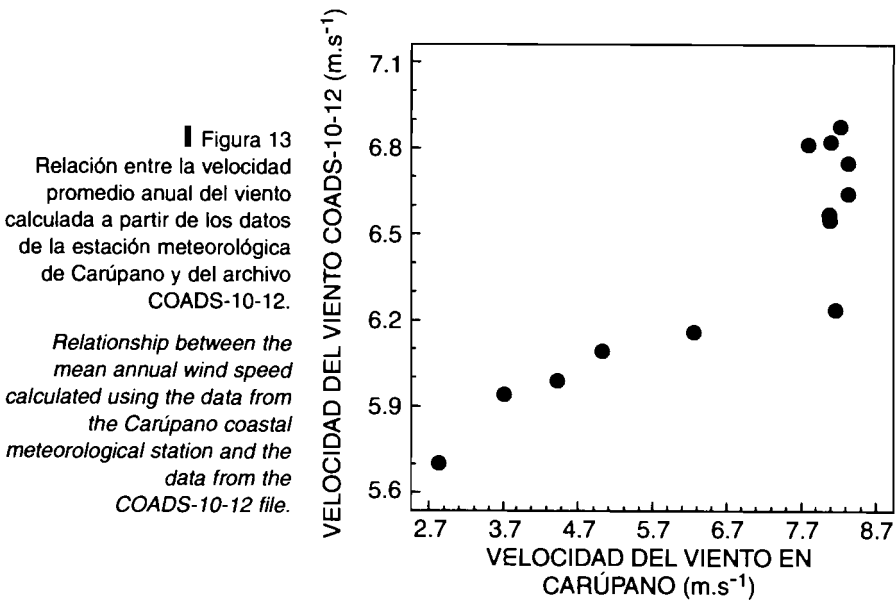
Matriz de correlación entre las distintas series de datos anuales de velocidad del viento y de la temperatura de superficie del mar (COADS, NESDIS y estaciones meteorológicas costeras).

Cifra superior: coeficiente de correlación; cifra intermedia entre paréntesis: número de observaciones; cifra inferior: probabilidad P.

	Velocidad Carúpano	Velocidad Cumaná	Temperatura COADS- 10-12	Temperatura COADS- 10-11	Temperatura COADS- 11-12	Temperatura NESDIS- 10-12	Temperatura NESDIS- 10-11
Velocidad COADS-10-12	***	-	-	-	**	***	**
Velocidad COADS-10-11	?	-	-	-	-	-	-
Velocidad COADS-11-12	***	-	*	-	**	***	***
Velocidad NESDIS-10-12	***	-	*	-	***	***	***
Velocidad NESDIS-10-11	***	-	*	-	**	***	***
Velocidad El Yaque	-	-	-	?	-	-	-
Velocidad Pta de Piedras	-	**	-	-	-	-	-
Velocidad Carúpano	1,0000 (13)	-	*	?	*	-	-
Velocidad Cumaná	-0,0071 (13) 0,9817	1,0000 (22)	-	-	-	-	-
Temperatura COADS-10-12	-0,6479 (13) 0,0166	-0,0217 (22) 0,9236	1,0000 (41)	***	***	***	***
Temperatura COADS-10-11	? (0)	-0,2755 (8) 0,5090	0,6206 (27) 0,0006	1,0000 (27)	-	-	*
Temperatura COADS-11-12	-0,6536 (13) 0,0154	-0,0032 (22) 0,9889	0,9489 (41) 0,0000	0,3388 (27) 0,0839	1,0000 (41)	***	***
Temperatura NESDIS-10-12	-0,5738 (12) 0,0511	-0,3521 (21) .1175	0,8279 (35) 0,0000	0,4148 (22) 0,0549	0,8994 (35) 0,0000	1,0000 (35)	***
Temperatura NESDIS-10-11	-0,5565 (12) 0,0602	-2,965 (21) 0,1918	0,8482 (35) 0,0000	0,4612 (22) 0,0307	0,9094 (35) 0,0000	0,9962 (35) 0,000	1,000 (35)

*** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ? less than three observations.

Correlation matrix between the different series of annual wind and sea surface temperature data (COADS, NESDIS and coastal meteorological stations. Upper number: correlation coefficient; middle number in brackets: number of observations; lower number: probability P.



datos de estaciones costeras, sólo se encuentran correlaciones significativas ($p < 0,05$), por un lado, entre los datos de la estación de Punta de Piedras y los dos archivos marítimos NESDIS y, por otro lado, de manera inesperada, entre los datos de la estación de Carúpano y todos los archivos marítimos (salvo COADS-10-11 que no tiene período de solapamiento con Carúpano). Como en cada uno de los casos las correlaciones fueron aplicadas sobre un limitado número de observaciones (17 para Punta de Piedras y 12 para Carúpano), se ha comprobado por un estudio de los residuos y de gráficos bivariados que estos resultados no son artefactos. De hecho, se observó que los ocho últimos valores elevados de la serie de Carúpano (1983–1990) se agrupan con los datos marítimos (Fig. 13) y estructuran fuertemente la relación. La coincidencia del aumento de velocidad del viento en ambas series a partir de 1981 podría dar más crédito a los valores extrañamente altos de Carúpano en los últimos nueve años de observación. No obstante, a escala mensual, se observa que el aumento en ambas series no coincide exactamente, siendo el de Carúpano más precoz y brutal que el aumento en las series de NESDIS-10-11C (Fig. 14). En consecuencia, se piensa que no se puede utilizar la serie de datos de

Carúpano mientras no se encuentre una explicación obvia del cambio ocurrido en 1982.

De manera general, la comparación entre los archivos marítimos y costeros indica una cierta similitud entre las direcciones promedios del viento, pero pocas coincidencias en los rangos de variación de estas direcciones. Por ejemplo, los promedios mensuales de α varían entre 85° y 90° en El Yaque y Punta de Piedras, entre 75° y 135° en Cumaná y entre 50° y 70° en Carúpano (Campo y Velásquez, 1991; Aparicio y Contreras, este volumen), lo cual no coincide con las observaciones marítimas (Fig. 9). Esta diferencia se debe atribuir parcialmente al hecho de expresar α en sector de dirección prevaleciente en los datos costeros, lo que subestima la variabilidad ($1 \text{ sector} = 22,5^\circ$). A nivel interanual, no se encontró diferencias grandes en los valores de α entre estaciones costeras, salvo entre Punta de Piedras y Cumaná durante el año 1972. Este año se singulariza en Cumaná por una dirección inusual de los vientos prevalecientes de dirección Noreste (Aparicio y Contreras, este volumen). A nivel de los archivos marítimos, esta anomalía de dirección en el año 1972 se encontró únicamente en el archivo marítimo COADS-10-11, lo que confirma su carácter local. En los datos de Carúpano, no fueron encontrados cambios interanuales del

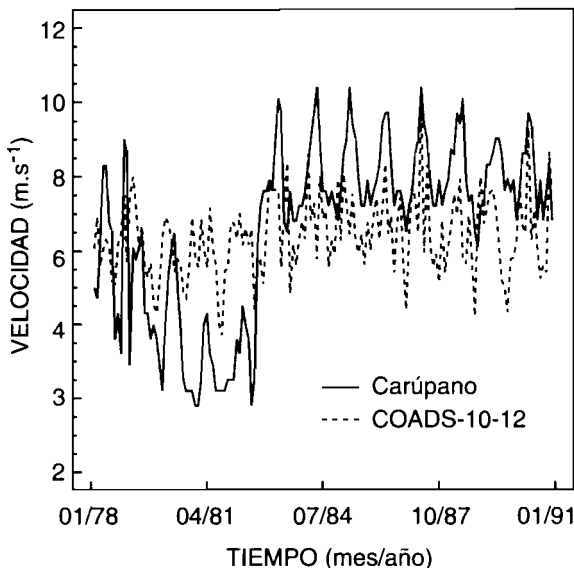


Figura 14
Comparación entre la velocidad promedio mensual del viento calculada a partir de los datos de la estación meteorológica de Carúpano y los datos del archivo COADS-10-12 entre enero de 1980 y abril de 1986.

Comparison of the monthly mean wind speed calculated using the data from the Carúpano meteorological station and from the COADS-10-12 file (January 1980 to April 1986).

patrón estacional de dirección del viento, incluso durante el año 1982 que correspondió a un cambio abrupto en la velocidad. El año 1982 tampoco aparece como particular en las series de datos marítimos (Fig. 10).

Comparación entre datos de temperatura del mar y datos de vientos

En las zonas de surgencia es bien conocido que existe una relación directa entre las fluctuaciones de la *TSM* y el transporte de Ekman, o con variables de vientos directamente ligadas a este transporte (tensión zonal en el caso de Venezuela). Esta relación generalmente presenta algunos días de desfase debido a la inercia de la masa de agua, lo que no se puede estudiar a partir de los datos mensuales. Haciendo un análisis de correlaciones cruzadas entre los promedios mensuales de *TSM* y P_x (componente Este del pseudo stress) en el archivo COADS-10-12, no se encontró desfase a escala mensual ($r = 0,42$ sin desfase, $r = 0,36$ con un mes de desfase negativo; $p < 0,001$). Es interesante subrayar que el mismo estudio de correlaciones cruzadas usando P_y en lugar de P_x , arrojó coeficientes de correlación levemente superiores y con un desfase de un mes ($r = 0,46$ sin desfase, $r = 0,54$ con un mes de desfase negativo). Se obtuvo valores absolutos intermedios con $|V|$ ($r = -0,45$ sin desfase y $-0,43$ con un mes de desfase negativo). Con los archivos NESDIS fueron obtenidos resultados similares, pero con valores superiores de los coeficientes de correlación (ejemplo del archivo NESDIS-10-12, $r = 0,72$ para la relación entre *TSM* y $|V|$ sin desfase). Para limitar el efecto de la sobreestimación de los coeficientes de correlación cruzada debida a la autocorrelación de las variables estudiadas, se analizaron las funciones de correlaciones cruzadas entre las anomalías de temperatura y las anomalías de tensión (T_x y T_y) en los archivos NESDIS. Se encontró coeficientes de correlación cruzada significativos tanto con T_x ($r = 0,49$ sin desfase) como con T_y ($r = 0,35$ sin desfase, $r = 0,37$ con un desfase de 4 meses, valores intermedios de r con desfase de dos y tres meses).

Al contrario de lo esperado, la serie de promedios anuales de *TSM* calculada a partir del archivo COADS-10-12, no está correlacionada significativamente con ninguna de las series anuales de variables

de vientos, tanto costeros como marítimos (Tabla 2). Se nota en particular que la tendencia al aumento de la velocidad del viento en los archivos de buques mercantes (pendiente = 0,031; $p < 0,01$; Fig. 8) no tiene como consecuencia una tendencia negativa significativa en los datos de *TSM* (pendiente = $-0,004$; $p > 0,05$; Fig. 6). Sólo se puede apreciar que la variabilidad local en las series anuales de *TSM* es generalmente máxima cuando los vientos presentan mínimos locales, como en el caso de los años 1962 o 1981, pero con excepciones notables, tal como en los años 1969 o 1986. En consecuencia, tampoco se encontró una relación significativa entre las dos series de datos después de eliminar las tendencias ($r = -0,26$). Al contrario de los datos COADS, los datos anuales de temperatura NESDIS presentaron altos coeficientes de correlación con los datos de viento marítimos, tanto de NESDIS como de COADS, pero ninguna relación con los datos de viento de las estaciones costeras (Tabla 2). Esta diferencia entre los datos COADS y NESDIS proviene, por un lado, de una pendiente más baja en la serie de datos de velocidad (pendiente = 0,018; $p < 0,01$ para el archivo NESDIS-10-12) y, por otro lado, de una pendiente negativa significativa (aunque débil) en los datos de *TSM* (pendiente = $-0,004$; $p < 0,05$ para el mismo archivo).

Discusión y conclusión

A nivel de la señal estacional, la comparación entre datos de velocidad del viento de origen marítimo y de origen costero revela un nivel general de coherencia, ya que se encuentran en ambos casos las dos grandes estaciones relativas al régimen general de los vientos alisios. Las diferencias observadas entre las dos fuentes de datos a nivel de la duración de la estación de alisios, más larga en el caso de los datos marítimos, puede ser interpretada como el resultado de una influencia terrestre. De hecho, estas diferencias fueron más grandes, tanto a nivel de la forma de la señal como de su promedio general, cuando se comparan las estaciones costeras más expuestas a los vientos de sector Este-Noreste (Punta de

Piedras, Carúpano, Maiquetía) con las más alejadas del centro de la zona de estudio (Güiria, Cumaná y Tobago). La estación del Yaque, por su ubicación en el medio de la zona de estudio y su posición favorable a los vientos dominantes, permite obtener datos promedios más próximos a los datos marítimos.

A nivel de la variabilidad interanual de IV , se confirma la máxima coherencia entre los datos de origen marítimo y los datos de Punta de Piedras. El caso de la estación de Carúpano, que por su ubicación tiene potencialmente la posibilidad de presentar una coherencia con los datos marítimos, merece ser investigado más en detalle para encontrar una explicación racional al aumento de 5 m s^{-1} observado entre julio y septiembre de 1982. Es recomendable investigar tanto a nivel de la misma estación (eventuales cambios a nivel de los aparatos de medición, de su ubicación, del modo de computación de los datos) como de los eventuales cambios en sus inmediaciones (vegetación, construcciones) que pudieran influenciar la medición del viento.

A la hora de relacionar los datos biológicos y pesqueros con datos ambientales, se debe escoger entre datos de origen marítimo o costero. Conceptualmente el cálculo de un índice de surgencia costera a partir de los datos de viento de las estaciones meteorológicas del litoral tiene muchos riesgos de sesgo. Entre ellos se encuentra la interferencia de las brisas marinas (de tierra y de mar) con los vientos alisios. Estas brisas tienen usualmente una dirección perpendicular a la costa y un alcance en el mar localizado en la franja costera. Por lo tanto, es probable que no influyan mucho sobre el fenómeno de surgencia que es de mayor escala, pero al tomar en cuenta el cambio en la dirección del viento en cálculos de índices de surgencia costera, se puede sesgar altamente las estimaciones. En el caso de la estación de Punta de Piedras, se graficó la señal diaria de la velocidad del viento y de su dirección (promedio 1979–1980; Fig. 15). Se puede observar claramente un máximo de velocidad del viento entre 9:00 y 21:00. La dirección promedio es de sector Este con una leve fluctuación diaria, lo cual no sugiere una influencia predominante de la brisa marina. No obstante, se recomienda conseguir datos a nivel horario o tri-horario para estudiar este fenómeno en las demás estaciones, especialmente cuando están ubicadas en el continente, y, si fuere necesario, recalcular índices de surgencia eliminando los datos de vientos de los dos

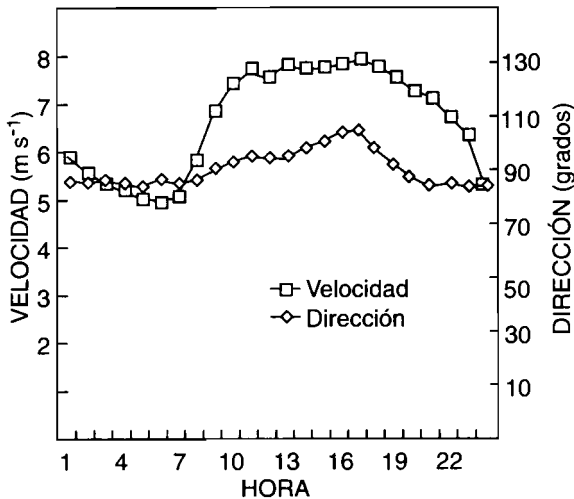


Figura 15
Señal diaria de la velocidad y de la dirección del viento en la estación meteorológica de Punta de Piedras (periodo 1979-1980).

Daily wind speed and wind direction measurement at the Punta de Piedras meteorological station (from 1979 to 1980).

períodos de transición entre día y noche. Otra fuente de sesgo está representada por los obstáculos físicos que pueden modificar tanto la intensidad como la dirección del viento. Estos obstáculos pueden ser de pequeña escala (árboles, edificios, como en el caso de Punta de Piedras y Cumaná) o de mediana escala (relieve). Por último, en todas las estaciones estudiadas (al menos para los datos anteriores a 1985), los datos de dirección del viento no resultan de un verdadero promedio de todas las direcciones disponibles, sino de una estimación de las direcciones prevalecientes en cada mes. Se debe tomar en cuenta la variabilidad a corto plazo de la dirección del viento en el cálculo de los índices de surgencia. El hecho de observar fluctuaciones estacionales más grandes (aunque subestimadas) en algunas estaciones costeras que en los datos marítimos puede ser interpretado como producto de una influencia continental sobre estas estaciones.

Los datos de origen marítimo tienen otros inconvenientes, de los cuales el mayor es que no resultan de un plan de muestreo equilibrado, tanto en el tiempo como en el espacio. Esta situación se ve agravada por la falta de resolución espacial en los archivos (cuadrados de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$) que obliga a mezclar datos de la plataforma continental con datos de mar abierto. Por otra parte en este caso, para el cual fue necesario estudiar los últimos decenios, el número de observaciones mensuales disponibles fue limitado, lo cual puede

explicar parte del bajo nivel de coherencia entre datos marítimos y costeros. Por último, antes de confiar totalmente en los datos marítimos para el cálculo de un índice de surgencia costera, la falta de correlación entre los datos de vientos marítimos anuales en los archivos COADS y de los datos de *TSM* recogidos simultáneamente, tiene que ser explicada. El hecho de observar buenas correlaciones a nivel anual entre la *TSM* y $|V|$ de los archivos NESDIS, puede ser interpretado como el efecto del promedio espacial de estos últimos datos (sugiriendo un cierto nivel de variabilidad espacial) o bien como el resultado de la integración de los datos anemométricos en estos archivos.

Como conclusión, debido a nuestra situación de conocimiento actual, no hay razón obvia para preferir los datos marítimos a los costeros para calcular un índice de surgencia. Fréon *et al.* (este volumen) calcularon un índice de surgencia costera promedio a partir de las series de velocidades promedio mensuales de las estaciones de Punta de Piedras y de Cumaná. El presente estudio sugiere que entre las dos, la serie de Punta de Piedras sería más representativa de la situación en la plataforma continental, tanto a nivel de la variabilidad de la velocidad del viento como de su dirección (Este-Noreste). Sin embargo, la estación de Cumaná puede ser más representativa de las zonas de pesca más protegidas y ubicadas más al sur, como el Golfo de Cariaco y la zona de Santa Fe, en las cuales el fenómeno de surgencia no necesariamente toma la forma de un transporte de Ekman convencional. Desafortunadamente, no se tienen datos de buques mercantes identificados en el golfo para comprobar esta hipótesis.

■ Agradecimientos

Se le agradecen cordialmente a J. Servain y C. Roy por facilitarnos los datos extraídos de los archivos NESDIS y COADS, y a J. Mendoza y T. Navarro por las mejoras en el texto.

Referencias

- APARICIO-CASTRO, R. 1993 — Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951–1986. In: Maul, G. (ed.) *Climatic Change in the Intra-Americas Sea*. Edward Arnold, Publisher, London: 104–114.
- APARICIO-CASTRO, R. y R — Contreras (este volumen). Indices de surgencia costera inducida por el viento para la region nororiental de Venezuela.
- BAKUN, A. y PARRISH, R. H. 1980 — Environmental inputs to fishery population models for eastern boundary current regions. In: Sharp G.D. (rapporteur): 67–104. Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Intergovernmental Oceanographic Commission. Rep. 28, 323 p.
- CAMPO, M. y VELÁSQUEZ, F. R. 1991 — *Resumen climatológico de la estación meteorológica de Punta de Piedras, Estado Nueva Esparta, Venezuela; Período: 1966–1989*. Document Scientifique Pôle de Recherche Océanologique et Halieutique Caraïbe, 29, 79 p.
- CARDONE, V. J., GREENWOOD, J. G. y CANE, M. 1990 — On trends in historical marine wind data. *J. Climate*, 3: 113–117.
- DA SILVA, A. M., YOUNG, C. C. y LEVITUS, S. 1994 — *Atlas of Surface marine data 1994*, Vol. 2: *Anomalies of directly observed quantities*. NOAA Atlas NESDIS 7, U.S. Department of Commerce, NOAA, NESDIS.
- FRÉON, P., GUZMÁN R. y APARICIO, R. (este volumen) — Relaciones entre capturas, esfuerzo y afloramiento en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela
- ISEMER, H. J. y HASSE, L. 1991 — The scientific Beaufort equivalent scale: effect on wind statistics and climatological air-sea flux estimates in the North Atlantic Ocean. *J. Climate*, 4: 819–836.
- 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.
- JACQUES, G. y TRÉGUER, P. 1986 — *Ecosystèmes pélagiques marins*. Collection écologie, 19. Masson, Paris, 243 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.
- 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.
- ROY, C. y MENDELSSOHN, R. 1996 — The development and the use of a climatic database for CEOS using the COADS dataset In: *Global versus local changes in upwelling systems*. Durand, M-H., Mendelsohn, R., Cury, P., Roy, C. y Pauly, D. (eds), Paris, Orstom: 27–44.
- SLUTZ, R. J., LUBKER, S. J., HISCOX, J. D., WOODRUFF, S. D., JENNE, R. L. JOSEPH, D. H., STEURER, P. M. y ELMS, J. D. 1985 — *Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*;

Release 1. NOAA Environmental Research Laboratories, Climate Research Program, Boulder, CO., 268 p.

WOODRUFF, S.D., SLUTZ, R. J., JENNE, R. L. JOSEPH y STEURER, D. H. 1987 — Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 68: 1239–1250.

TRUJILLO, H. 1980 — *Fluctuaciones*

de la velocidad y dirección de los vientos y su relación con las variaciones mensuales de las capturas y producción potencial de sardina (Sardinella anchovia). Informe Técnico Ministerio Agricultura y Cria 77, 26p.

WOOSTER, W. S. y REID, J. L., 1963 — *Eastern boundary currents.* Vol. 2, *The sea.* M.N. Hill (Ed), Wiley Interscience, 253–280.



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