

Corrientes marinas e intercambio de agua al sur de la provincia Artemisa, Cuba

Marine currents and water exchange on south of Artemisa, Cuba



<https://cu-id.com/2377/v31n1e15>

¹Liliam Arriaza Oliveros^{1*}, ²Yudelsy Carrillo Betancourt², ³Joel Trincado Ventura³,
Enrique Pérez Sánchez⁴, ⁵Raudel García Santos⁵

¹Instituto de Meteorología, Cuba

²Instituto de Geografía Tropical, Cuba

³Universidad de Colima, México

⁴Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

⁵Instituto de Ciencias del Mar, Cuba.

RESUMEN: La zona costera ubicada al sur de la provincia Artemisa, parte del golfo de Batabanó, es el área donde se realizaron las investigaciones. En enero y julio de 2019, se midieron corrientes marinas en los principales canales o ríos de este litoral; cuya selección se realizó según criterios del cuerpo de guarda bosques de la zona, y se calcularon los flujos de agua a través de estos pasos de intercambio con el golfo. Las corrientes marinas en la ensenada de Majana, y al sur de Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío son lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas en las proximidades del Cajío, en julio de 2019. En Majana predominaron corrientes con rumbos de componente este durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea; su influencia es significativa desde Guanimar hasta Cajío. La dirección del flujo de agua estimado a través de Maravilla y Los 21 metros y los ríos Guanimar y Cajío coincide con el drenaje o no de los badenes del Dique Sur más próximos a cada uno de estos pasos. El volumen de agua estimado entrando al río Cajío en enero de 2019, es mayor que el saliente en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; por tanto, en Cajío la intrusión salina podría ser acelerada sistemáticamente por el comportamiento de la circulación marina litoral; sin embargo, afirmar esto requiere realizar mediciones por un periodo mayor de tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa.

Palabras clave: corrientes marinas, Artemisa, Cuba.

ABSTRAT: The coastal area located south of the Artemisa, part of the Gulf of Batabanó, is the area where the investigations were carried out. In January and July 2019, marine currents were measured in the main channels or rivers of this coastline; whose selection was made according to the criteria of the area's forest rangers, and the water flows through these exchange steps with the gulf were calculated. The marine currents in the Majana inlet, and south of Guanimar, Los 21 metros and Playa Cajío are slow, reaching extreme maximum magnitudes in the vicinity of Cajío, in July 2019. In Majana, currents with easterly directions dominate during both samplings, without significant influence of the tide; its influence is significant from Guanimar to Cajío. The direction of the estimated water flow through Maravilla, Los 21 metros, Guanimar and Cajío rivers coincided with the drainage or not of "Dique sur" speed bumps closest to each of these passes. The estimated volume of water entering the Cajío river in January 2019 is greater than that exiting in July 2019, during the rainy season of the year and with persistent rains during sampling; Therefore, in Cajío the saline intrusion could be systematically accelerated by the behavior of the coastal marine circulation; however, affirming this requires carrying out measurements for a longer period of time and including other points on the southern coast of Artemisa.

Key Words: sea currents, Artemisa, Cuba.

*Autor para correspondencia: Liliam Arriaza Oliveros. E-mail: arriazaoceano@gmail.com

Recibido: 15/06/2024

Aceptado: 02/12/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Liliam Arriaza Oliveros: **conceptualizó la investigación, diseñó el muestreo y ejecutó muestreo por mar, procesó datos, calculó flujos, dirigió el proyecto y redactó el texto original.** Yudelsy Carrillo Betancourt: **realizó muestreos por tierra, análisis disímiles en sistema de información geográfica, y participó en discusión de los resultados.** Enrique Omar Sánchez Pérez, Joel Trincado Ventura, Raudel García Santos: **realizaron los muestreos en el mar y procesamiento de datos, y participaron en la discusión de los resultados.**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

En la zona marina ubicada al sur de la provincia Artemisa, y que forma parte de las aguas del noroccidente y norte-centro del golfo de Batabanó (Figura 1) se realizan muestreos y cálculos con el objetivo de obtener la caracterización y estimación del movimiento del agua en su litoral costero.

Considerando que existen varios trabajos históricos sobre las características del golfo de Batabanó se incluye en la introducción un resumen de estos conocimientos, que son complementados con los resultados presentados más adelante; los cuales actualizan dichos conocimientos, ya que brindan nuevos detalles de la circulación marina litoral dentro de este cuerpo de agua.

El golfo de Batabanó o plataforma Suroccidental se encuentra ubicado en la región Suroccidental de Cuba. Limita al Norte con el litoral costero de las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque y Matanzas; al Este, con el golfo de Cazones; al Oeste con la provincia Pinar del Río; y al Sur, con el archipiélago de Los Canarreos (Figura 1). Esta zona, está rodeada por uno de los mayores humedales del Mar Caribe. Estos ecosistemas tienen una notable importancia ecológica-económica, por su alto potencial productivo, además de servir de refugio a muchas especies de interés comercial, sobre todo en su estado juvenil como la langosta común y camarones. Además, se encuentra en la región cubana de mayor incidencia de fenómenos atmosféricos peligrosos, siendo frecuente el paso de tormentas tropicales e intensos huracanes por sus aguas o muy cerca de estas.

En el golfo de Batabanó el régimen de viento habitual se somete a la combinación de la circulación de brisas con los alisios. Predomina el buen tiempo, con vientos del tercer al cuarto cuadrante y velocidad media de 3,0 a 3,5 m/s.

En el golfo de Batabanó se encuentran bien definidos los períodos de lluvia (de mayo a

septiembre) y poco lluvioso (de noviembre a marzo), con máximos de hasta 154,0 mm y mínimos de 32,8 mm. Las temperaturas del aire máximas medias se comportan por encima de los 30,0 °C durante el período lluvioso. En los meses del período poco lluvioso las temperaturas máximas medias promedian 26,5 °C. Durante abril y octubre (meses de transición) este parámetro tiene un valor promedio de 29,5 °C. Además, es la zona de la plataforma insular cubana azotada con mayor frecuencia por intensos eventos meteorológicos (Hernández y col., 1998, Resumen Climático, 1991).

El análisis estadístico de las series de tiempo de temperatura superficial del mar de más de diez años de duración, obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales (Hernández y col., 2005), permitió establecer que la amplitud máxima de sus variaciones en el golfo de Batabanó fue superior a 11,0°C, siendo en las zonas oceánicas adyacentes ligeramente mayor de 5° C. Los valores extremos máximo (31,42°C) y mínimo (19,78°C) se registraron en la parte oriental del golfo de Batabanó. La citada fuente refiere que, a causa de la presencia de los frentes fríos se produce casi siempre un descenso en la temperatura superficial del mar, que puede alcanzar los 3,0 °C, como ocurrió en 1996 en presencia de un frente frío fuerte. Con menor frecuencia la temperatura se eleva antes de la entrada de los frentes, lo cual puede estar asociado a la influencia de vientos del Sur.

Las mediciones instrumentales del nivel del mar realizadas en el golfo de Batabanó señalan que hacia su interior predominan las variaciones no periódicas (Hernández y col., 2005), de carácter meteorológico, sobre las oscilaciones periódicas de la marea y solo en períodos de calma eólica se puede observar una curva de marea definida y de pequeña amplitud que no supera los 25 cm (Rodríguez y Rodríguez, 1983). En las cayerías ubicadas al sur, el carácter de la marea es mixto, semidiurno e irregular con

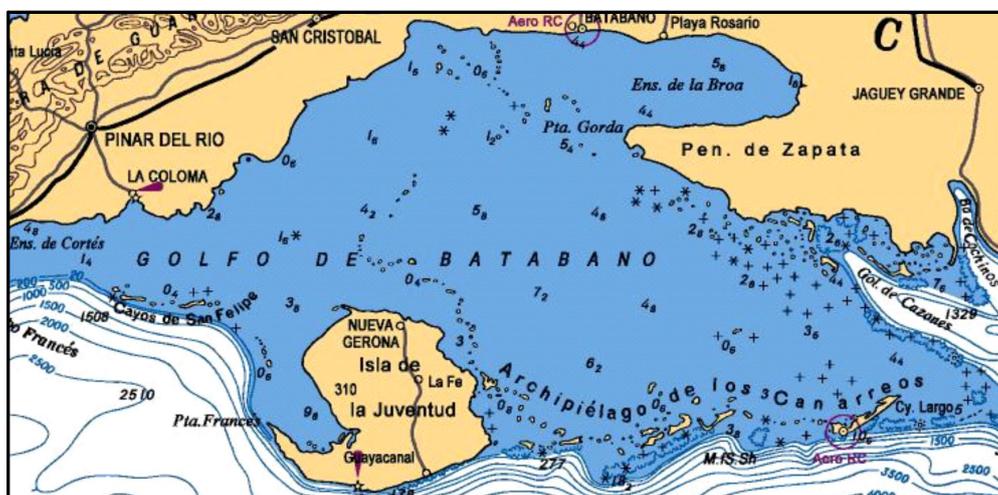


Figura 1. Golfo de Batabanó

amplitudes promedio para la marea mayor de cada día de 25 a 50 cm y amplitudes promedio de la marea menor de cada día inferior a 20 cm. La amplitud promedio de marea, resulta por lo general, inferior a 25 cm (Rodríguez y Rodríguez, 1983; Viamontes, 1990).

Corrientes marinas en el golfo de Batabanó

En el golfo de Batabanó, el movimiento neto del agua es de este a oeste, con velocidades que no exceden los 10,0 cm/s (Blázquez y col. 1982). Las corrientes marinas son de mayor intensidad y de mayor variabilidad direccional en la frontera abierta que en su interior. Resultan particularmente más intensas durante el flujo y el reflujó (hasta 48,9 cm/s y 50,2 cm/s, como promedio, respectivamente). El movimiento de sus aguas presenta singularidades como un giro anticiclónico al oeste de la Isla de La Juventud y divergencias en la circulación a la entrada de la ensenada de La Broa (Arriaza y col., 2006).

Al sur del golfo persisten varias entradas y salidas de agua, con velocidades entre 3,0 y 4,7 cm/s, esto está estrechamente relacionado con la variabilidad direccional de la circulación oceánica adyacente (Simanca y col., 2003), que presenta remolinos tanto ciclónicos como anticiclónicos, que se trasladan por las aguas ubicadas a cientos de metros esta plataforma. Las intensidades de las corrientes marinas en las aguas oceánicas al sur del golfo de Batabanó pueden alcanzar desde 40,0 hasta 80,0cm/s. Las mayores intensidades en la proximidad de la plataforma se presentan al sureste (Viamontes, 1990; Simanca, 2004; Lorenzo y col., 2007; figura 2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la medición de corrientes marinas (magnitud y dirección):

- En enero de 2019, durante periodos de 48 horas (Tabla 1), en todas las estaciones correntométricas de la figura 3, se ubicaron correntógrafos autónomos Andraas SD 6000, de fabricación noruega.
- En julio de 2019, en las estaciones exteriores a los canales o ríos (Figura 2), también durante 48 horas, se fondearon correntógrafos Acuadops, de la marca Nortek, cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto físico conocido como Doppler. Al igual que en enero de 2019 se ubicaron Andraas SD 6000 dentro de los canales o ríos muestreados (Figura 3, tabla 1).

Los meses de enero y julio se consideran correspondientes a los periodos poco lluvioso y lluvioso del año, respectivamente. De manera que, el diseño de muestreo se realizó con el objetivo de tener mediciones, al menos durante 48 horas, de las corrientes marinas en los puntos seleccionados, para estimar el intercambio de agua a través de los canales y ríos próximos. Además, durante periodos de varios días (2 -10), en los años 2015 (septiembre) y 2016 (junio) se realizaron mediciones al sur de Güira de Melena, Artemisa. Los resultados del análisis de estas mediciones fueron reportados por Rodas y col. (2015) y Arriaza y col. (2016) al proyecto “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local (BASAL)”, y son citados para la caracterización de corrientes marinas al sur del litoral costero de la provincia Artemisa.

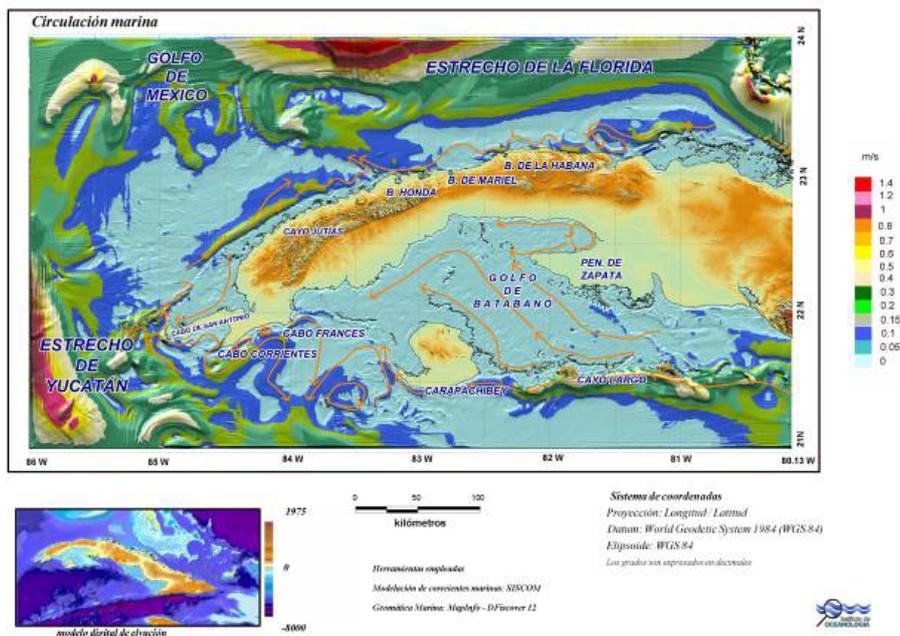


Figura 2. Esquema general de circulación marina en el golfo de Batabanó

Tabla 1. Localización geográfica y fecha de las mediciones de corrientes marinas

Zona	Fecha fondeo	Fecha de recogida	Latitud	Longitud
Ensenada de Majana: Canal Maravilla (badén 8)	24/01/19	26/01/19	22° 41' 55,3"	82° 46' 09,6"
Ensenada de Majana	24/01/19	26/01/19	22° 41' 43,6"	82° 46' 10"
Al sur de la desembocadura del río Guanimar	26/01/19	29/01/19	22° 40' 36,8"	82° 39' 41,5"
Dentro del río Guanimar(badén 11)	26/01/19	29/01/19	22° 41' 24,6"	82° 39' 17"
Canal Los 21 metros (badén 18)	29/01/19	31/01/19	22° 41' 6,57"	82° 35' 22,34"
Al sur de la salida del canal Los 21 metros	29/01/19	31/01/19	22° 40' 47,6"	82° 35' 32,8"
Al sur de desembocadura del río Cajío	31/01/19	02/02/19	22° 40' 21,14"	82° 28' 26,77"
Dentro del río Cajío (badén 25)	31/01/19	02/02/19	22° 41' 20,22"	82° 27' 55,62"



Figura 3. Ubicación de las estaciones correntométricas

Se utilizaron las herramientas computacionales del equipo (SD 6000, Versión 4.7.0.59), y del Acuadop (AquaPro, v1.37.08) para el procesamiento primario de las series de mediciones de corrientes marinas. De tal forma, se obtuvieron los estadígrafos básicos: velocidad máxima, mínima, el promedio, la desviación estándar y la varianza.

Para el análisis final y los gráficos, se emplearon hojas de cálculo del Excel, del Microsoft Office, el MATLAB (Mathematic Laboratory) y Mapinfo 2012.

El cálculo del volumen de agua a través de los canales y ríos se realizó a partir de la siguiente fórmula:

$$V = \int u \, dA$$

Donde:

V- volumen a través del canal

dA- area transversal del canal

u- velocidad del movimiento del agua a través del canal

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Corrientes marinas medidas

Según Rodas y col. (2015), las corrientes marinas medidas al sur del litoral costero del municipio Güira de Melena en septiembre de 2015 presentan los máximos valores (aproximadamente 7 cm/s) en el Canal de Cayamas, los mínimos de 3,0 cm/s en las aguas más próximas al litoral (Playa Tomate) y 4,2 cm/s al sur de Playa del Cajío; y en el canal de Cayamas predominó la influencia de la marea.

Además, Arriaza y col. (2016), estiman que, en las aguas ubicadas al sur de este municipio, el promedio de la velocidad de las corrientes marinas es menor de 6,0 cm/s y así se comportan durante las mediciones realizadas en junio de 2016.

Según las mediciones recientes, las corrientes marinas (en las cuatro ubicaciones, al sur de: Playa Majana, río Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío), son lentas, pero pueden alcanzar máximos extremos de 29,6 cm/s (julio de 2019, tabla 2) en las proximidades de Playa del Cajío. Este resultado coincide con lo reportado en investigaciones precedentes (Emilson y Tapanes, 1971; Blázquez y col., 1983; Hernández y col., 1998; Arriaza y col. 2008; Rodas y col., 2015 y Arriaza y col. 2016); sin embargo, en este periodo se miden máximas y medias superiores (7,0 -12,0 cm/s, tabla 2) a las obtenidas por estos autores. Los promedios de la magnitud de las corrientes marinas medidas son superiores en el muestreo correspondiente a la época lluviosa del año (Tabla 2).

En la ensenada de Majana predominan los rumbos de componente este (60 %) durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea (Figura 4).

Los rumbos predominantes cerca del litoral costero de Guanimar, de Los 21 metros y de Playa del Cajío son de componente norte (40%), sur (sureste con 45 % en julio/2019) y este (40 %), respectivamente. La variabilidad de la magnitud y de la dirección de las corrientes marinas es mayor en Los 21 metros y en Playa del Cajío, que en Guanimar (Tabla 2, figuras 5, 6 y 7).

Tabla 2. Estadísticas generales de los datos de corrientes medidas

Estación	Velocidad media (cm/s)	Dirección predominante	Velocidad máxima (cm/s)	Velocidad mínima (cm/s)	Desviación estándar (cm/s)	Varianza (cm ² /s ²)	Fecha
Ensenada Majana	1,8	NNE	3,8	1,0	0,8	0,61	Enero/2019
	11,8	E	20,0	3,0	4,5	20,36	Julio/2019
Al sur de la salida del canal Los 21 metros	1,2	S	3,2	1,0	0,4	0,2	Enero/2019
	9,4	SE	20,0	1,0	5,1	26,1	Julio/2019
Al sur de la desembocadura del río Guanimar	2,6	NW	10,2	1,0	2,1	4,23	Enero/2019
	7,0	N	17,0	0,4	3,6	13,1	Julio/2019
Al sur de la desembocadura del río Cajío	5,0	WNW-NNE	11,6	2,0	2,8	8,2	Febrero/2019
	11,1	E	29,6	0,4	5,4	29,7	Julio/2019

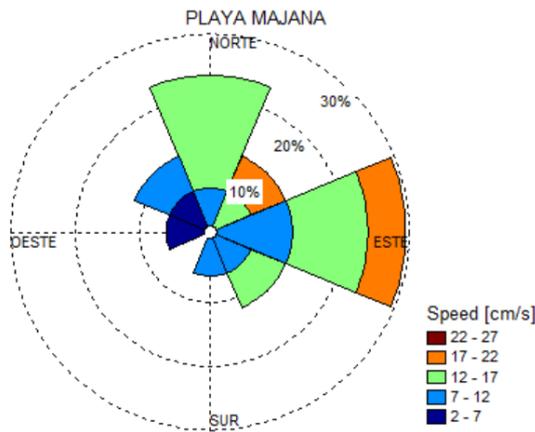


Figura 4. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos

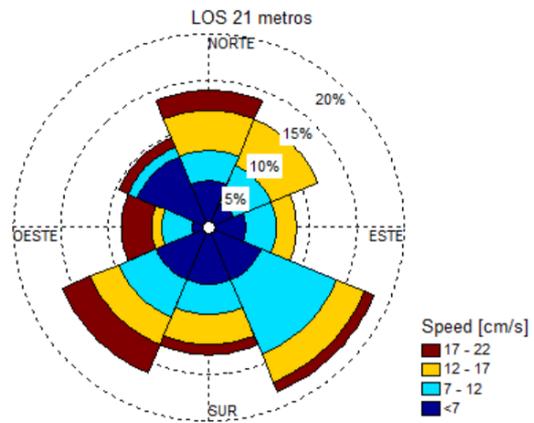


Figura 6. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos

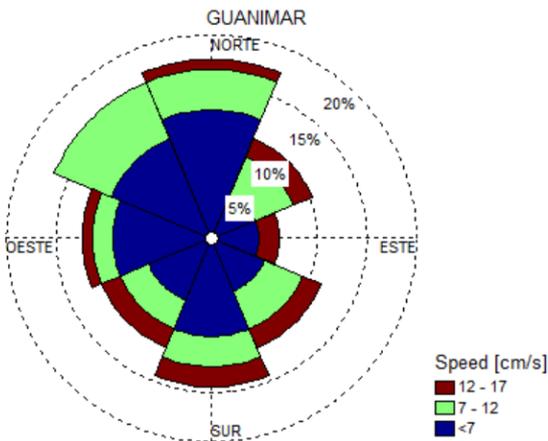


Figura 5. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos

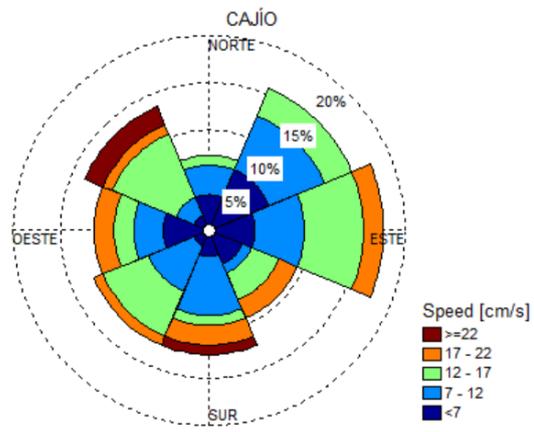


Figura 7. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos

Particularmente, a 1 km de la desembocadura del río Guanimar, durante el muestreo realizado en enero de 2019 predomina (80 %) el rumbo noroeste sin influencia de la marea debido a la incidencia de vientos del sur persistentes durante 72 horas, que provocan inundaciones costeras y anulan el movimiento rotatorio (hacia tercer y cuarto cuadrante) generado por la marea.

El movimiento oscilante provocado por la marea con alta frecuencia de rumbos (27- 40%), y con la mayor varianza en las mediciones, predomina en las aguas poco profundas desde el sur de Guanimar hasta Playa del Cajío, con las mayores magnitudes de la velocidad del movimiento hacia el tercer y cuarto cuadrante oceanográfico (sur a oeste a norte). Aunque, los flujos residuales o más frecuentes no

siempre coinciden con esos cuadrantes, o sea, los rumbos más frecuentes corresponden a los de la menor rapidez de las corrientes marinas excepto al sur de Guanamar. En julio de 2019, en las proximidades de Guanamar predomina ligeramente (35 %, figura 5) el movimiento hacia el norte con velocidades máximas (hasta 17 cm/s).

La influencia marcada de la marea cerca del litoral costero de Artemisa desde Guanamar hasta Playa del Cajío, en condiciones de régimen habitual, se debe a los vientos débiles que predominan en la zona, mayormente de componente este durante ambos muestreos, y a la influencia de la circulación marina en el Canal de Cayamas, donde prevalece la marea (Rodas y col., 2015).

Flujos o transportes de volumen de agua estimados

La dirección del flujo de agua estimado a través de los canales Maravilla y Los 21 metros y de los ríos Guanamar y Cajío coincide con el drenaje o no de los badenes más cercanos a cada uno de estos pasos (Tabla 3).

Los volúmenes de agua estimados y la dirección del movimiento de estos volúmenes parecen indicar que, de las cuatro ubicaciones muestreadas, es Playa del Cajío la zona con mayor probabilidad de intrusión salina directa y persistentemente acelerada por la dinámica marina. El volumen de agua estimado entrando al río Cajío (13 478,4 m³) en enero de 2019, es mayor que el saliente (10 368,0 m³) estimado en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; esto podría contribuir a acelerar la intrusión salina en esta zona. De manera que, sería una aceleración sistemática debida al

comportamiento de la circulación marina litoral según la época del año y las condiciones meteorológicas locales. Además, según González y Flores (2015), la intrusión salina en la cuenca sur de La Habana, que incluye la actual provincia de Artemisa ha aumentado. Una de las variaciones reportadas por estos autores, es precisamente el avance de la línea de intrusión salina en el municipio Güira de Melena. Sin embargo, se requiere realizar mediciones por un periodo mayor de tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa en el muestreo.

El hecho de que la dirección del flujo de agua estimado a través de los canales Maravilla y Los 21 metros y los ríos Guanamar y Cajío coincida con el drenaje o no de los badenes más próximos a cada uno de estos pasos; manifiesta la influencia de este dique en el volumen de agua que entra y sale y en las características de la vegetación costera; que, aunque mejor preservada que hacia el este del Cajío, según se pudo observar durante los muestreos, presenta parches con diferente densidad.

CONCLUSIONES

- Las corrientes marinas medidas en la ensenada de Majana, y al sur de Guanamar, Los 21 metros y Playa del Cajío son lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas en las proximidades de Playa del Cajío, en julio de 2019.
- En la ensenada de Majana predominan los rumbos de componente este durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea. Sin embargo, la marea si es significativa en el movimiento de las aguas en las proximidades del litoral costero sur de Artemisa desde Guanamar hasta Playa del Cajío.

Tabla 3. Flujo de agua a través de cada canal o río

Canal o río	Volumen medio en 48 horas (m ³)	Hacia	Muestreo	Observaciones
Canal Maravilla	3 456,0	SW (salida de agua)	Enero/2019 (Llovió durante el 50 % del periodo de mediciones, Frente Frio Débil)	Badén 8 Drenaba en noviembre de 2018, (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso).
	4 492,8	SE	Julio/2019	
Canal Los 21 metros	4 838,4	S (salida de agua)	Enero/2019	Badén 18 Drenaba en noviembre de 2018 y en enero de 2019 (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	3 456,0	SE (salida de agua)	Julio/2019	
Río Guanamar	12441,6	SSE (salida de agua)	Febrero/2019 (Llovió continuamente, Frente Frio Fuerte, el Sur que lo precedió provocó inundaciones costeras en Guanamar y Cajío)	Badén 11 Drenaba en noviembre de 2018. (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	10 368,0	ESE (salida de agua)	Julio/2019	
Río Cajío	13 478,4	NE	Febrero/2019	Badén 25 No drenaba en noviembre de 2018. (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	10 368,0	SSSW (salida de agua)	Julio/2019 (Abundantes lluvias antes y durante las mediciones)	

- El volumen de agua estimado entrando al río Cajío (13 478,4 m³) en enero de 2019, es mayor que el saliente (10 368,0 m³) estimado en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; esto podría contribuir a acelerar la intrusión salina en esta zona.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo de guardabosques del Cajío de la provincia Artemisa, por su apoyo incondicional durante los muestreos y sus valiosos criterios sobre la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Arriaza L., M. Hernández, L. Rodas y J. Simanca (2004): Simulación de la circulación inducida por el viento y las mareas en el Golfo de Batabanó. Revista de Investigaciones Pesqueras. No.1. Ed. E. 2004.
- Arriaza L., M. Hernández, L. Rodas y J. Simanca (2005): Simulación de la circulación en el Golfo de Batabanó II. Contribución a la educación y la protección ambiental Vol. 6, ISBN 959-7136-35-X.
- Arriaza L., D. E. Milian, L. Rodas y J. Simanca (2006 a): A basis for Enviromental Monitoring in the Gulf of Batabanó applying hydrodynamic simulations, Contribution to the Education and Environmental Protection, Vol. 7, ISBN 979-7136-43-0.
- Arriaza L., L. Rodas, J. Simanca, S. L. Lorenzo, D. E. Milian y P. Romero (2008): Contribución a la gestión ambiental del golfo de Batabanó: modelación numérica de corrientes marinas, Rev. Invest. Mar. No29, pp 89-99.
- Blázquez L. (1981): Algunos aspectos del régimen de temperatura en la plataforma Noroccidental de Cuba y la región oceánica adyacente. Informe científico técnico No. 171. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba.
- Blázquez L y E. Romeu (1982): Contribución al estudio de la circulación general del Golfo de Batabanó. Zona B. Reporte de Investigación. No 1. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba, 34 pp. 1-33.
- Blázquez L, J. P. Rodríguez-Portal, I. Rosabal-Campos y R. Calderón Hebra (1988): Mediciones de corrientes marinas en el Golfo de Batabanó. Reporte de Investigación. No 14. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba, ISSN 0138-6328.
- Emilsson I. y J. Tápanes (1971): Contribución a la hidrología de la plataforma Sur de Cuba. Serie Ocenológica. No 9. ACC.
- García C., A. Betanzos, y J.A. Gómez (1995): Oceanografía del área de Punta del Este. Golfo de Batabanó, Cuba. Revista cubana de Investigaciones Pesqueras, CIP, Cuba, pp. 10-17.
- González B., E. y E. Flores V. (2015): Avance de la intrusion salina originada por el ascenso del nivel medio del mar, escenario 2050. Macroproyecto cambio climático: "Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera 2050-2100"
- Hernández M., A. Hernández, L. Arriaza, J. Simanca, S. L. Lorenzo, S. Cerdeira, L. Rodas, G. Díaz, I. Hernández, O. Marzo, J. L. Chang, A. Oviedo y H. M. Alfonso (2005 a): Estimación de la tasa de incremento del nivel medio del mar a partir de mediciones directas y evaluación de su impacto en el Golfo de Batabanó y en la Península de Zapata. Proceedings de Geociencias 2005. Sociedad Cubana de Geología. 5 al 8 de abril del 2005. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba. ISBN 959-7117-03-7.
- Hernández M., L. Rodas, L. Arriaza, J. Simanca, S. L. Lorenzo, S. Cerdeira, E. O. Linares y A. Morales (2005 b): Características y pronóstico de la circulación de las aguas de las plataformas Suroccidental y Noroccidental y de su influencia sobre la distribución espacio - temporal de la temperatura y la salinidad mediante la modelación numérica. Informe de resultado del proyecto Desarrollo de métodos y tecnologías para el pronóstico de procesos oceanográficos en la plataforma insular cubana. Archivo Científico de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA). 160 pp.
- Lluis M. (1972): Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. Serie Oceanológica No. 14 y Rep. Invest. No 18. Instituto de Oceanología. ACC.
- Lorenzo-Sánchez; Sergio L., L. Rodas; L. Arriaza; M. Hernández, A. Morales y J. Viamonte (2007 b): Espaciocartas sobre la circulación general de las aguas en las plataformas Noroccidental, Suroccidental y Suroriental de Cuba. Informática 2007. ISBN 978 959 285 002-5.
- Rodas L., J. Navarro Padrón, R. García Santos y Y. Carrillo Betancourt (2015): "Corrientes marinas". Informe al proyecto "Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local (BASAL)".
- Rodríguez J. y J. Rodríguez (1983): Las mareas en las costas cubanas. Rep. Invest. No 8. Instituto de Oceanología. ACC.
- Simanca J., A. Gómez y L. Fernández (1992): Corrientes Marinas al S de Cuba. II Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA.
- Simanca J., O. Ramírez, L. Fernández (2003): Corrientes marinas al S del Golfo de Batabanó. V Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA.
- Simanca J. (2004): Análisis de las Características Estadísticas y Espectrales de las Componentes Periódicas y no Periódicas de la Corriente Sumaria en la Periferia Acuática del Golfo de Batabanó, Tesis de maestría especialidad de Análisis Ambiental.

- Simanca, J. L. Fernández, J. Viamontes, O. Ramírez y L. Arriaza (2005): Características estadísticas de las componentes periódicas y no periódicas de la corriente sumaria en el golfo de Batabanó. Rev. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Vol. 6, ISBN 959-7136-35-X
- Viamontes F.J. (1990): Carretera turística desde Punta del Este hasta Cayo Largo del Sur, Informe Científico - Técnico de las 1ra, 2da y 3ra etapas. Instituto Cubano de Hidrografía. Archivos de GEOCUBA, Estudios Marinos. La Habana, Cuba. 240 pp.