

LAS CORRIENTES MARINAS EN EL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

ANTONIO QUINTERO, GALINA TEREJOVA & JAIME BONILLA

*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
aquinter@sucre.udo.edu.ve*

RESUMEN: A pesar de la importancia científica y socioeconómica que guarda el golfo de Cariaco tanto a nivel nacional como regional, el sistema de corrientes marinas que en él actúan ha sido poco estudiado. Se han planteado tres esquemas de circulación de las aguas del golfo, sin embargo, ninguno ha sido definitivo. Asimismo, la concepción sobre la dirección que siguen los vientos de superficie en la zona (vientos Alisios) está sustentado en hipótesis superadas. Con ayuda de la serie de tiempo de los parámetros del viento de la Estación Meteorológica San Luis (Cumaná) y con datos de mediciones de corrientes marinas realizadas a través de los años en el golfo de Cariaco, se propone evaluar los parámetros del viento y el régimen de las corrientes marinas. Los resultados muestran que los vientos de diciembre a julio tienen las mayores velocidades y dirección del E, mientras que de agosto a noviembre se registran las menores velocidades con dirección prevaleciente del SE. En el área de La Boca durante la época de surgencia las aguas fluyen fuera del golfo en el estrato superior de los primeros 20 - 30 m con una velocidad de 17,6 cm/seg y por debajo de esta profundidad las aguas penetran al golfo procedentes de la Fosa (Cuenca) de Cariaco con una velocidad de 12,7 cm/seg. Para la época cuando disminuye la acción de los vientos Alisios, las aguas fluyen fuera del golfo en el estrato inferior con velocidades del orden de 10,0 cm/seg y en el estrato superior penetran con velocidades del orden de 20 cm/seg. Ya en el interior del golfo para la época cuando se intensifican los vientos Alisios, las aguas describen un giro ciclónico con velocidades de 8,9 – 14,8 cm/seg. Junto a este giro ciclónico en la región de Güirimar se pudo detectar la presencia de un giro anticiclónico de menores dimensiones con velocidades de 6,0 – 8,9 cm/seg. En el área de San Antonio del Golfo, para la época cuando se intensifican los vientos Alisios, las corrientes tienen dirección E con un leve componente sur. Mientras que para la época cuando aminoran los Alisios, las corrientes superficiales tienen dirección W con un leve componente sur.

Palabras clave: Golfo de Cariaco, vientos Alisios, circulación marina, surgencia

ABSTRACT: Despite the scientific and socioeconomic significance of the Gulf of Cariaco both nationally and regionally, the tidal current system there has not been thoroughly studied. Three tidal systems have been proposed but no definite one has been adopted. Furthermore, the prevailing notion about the course of surface trade winds is predicated on obsolete hypotheses. This paper purports to assess the wind regimes and marine currents with the aid of wind time series data of the San Luis Meteorological Station and ocean survey data long taken in the gulf. The results show that December to July winds reach greater speeds and have a prevalent southeasterly direction. During upwelling season in the area of La Boca, waters flow oceanward at a speed of 17.6 cm/s along the upper 20-30m range, and trench waters from the Cariaco Basin drift into the gulf below that depth at 12.7 cm/s. During the season of lowered trade wind activity, waters flow out of the gulf along the lower stratum at speeds in the order of 10.0 cm/s, and pour into the gulf along the upper stratum at speeds of 20.0 cm/s. Once inside the gulf, as trade winds peak up, waters describe a cyclonic motion with speeds of 8.9 to 14.8 cm/s. Anticyclonic eddies of moderate speeds of 6.0 to 8.9 cm/s were detected in Güirimar. Currents in San Antonio del Golfo have an easterly direction with a southward component when trade winds blow stronger, whereas surface currents pursue a westerly direction with a slight southward course with dwindling trade winds.

Key words: Gulf of Cariaco, trade winds, tidal current, upwelling

INTRODUCCION

El golfo de Cariaco es el bioecosistema más estudiado en el área de oceanografía en Venezuela. Esto tiene que ver con la fundación del Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV) asentado en la salida inmediata del mismo, así como la posterior creación de la Estación

Hidrobiológica de Turpialito, localizada en la ribera sur. Estos dos acontecimientos han hecho del golfo de Cariaco un polígono para la oceanografía y acuicultura regional y nacional.

Por otra parte, hasta 1971 el golfo de Cariaco contribuía con una porción importante de la pesquería en Venezuela,

necesaria para las industria de la conserva, el empleo de mano de obra local y aporte a los planes de seguridad alimentaria de la nación (QUINTERO *et al.* 2002).

A pesar de la importancia científica y socioeconómica que guarda el golfo de Cariaco, las corrientes que en él actúan no ha sido de los parámetros más estudiados. El conocimiento que de ellas se tiene en la mayoría de los casos son evaluaciones indirectas de los campos hidrográficos e hidrogeoquímicos (GADE 1961; ROA-MORALES & OTTMAN 1961; GRIFFITHS & SIMPSON 1967; OKUDA *et al.* 1978; BONILLA 1982; CARABALLO 1982b; QUINTERO & LODEIROS 1996).

El primer modelo de circulación marina para el golfo de Cariaco, que no gozó de mucha aceptación, fue planteado por ROA-MORALES & OTTMAN (1961). Los autores propusieron, basándose en la geomorfología y en la repartición de las globigerinas, un sistema de circulación anticiclónico. Según este, las masas de agua entran al golfo y se dirigen a su parte profunda por la costa norte. Luego, bajo la influencia de los vientos del este y noreste, las aguas salen por la ribera sur del golfo entre la plataforma aluvial de *Punta Delgada* y las zonas más profundas.

Posteriormente, se generalizó la idea (BENÍTEZ 1974; MORELOCK 1982) basada en las únicas mediciones realizadas hasta entonces por GADE (1961), de que las corrientes en el golfo de Cariaco tienen una circulación ciclónica. Según este esquema, las aguas del golfo mismo y las que penetran desde la Cuenca o Fosa de Cariaco tienen dirección oeste - este en la costa sur. Aquí las corrientes tienen baja velocidad y al llegar al área de *El Saco* giran al norte y toman dirección hacia oeste a lo largo de la costa norte. En la región de *Punta Delgada* una porción de las aguas se dirigen fuera del golfo y otra parte interviene de nuevo en la circulación ciclónica. En este esquema, de acuerdo a las observaciones realizadas por GADE (1961) en una estación del canal de entrada, las aguas penetran en el golfo por debajo de los 30 m y salen por encima de esa profundidad.

CARABALLO (1982b) realizó una revisión de los trabajos propuestos a esa fecha y basándose en mediciones realizadas por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias y comunicaciones personales de investigadores del IOV, propuso un tercer modelo de circulación. En este esquema, las masas de agua del golfo tienden a salir del mismo a nivel superficial de forma general, mientras que en los estratos

subsuperficiales las aguas penetran desde la región adyacente de la Cuenca de Cariaco. Según este autor, las corrientes en el estrato superficial de la parte central del golfo tienen velocidad del orden de 25,0 – 30,0 cm/seg y en el estrato profundo la velocidad se reduce a 5,0 – 10,0 cm/seg con dirección opuesta al estrato superficial.

Otra idea generalizada que persiste hasta el día de hoy (APARICIO 1999) y que está íntimamente relacionada con las corrientes marinas, se refiere a los vientos que actúan en el área del golfo de Cariaco. Se estima que la región es afectada directamente por los vientos Alisios (vA) con dirección del noreste (NE), con mayor intensidad y persistencia en la época de surgencia (diciembre - abril). Los vientos en el área aumentan o disminuyen dependiendo de la intensidad y posición de los campos de máxima presión atmosférica de los Azores (*anticiclón de Los Azores*) y del Atlántico Sur (QUINTERO *et al.* 2004).

La incidencia de los vientos provoca el fenómeno de la surgencia (GADE 1961; ROA-MORALES & OTTMAN 1961; OKUDA *et al.* 1978; CARABALLO 1982b), mientras que con el debilitamiento de los mismos ocurre el estancamiento de las aguas y la formación de una anoxia temporal en el golfo de Cariaco (SIMPSON & GRIFFITHS 1967; OKUDA 1982; FERRAZ-REYES 1989).

Los trabajos que han contribuido a reforzar esa idea sobre la dirección noreste de los vientos son los de HERRERA & FEBRES (1975), OKUDA *et al.* (1978). CARABALLO (1982b). En ellos se señala que los vientos preponderantes en el área del golfo de Cariaco se centran en el intervalo NNE - ENE.

Sin embargo, desde hace algún tiempo existen serios indicios de que la situación no es como la descrita, e incluso se han propuesto hipótesis interesantes sobre el origen y dirección de los vientos en el golfo de Cariaco. Así, VILA (1965) asegura que los vientos que actúan en el golfo tienen dirección del este y son orográficos, compuestos por los mismos vA, que penetran por la depresión situada al norte de la población de Cariaco y luego en su dirección al sur, se encuentran con el obstáculo de la *Serranía del Interior* que hace que estos giren en dirección este.

En consideración a lo señalado y para contribuir al conocimiento de la dinámica atmosférica y marina en el golfo de Cariaco, en la presente investigación se evalúan

los parámetros del viento y el régimen de las corrientes marinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El golfo de Cariaco está localizado en la parte nororiental de Venezuela, al este de la Cuenca de Cariaco y se comunica con él por un canal *La Boca* (Fig. 1), que alcanza los 65 m en su parte más profunda, según CARABALLO (1982b) ó 40 m de acuerdo a lo mostrado por FERRAZ-REYES (1989). El eje de este canal se orienta en la dirección NW – SE (45° aproximadamente).

Está limitado este cuerpo de agua al norte por la península de Araya, que es parte de la *Serranía de Paria* y alcanza los 580 m de altitud en Cerro Grande. Al sur se encuentra con el sector central del *Macizo Oriental*, que alcanza los 640 m en *Cerro El Zamuro* (CARABALLO 1982a). Al oeste se comunica con la Cuenca de Cariaco y al este limita con el istmo que lo separa del golfo de Paria.

Hacia el interior del golfo, en la parte central se localiza la mayor profundidad (90 – 95 m), conocida como *Depresión de Guaracayal*, la cual está separada de *La Boca* por la plataforma aluvial de *Punta Baja*. Más hacia el este en el golfo, las profundidades van disminuyendo y de forma más pronunciada en *El Saco* situado al este de la línea Punta Guacarapo – Punta Elvira (QUINTERO *et al.* 2005).

Evaluación climatológica

Se evaluó la información recabada sobre los parámetros del viento en la Estación Meteorológica San Luís (Cumaná) correspondiente al período 1967 – 1992. Asimismo, se consultó la página de METEO CONSULT (2009), que reporta los campos isobáricos del área del Caribe y el Atlas Climatológico de la Fuerza Aérea de Venezuela (GOLDBRUNER 1984).

Información sobre corrientes

Observación de Corrientes en *La Boca*

Para complementar la información sobre corrientes obtenida por GADE (1961) en la época de surgencia en *La Boca* (Fig. 1), fueron medidas las corrientes por el *método euleriano* a bordo del B/O Guaiquerí II del IOV con ayuda de un correntómetro Neil Brown. En el caso de este método, el elemento sensible no se desplaza con el flujo, sino que permanece fijo y mide la fuerza con que el flujo actúa sobre éste.

Las observaciones se realizaron en 4 estaciones (Fig.1) los días 07/10/91 - 09/10/91. Se hicieron 9 cortes en el transcurso de esos 3 días de los cuales sólo mostramos los primeros cuatro cortes (Tabla 1). Los cortes sucesivos entre la costa de Cumaná y Araya fueron perpendiculares a la orientación del canal (45°), de modo que el flujo con dirección de 315° a 135° penetraba al golfo, mientras que en el intervalo de 135° a 315° salía del mismo hacia la Cuenca de Cariaco.

Observación en el área de San Antonio del Golfo

La medición de las corrientes marinas en el golfo de Cariaco y en general en todo el mar territorial venezolano en el pasado se ha dificultado, debido a lo costoso de las plataformas de trabajo e instrumentación que emplea, así como el despliegue logístico necesario. A fin de minimizar costos, sin perjudicar la credibilidad y objetividad de las mediciones, se emplearon flotadores a la deriva y su posicionamiento con GPS (*método laraniano*) de acuerdo a la metodología descrita en QUINTERO & TEREJOVA (2008).

El 15/09/05 en las inmediaciones de la población costera de San Antonio del Golfo (Fig. 1) se realizaron tres perfiles o cortes de medición perpendiculares a la costa, en cada uno de los cuales se midieron en tres puntos las corrientes marinas superficiales. En un cuarto corte se hicieron mediciones de las corrientes en el fondo marino.

Observaciones Recientes

Los días 4 – 5 /03/2009 considerados días de surgencia, fueron realizadas mediciones en siete transectos distribuidos a lo largo del golfo, entre los que se incluyen *La Boca* y en el área de San Antonio del Golfo (Fig. 1). Las mediciones se realizaron a bordo de la L/M Macaby de la dotación del IOV y con empleo de un perfilador de corrientes por efecto Doppler ADP (Acoustic Doppler Profiler) Modelo ADP™ de 250 KHz de la firma SonTek. El equipo se adosó al casco de la lancha en posición vertical con las caras de sus pantallas “viendo” hacia el fondo. Las mediciones a lo largo de los transectos se realizaron cada 60 segundos a una velocidad de desplazamiento de la embarcación de 5 – 6 nudos.

Las mediciones realizadas con el equipo se expresan en celdas o capas de diferente grosor. El estrato superficial 0-1,5 m es la superficie de blanqueo en el que no hay registros. Igualmente, cerca del fondo los datos suministrados por el equipo con frecuencia no fueron considerados.

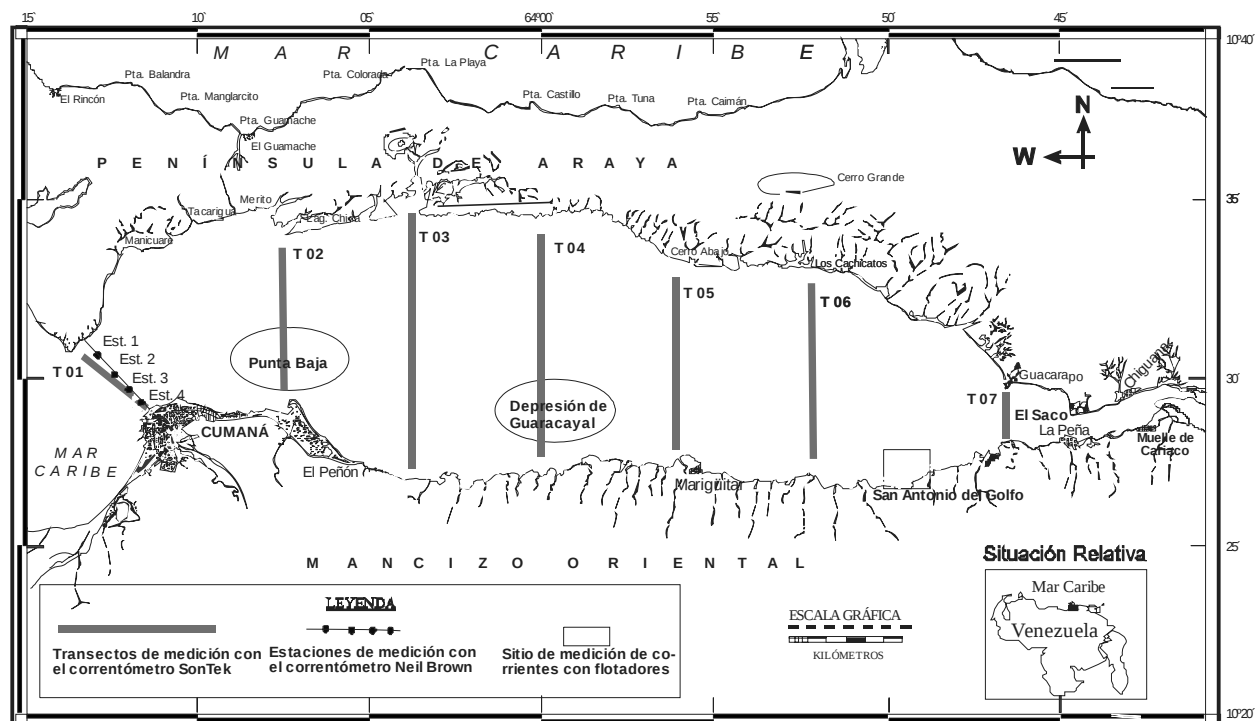


Fig. 1. Área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN CLIMATOLÓGICA

Los resultados sobre los parámetros del viento obtenidos para la ciudad de Cumaná (Fig. 2), muestran que durante el período diciembre - julio la dirección preponderante es del este (E). Las velocidades mayores a 3,5 m/seg, también corresponden a este período y el máximo 4,8 m/seg se registra en el mes de marzo. En el período agosto - noviembre la dirección prevaleciente es del sureste (SE). Las menores velocidades medias del viento (< 3,3 m/seg) están asociadas con este viento, siendo los meses de septiembre y octubre los de menor velocidad (2,9 m/seg).

La frecuencia del viento por dirección tiene una distribución bimodal (Fig. 3). La primera moda de mayor consistencia, está centrada en las direcciones este (E) y este-noreste (ENE). La segunda moda corresponde a la dirección SE. Estos resultados contrastan con los obtenidos en los trabajos sobre los vientos en el área del golfo de Cariaco (HERRERA & FEBRES 1975; OKUDA *et al.*

1978; CARABALLO 1982b), pero coinciden, la mayor parte de los meses, con la dirección de los vientos registrados en otras estaciones de la costa venezolana como La Guaira y Coro (ANÓNIMO 1993), ubicadas en la zona norte central y occidental del país, respectivamente.

Las apreciaciones indicadas en este trabajo sobre la dirección este (E) de los vientos, se corresponden con las evaluaciones que de los vA se han desarrollado en los últimos años (GUEVARA-DÍAZ 1988). Según éstas, los vA no son del noreste (NE) y sureste (SE) sino vientos predominantes del este con una pequeña componente hacia el ecuador. De modo que los Alisios no siempre convergen, pudiendo incluso en ocasiones ser paralelos o divergentes (METEO CONSULT 2009).

Queda la incertidumbre por saber sobre el papel que juegan en la estabilización del flujo de los vientos de superficie, los sistemas orográficos que limitan al golfo de Cariaco al norte y sur (Serranía de Paria y Macizo Oriental) paralelos a los vientos preponderantes.

ESTRUCTURA DE LAS CORRIENTES MARINAS EN LA BOCA

TABLA 1. Corrientes en *La Boca* del golfo de Cariaco

		Corte 1 07/10/91 10:00 a 13:30		Corte 2 07/10/1991 17:00 a 20:00		Corte 3 07/10/1991 21:00 a 24:00		Corte 4 08/10/1991 04:00 a 7:00	
Est.	H m	Vel. cm/seg	Dir. °	Vel. cm/seg	Dir. °	Vel. cm/seg	Dir. °	Vel. cm/seg	Dir. °
Est. 1	0	29,9	77,0	18,0	181	17,8	182	6,6	122
	5	16,1	67,0	3,0	197	4,0	199	10,0	191
	8	22,2	68,0	21,8	227	22,0	226	-----	-----
Est. 2	0	26,1	178,0	12,0	141,0	18,0	164	6,2	284,0
	5	16,7	41,0	8,0	249,0	20,2	65	6,0	347,0
	10	20,8	73,0	16,0	84,0	30,6	41	21,6	79,0
	20	18,1	39,0	17,6	34,0	25,8	93	30,0	58,0
	30	20,6	33,0	5,4	358,0	24,2	84	12,0	84,0
	38	18,4	180,0	-----	-----	-----	-----	11,0	142,0
Est. 3	0	22,0	144,0	8,0	37,0	6	247	18,0	323,0
	5	9,4	125,0	12,2	83,0	23	79	10,0	38,0
	10	14,0	81,5	20,0	47,0	9,6	38	20,4	72,0
	20	22,7	75,0	21,0	36,0	25,2	49	26,0	64,0
	30	22,7	50,2	15,8	41,0	13	85	16,0	38,0
	40	17,2	44,0	9,0	174,0	4	357	22,0	35,0
	50	11,2	158,0	3,6	258,0	17,8	178	14,6	211,0
	60	11,0	231,0	11,4	198,0	24	208	24,0	197,0
Est. 4	0	13,0	320,0	5,0	53,0	8	290	22,0	283,0
	5	4,0	342,5	12,0	83,0	5,6	304	18,6	74,0
	10	14,6	290,0	13,2	84,0	15,0	127	20,0	56,0
	20	10,0	26,0	10,0	93,0	15,0	98	28,0	66,0
	25	7,0	36,0	18,6	77,0	18,0	68	18,0	62,0

Nota: En cursiva las aguas que entran

Nuestras observaciones de las corrientes marinas en *La Boca* al igual que las realizadas por GADE (1961), mostraron un sencillo esquema de dos capas para marzo, época cuando la surgencia es más intensa debido a que los vA soplan con mayor fuerza desde el este (Fig. 4a). Según este esquema, por la acción del viento, las aguas más livianas son sacadas del golfo por el estrato superficial (Benítez 1974) y en compensación las aguas más densas penetran desde la Cuenca de Cariaco por debajo de los 20 - 30 m (CARABALLO 1982b).

Las aguas que fluyen en el estrato superficial de *La Boca* fuera del golfo en dirección a la Cuenca de Cariaco (260°) lo hacen con una velocidad media del flujo de 17,6 cm/seg. Mientras que debajo de este estrato superficial el agua fluye desde la cuenca hacia el interior del golfo (80°) con una velocidad menor (12,0 cm/seg). El grosor de la capa de las aguas que penetran aumenta del lado sur (Cumaná) de unos 17-20 m a 30 m del lado de Araya (Fig. 4a).

Asimismo se pudo observar, que en la zona de contacto de ambas masas de agua, la velocidad es menor y disminuye a 5,7 cm/seg en promedio.

Este esquema de corrientes para marzo, explica la surgencia en el golfo de Cariaco descrita anteriormente

por un buen número de investigadores, entre los que se destacan GADE (1961) y OKUDA (1978). Así, las aguas más cálidas y menos densas son impulsadas por el viento fuera del golfo en los estratos más superficiales y en compensación en los niveles subsuperficiales penetran al golfo aguas más frías, densas y cargadas con nutrientes.

Para la época de ausencia de la surgencia las mediciones instrumentales realizadas (Tabla 1), indican que las aguas fluyen permanentemente fuera del golfo a nivel subsuperficial por debajo de los 30 - 40 m con velocidades del orden de 10,0 cm/seg (Ets. 3 - 4), suponemos que esto se debe al aumento de la densidad que adquieren las aguas interiores del golfo debido a la intensa evaporación en esa época. Por encima de ese nivel, es decir, entre los 10 y los 30 - 40 m, el agua fluye hacia el interior del golfo con una velocidad del orden de 20,0 cm/seg (Fig. 4b). En el estrato más superficial (encima de los 10 m), sucedió con frecuencia que hacia el lado de Araya el agua entraba durante la pleamar y salía en la bajamar, mientras que hacia el lado de Cumaná, al contrario, es decir, el agua salía en la pleamar y entraba en la bajamar.

Aunque no fue evaluada la acción de las mareas y las corrientes que ellas provocan, es necesario tenerlas en consideración.

El régimen de las mareas para el puerto de Cumaná situado inmediatamente en la boca del golfo de Cariaco, es del tipo semidiurno mixto (ÁVILA *et al.* 1980; BRACHO & MORETTI 1988) con una amplitud de unos 40 cm

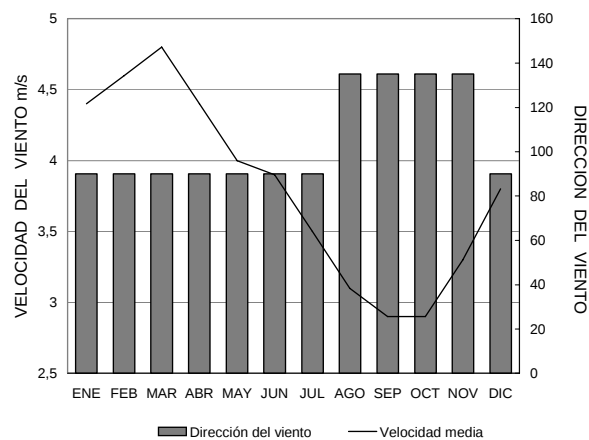


Fig. 2. Velocidad media mensual y dirección prevaleciente del viento en Cumaná (Est. Met. San Luís).

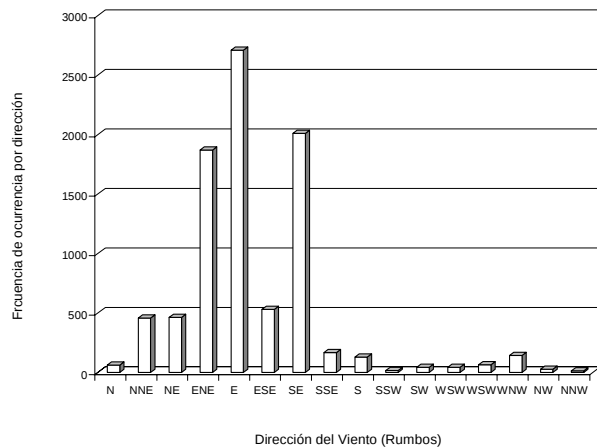


Fig. 3. Frecuencia de la dirección del viento en Cumaná (Est. Met. San Luís).

(www.marenostrum.org). En la Est. 4 situada cerca de Cumaná, las corrientes se dirigían fuera del golfo cerca del mediodía en la superficie, luego hacia la medianoche las aguas penetran al golfo por esta misma estación.

CIRCULACIÓN DE LAS AGUAS EN EL INTERIOR DEL GOLFO DE CARIACO DURANTE LA ÉPOCA DE SURGENCIA

Ya en la zona del transecto 2 (Pta. Salazar - El Peñón) situado aproximadamente a unos 10 km de *La Boca*, las aguas que penetran desde la Cuenca de Cariaco se adosan al costado sur del golfo y ascienden a la superficie. Esta corriente tiene dirección hacia el ESE (109°) y se mueve

con una velocidad de 10,6 cm/seg. Mientras esto ocurre, del lado de Pta. Salazar en la costa norte, las aguas se desplazan con una velocidad de 13,7 cm/seg en dirección a *La Boca* (231°), dirección que coincide con la orientación del canal que comunica el golfo y la Cuenca de Cariaco. El grosor de la capa de aguas va disminuyendo desde la costa norte en dirección a El Peñón (Fig. 5).

En este transecto parece tener sentido asumir que ambas corrientes son parte de un giro ciclónico del cual el transecto Pta. Salazar - El Peñón es el sector occidental del mismo. En este sector las aguas con dirección NNW continúan su movimiento hacia *La Boca* y otra porción participa en la circulación del vórtice ciclónico. Entre este transecto y *La Boca* debe dejar de actuar el giro y pasa a la estructura de dos capas superpuestas.

En la zona del transecto 3, localizado entre Ensenada Grande del Obispo - Güirimar, las aguas provenientes de la cuenca y adosadas a la parte sur del corredor entre Cumaná y El Peñón continúan su movimiento hacia el este y ocupan ya un espacio apreciable de los estratos superficiales. Estas aguas se mueven en dirección NNW (321°) con una velocidad de 13,8 cm/seg. El otro componente de la corriente del lado norte tiene dirección SE (41°) y la velocidad es de 9,6 cm/seg. Como se puede apreciar, estos componentes de las corrientes corresponden al sector oriental del giro ciclónico.

Hacia el sur del golfo, en este transecto, las aguas van bordeando la costa en el sentido de las agujas del reloj con

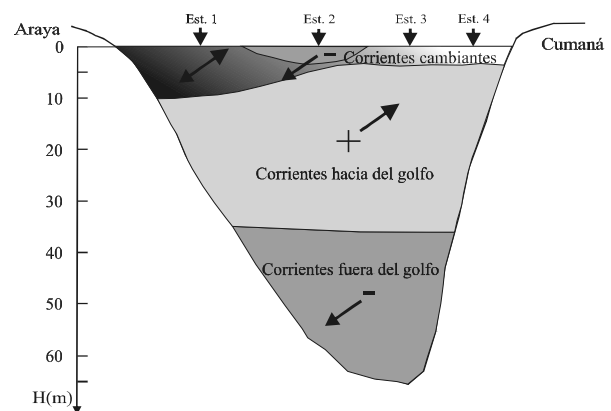
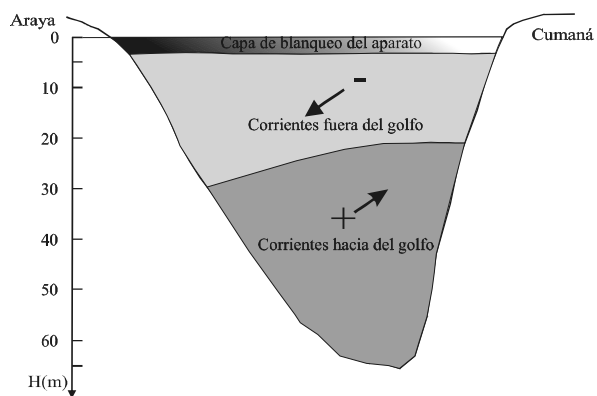


Fig. 4. Corrientes en la Boca del golfo de Cariaco en la época de surgencia (a); en ausencia de la surgencia (b).

una velocidad de 10,0 cm/seg y 328° de dirección. Entendemos que este flujo es parte de un segundo giro anticiclónico, pero de menores dimensiones que el anterior señalado y el sitio del transecto es el costado occidental del mismo.

En el transecto 4 (Los Mangos - Ensenada Honda), que atraviesa lo más profundo del golfo de Cariaco, depresión de Guracayal con unos 90 m de profundidad, la estructura de las corrientes se mantiene similar a la de los transectos anteriores, es decir, hacia la zona sur las aguas fluyen con una velocidad de 14,8 cm/seg en dirección NNE (34°), mientras que en el lado norte las aguas tienen dirección NNW (339°) y una velocidad de 12,9 cm/seg. Pareciera que este transecto corresponde también al sector occidental del giro ciclónico de mayores dimensiones al que hacíamos referencia. Siendo esto así, el giro ciclónico tiene forma elipsoidal en la dirección este-oeste.

En este transecto las aguas comparten por igual los estratos más superficiales, pero ya a partir de los 20 - 25 m, la capa de aguas del componente NNE va incrementándose hasta llegar a ocupar un tercio del espacio del fondo.

La presencia de un flujo en lo más profundo, con dirección norte (358°) y velocidad 11,2 cm/seg, no lo podemos explicar razonablemente. Creemos que puede ser parte del mismo giro anticiclónico de menores dimensiones de la ensenada de Güirimar, sólo que su eje estaría inclinado y tendría por centro la depresión de Guaracayal, o ser la parte inferior del giro ciclónico de Pta Salazar en su frontera sur.

En el transecto 5, situado entre Cerro Abajo - Marigüitar, las aguas con dirección ESE (117°) mantienen su posición en la costa sur pero no ocupa toda la columna de agua. Además, la corriente se hace más lenta (8,9 cm/seg). La costa norte es ocupada por aguas con dirección oeste (275°) y 9,5 cm/seg de velocidad, manteniendo la misma dirección de orientación que la costa Los Cachicatos - Cerro Abajo. Es necesario resaltar que las aguas que ocupan el sector sur no son estables en su dirección.

En el transecto 6, situado frente a San Antonio del Golfo, las aguas mantienen la misma estructura pero al parecer aquí hay la presencia sólo de giro ciclónico. También pareciera que el agua es muy inestable en su dirección a juzgar por la presencia de numerosos focos. Las aguas de dirección ESE (115°) tienen una velocidad de 9,5 cm/seg, mientras que aguas de dirección WSW (255°) tienen una velocidad de 9,9 cm/seg.

Esta similitud en la velocidad podría ser indicativo de que ya en este transecto hay sólo el giro ciclónico sin la presencia del giro anticiclónico como en los demás transectos.

En algún lugar entre los transectos 6 y 7, el giro ciclónico deja de existir y ya para el transecto de Pta. Guacarapo, las aguas poseen una estructura de dos capas, similar a la de *La Boca* pero menos definida.

En esta parte del golfo, las aguas siguen al interior de *El Saco* con una dirección este (49°) y una velocidad de 20,6 cm/seg, mientras que en los estratos subsuperficiales las aguas son desalojadas del interior de *El Saco* con una velocidad de 13,0 cm/seg en la dirección NNW (327°). Contrario a lo que podría esperarse, las corrientes son relativamente elevadas y comparables a las que actúan en *La Boca*.

Esta mayor velocidad de las corrientes estaría relacionada con las mareas, pues no pareciera que el viento fuera la causa para tal comportamiento: primero, por no tener los vientos suficiente velocidad y segundo por ser el área de acción reducida (3,7 km desde la entrada de *El Saco* hasta Pta. Cachipo).

Sobre las relativas mayores velocidades de este sector del golfo nos fue comunicado verbalmente por pescadores de ASOPesca del poblado de Guacarapo, quienes nadan en el área de *La Punta* con suma precaución debido a los accidentes por inmersión ocurridas allí y atribuidos a las corrientes.

CORRIENTES EN EL ÁREA DE SAN ANTONIO DEL GOLFO

En el interior del golfo en la época cuando aminoran los vA, se midieron las corrientes en una franja marina de un kilómetro frente a la población de San Antonio del Golfo (Fig. 6).

Al promediar los valores de las corrientes en los tres cortes obtenidos para la superficie, se encontró que la velocidad es igual a 24,3 cm/seg y la dirección 257° (Tabla 2). El resultado de la velocidad coincide con lo reportado por GADE (1961) y CARABALLO (1982b) para la región central del golfo (25,0 – 30,0 cm/seg), mientras que hay algunas discrepancias con la dirección, ya que los autores antes señalados estimaron la dirección para la zona en 315° y 300° respectivamente.

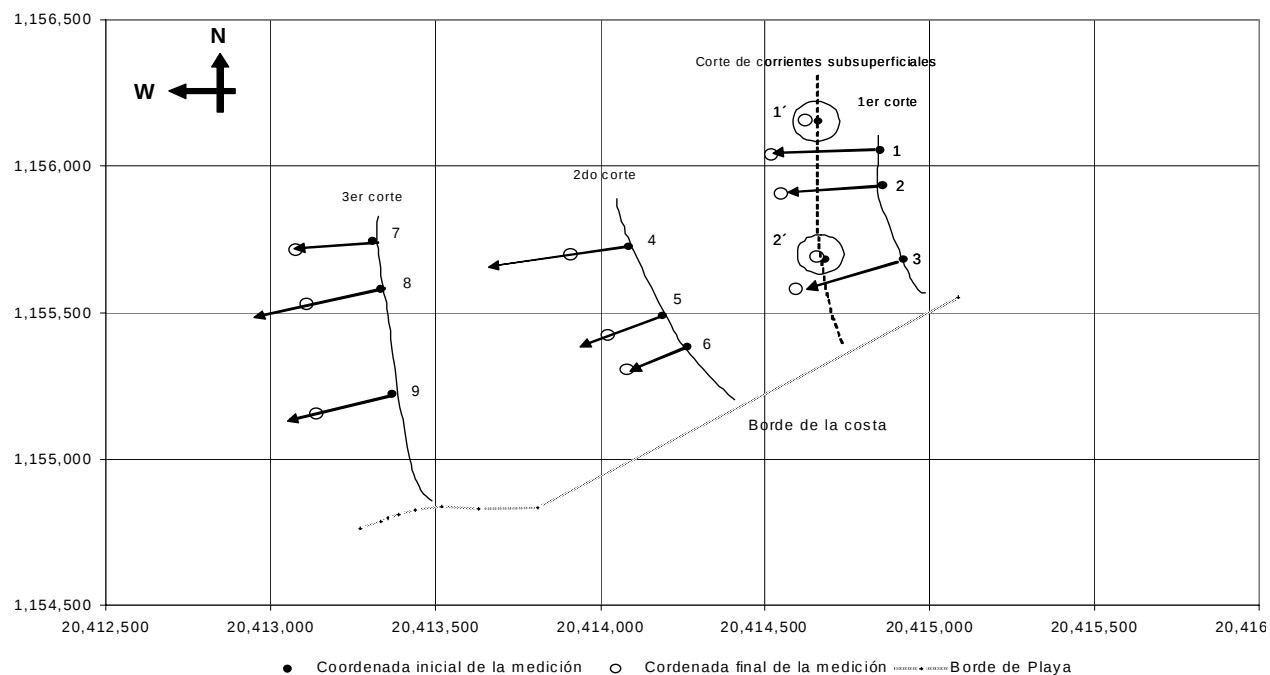


Fig. 6. Las corrientes en la región de San Antonio del Golfo en la época de ausencia de la surgencia.

Las corrientes medidas en las profundidades mostraron valores muy reducidos y sólo representan el 10% del valor registrado en la superficie (2,6 cm/seg). En cuanto a la dirección, el promedio fue de 284° y muestra una pequeña desviación con respecto a la superficie (Tabla 3).

Como ya se mencionó anteriormente, para la época cuando se intensifican los vA, de las mediciones realizadas en el transecto 6 (Los Cachicatos - Ens Cachamaure), en una franja marina de unos 1000 m cercanos a la costa sur, la dirección de la corriente en los primeros 12 - 14 m es de $15,0$ cm/seg y la dirección 113° . Luego, por debajo de los 19 m de profundidad, la velocidad disminuye a $8,0$ cm/seg y la dirección permanece muy similar e igual a 120° (Fig. 5).

Estos resultados muestran, que al menos para la zona de San Antonio del Golfo para épocas con diferentes regímenes de viento, la dirección que obtienen las corrientes marinas resultan ser muy diferentes, y hasta contraria.

DISCUSIÓN

Nuestras observaciones en el interior del golfo para la época cuando se intensifican los vA, muestran que las aguas describen un movimiento ciclónico, lo que implica

movimientos ascendentes o de elevación del volumen de las masas de agua, propios de las zonas de surgencia (Fig. 7a).

Para la época cuando se debilitan los vientos, la surgencia disminuye o desaparece y no se puede mantener el mismo esquema de circulación en *La Boca*, tal como lo señalan OKUDA (1982) y CARABALLO (1982b), pues de lo contrario la surgencia sería permanente y no se explicaría la formación de la anoxia en el golfo de Cariaco (SIMPSON & GRIFFITHS 1967; OKUDA *et al.* 1978; BENÍTEZ & OKUDA 1985; FERRAZ-REYES 1989).

Cuando disminuye o deja de actuar la surgencia, las aguas más próximas a la superficie son las que penetran al golfo (Fig. 7b). Estas aguas luego de un período de estadía en el mismo y bajo condiciones de baja actividad eólica, fuerte insolación e intensa evaporación (QUINTERO & LODEIROS 1996; QUINTERO *et al.* 2004) se hacen más densas y estratifican. Creemos que las aguas de mayor densidad en relación a las superficiales tienden a salir por el estrato inferior, mientras que las estratificadas por debajo del umbral de comunicación con la Cuenca de Cariaco, son proclives a apilarse estacionalmente en la parte más profunda de la zona central (formación de la anoxia), hasta ser resuspendidas de nuevo en el próximo

Tabla 2. Corrientes superficiales en el área de San Antonio del Golfo.

Corte	Est.	Recorrido (m)	Tiempo min:seg	Velocidad cm/seg	Dirección grad
1	1	331,26	23:04	23,80	268°
	2	310,36	22:48	22,48	265°
	3	341,58	23:59	23,59	253°
			Promedio	23,41	262°
			Des. Stand.	0,60	8,0
2	4	177,07	08:52	33,28	261°
	5	181,07	14:42	20,53	249°
	6	198,01	20:14	16,31	247°
			Promedio	23,37	252°
			Des. Stand.	8,80	7,8
3	7	236,78	10:08	21,76	263°
	8	230,71	11:38	33,05	257°
	9	238,32	16:54	23,50	253°
			Promedio	26,11	258°
			Des. Stand.	6,10	4,80
Promedio Total				24,30	257°

período de surgencia. De modo que el balance de elementos nutritivos en el gofo de Cariaco debe ser positivo pues sólo saldría parte de los nutrientes que ingresan desde la cuenca.

Cambios en la circulación de las aguas de una época a otra en *La Boca* o en las inmediaciones de la población de San Antonio del Golfo, tal como se evidencia de las mediciones realizadas, podrían ser indicativos de variaciones en el patrón de la circulación de las aguas en el interior del golfo mismo y no sería descabellado

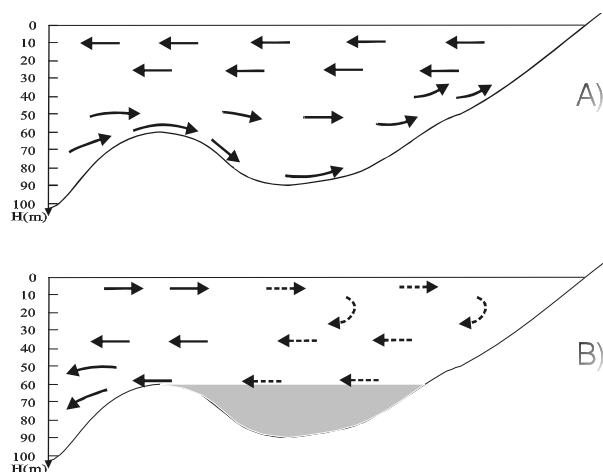


Fig. 7. Esquema vertical de la circulación en época de surgencia (a); y en ausencia de la surgencia (b).

Tabla 3. Corrientes en el fondo del área de San Antonio del Golfo

Corte	Est.	Recorrido (m)	Tiempo min:seg	Velocidad cm/seg	Dirección grad
4	1'	36,35	19:52	3,04	278°
	2'	26,57	20:52	2,12	290°
			Promedio	2,58	284°
Des Stand				0,65	8,4

suponer que para la época de ausencia de la surgencia la circulación anticiclónica de las aguas que tiene lugar en la zona de Güirimar se intensifique o amplíe sus dimensiones y efectos, induciendo con su movimiento descendente al asentamiento de las aguas y a la formación de la anoxia.

La suma de los nutrientes resuspendidos y los que ingresan desde la Cuenca le confieren un alto grado de fertilización a las aguas y los elevados valores de productividad primaria al golfo de Cariaco (GINÉS 1972). De modo que no sería la falta de nutrientes una de las causas del brusco descenso y merma de las pesquerías en el golfo de Cariaco que se inició en 1972 (QUINTERO *et al.* 2002).

CONCLUSIONES

La dirección de los vA en la costa venezolana tienen dirección preponderante del este (E).

Durante la época de surgencia las aguas salen del golfo de Cariaco por encima de los 30 m y entran por debajo de esa profundidad. Durante la época de ausencia de la surgencia, las aguas salen por debajo de los 30 - 40 m y penetran al golfo por encima de esa profundidad.

En el interior del golfo, para la época de surgencia las aguas efectúan un giro ciclónico que abarca la mayor parte del área con presencia de otro giro (anticiclónico) centrado en la bahía de Güirimar.

Hacia el área de San Antonio del Golfo las corrientes tienen dirección hacia el E en la época de surgencia y dirección W en la época cuando es deficiente la surgencia por aminorar los vA.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Postgrado en Ciencias Marinas del Instituto

Oceanográfico de Venezuela, que a través de la expedición Crucero Oceanográfico '91 hicieron posible las mediciones de las corrientes en *La Boca* del golfo de Cariaco. Al Ing. JOSÉ GUERRA y al Prof. ALVIS FERRER por haber propiciado las mediciones en el área de San Antonio del Golfo. Igualmente a la Dirección del IOV por el apoyo desinteresado y oportuno para realizar las mediciones en todo el sector del golfo de Cariaco.

REFERENCIAS

- ANÓNIMO. 1993. *Estadísticas climatológicas de Venezuela. Período 1961 - 1990*. Ministerio de la Defensa. Fuerza Aérea de Venezuela. Maracay, Venezuela. 143pp.
- APARICIO R. 1999. Aspectos climáticos y oceanográficos de la región norte de la península de Araya. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 38(1): 10-11.
- ÁVILA R., L. HERRERA, G. FEBRES & H. TONDA. 1980. *Régimen de las mareas en las aguas costeras de Venezuela, en especial la zona del delta del Orinoco*. Inf. Téc. INTEVEP. Caracas, Venezuela. 83pp.
- BENÍTEZ J. 1974. Golfo de Cariaco. Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe Suroriental, especialmente en el margen continental de Venezuela. *Cuadernos Azules*. 15(8): 110-124.
- _____. & T. OKUDA. 1985. Variación estacional de las diversas formas del nitrógeno en el Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 24(1-2): 185-198.
- BONILLA J. 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 18 (1&2): 133-155.
- BRACHO C. & J. MORETTI. 1988. El sistema de las mareas en el golfo de Venezuela. *Bol. DN*. 1(1): 3-30.
- CARABALLO L. 1982a. El golfo de Cariaco. Parte I: Morfología y batimetría. Estructuras y tectonismo reciente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 21(1-2): 13-35.
- _____. 1982b. Golfo de Cariaco. Parte III: Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 21(1-2): 67-83.
- FERRAZ-REYES E. 1989. Influencia de factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica, en el golfo de Cariaco (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 28(1-2): 7-56.
- GADE H. G. 1961. Further hydrographic 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. Venezuela*. 1(2): 359-395.
- GINÉS H. 1972. *Carta Pesquera de Venezuela (1): Áreas del Nororiente y Guayana*. H. Ginés, editor, Monografía No. 16, Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, Venezuela. 328pp.
- GOLDBRUNER A. 1984. *Atlas Climatológico Período 1951-1970*. . Ministerio de la Defensa, Fuerza Aérea, Comando Logístico, Servicio de Meteorología. Edición 1984. Maracay, Venezuela. 70pp.
- GRIFFITHS R. C. & J. SIMPSON. 1967. Estructura térmica del golfo de Cariaco, Venezuela, de agosto de 1959 hasta agosto de 1961. Venezuela. *En. Pesq. Ser. Rec. Explot. Pesq.* 1(4): 116-169.
- GUEVARA-DÍAZ J. M. 1988. *Meteorología*. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 381pp.
- HERRERA L. & G. FEBRES. 1975. Kinematics of the wind-generated velocity field in the surface waters off eastern Venezuela, Caribbean Sea. *Bol. Inst. Oceanogr.* 14(2): 165-186.
- METEO CONSULT. 2009. Dominae de Morsinval F-78540 – Vernouillet. Francia. Disponible en <http://meteoconsult.com> (revisada en marzo 2009).
- MORELOCK J. 1982. Marine geology of the Gulf of Cariaco. *Acta Cient. Venez.* 33: 226-234.

- OKUDA T. 1982. Rate of water renewal and phosphate input in the gulf of Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 21(1-2): 3-12.
- _____, J. BENÍTEZ, J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 17(1-2): 69-88.
- QUINTERO A. & C. LODEIROS. 1996. Variaciones térmicas del agua en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 35(1-2): 27-40.
- _____. & G. TEREJOVA. 2008. Influencia de las corrientes marinas sobre el transporte de sedimentos en la boca del golfete de Coro, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 47(1): 77-87.
- _____, G. TEREJOVA & J. BONILLA. 2005. Morfología costera del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 44(2): 133-142.
- _____, G. TEREJOVA, A. PADRÓN, G. VICENT & J. BONILLA. 2002. Los pescadores del golfo de Cariaco. *Interciencia*. 27(6): 286-292.
- _____, J. BONILLA, L. SERRANO, M. AMARO, B. RODRÍGUEZ, G. TEREJOVA & Y. FIGUEROA. 2004. Características ambientales de la bahía de Mochima y adyacencias de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 43(1-2): 49-64.
- ROA-MORALES P. & F. OTTMAN. 1961. Primer estudio topográfico y geológico del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr.* 1(1): 5-21.
- SIMPSON J. G. & R. C. GRIFFITHS. 1967. La distribución de la densidad en el golfo de Cariaco, Venezuela oriental. *Inv. Pesq. Ser. Rec. Explot. Pesq.* 1(8): 305-327.
- VILA M. A. 1965. *Aspectos Geográficos del Estado Sucre*. Corporación Venezolana de Fomento. Caracas, Venezuela. 266pp.

RECIBIDO: Mayo 2009
ACEPTADO: Agosto 2009