

CORRIENTES MARINAS LITORALES AL NOROCCIDENTE DE PENÍNSULA DE HICACOS

Arriaza Oliveros, L.¹, García Santos, R.¹, Carrillo Betancourt, Y.² Lugioyo Gallardo, G.M.¹

¹ Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), ²Instituto de Geografía Tropical (IGT)
e-mail: arriazaocéano@gmail.com

RESUMEN

Se realiza el análisis de las corrientes marinas litorales, o movimiento del agua a pocos metros del litoral costero, y predominantemente paralelo a este. Se emplean mediciones y estimaciones numéricas. El movimiento del agua más próxima al litoral costero del noroccidente de la península de Hicacos es preferencialmente hacia el suroeste, transportando cualquier contaminación vertida a lo largo de este litoral desde el noreste hacia el suroeste. La distribución de las magnitudes de las corrientes marinas litorales muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades, favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre las zonas conocidas localmente como Plaza América y Caleta.

Palabras claves: Corrientes marinas litorales, Varadero

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor de la península de Hicacos (Figura 1) se han realizado diversos estudios, por encargo de la delegación provincial del CITMA de Matanzas. Sus autores incluyen al Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR) en colaboración del Centro de Servicios Ambientales de Matanzas (CESAM). Esta serie de servicios contribuyen a la detección y pronóstico de dispersión de contaminantes en las aguas marinas próximas a Varadero. En este trabajo se resume el resultado oceanográfico entregado a los tomadores de decisiones de la provincia Matanzas en el año 2021.

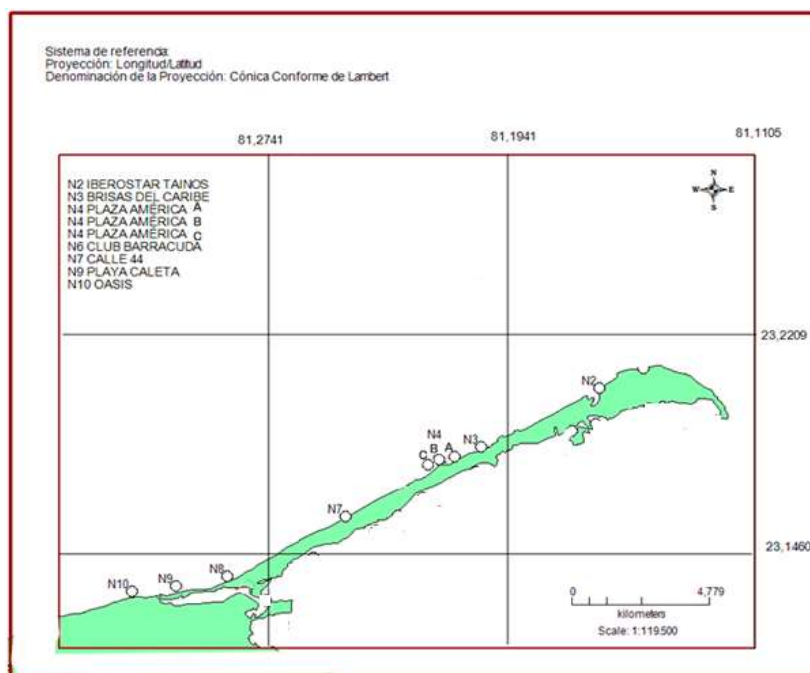


Figura 1. Zona de estudio y estaciones de interés monitoreadas históricamente por CESAM e ICIMAR.

Es conocido que, prevalece la salida de agua desde la bahía de Cárdenas hacia el suroeste de la península de Hicacos (Fernández-Vila y col., 2010); con velocidades máximas y medias mayores durante el periodo lluvioso del año (39,0 cm/s y 21,0 cm/s en 2019).

Por otra parte, en las inmediaciones de Plaza América (Figura 1), a partir de mediciones puntuales siempre se ha detectado influencia de la marea, en menor medida que la del movimiento de las aguas oceánicas adyacentes; con máximas velocidades que pueden superar los 40 cm/s; mínimas (de 0,3 a 11,2 cm/s), predominantes en el 56% de las mediciones; y rumbo más frecuente hacia el oeste o suroeste, sin constituir un único rumbo debido a la alta variabilidad direccional del movimiento.

Sin embargo, no ha sido completamente determinado el comportamiento de las corrientes marinas a lo largo de toda la costa noroccidental de la península de Hicacos y su relación con la distribución de la contaminación en las aguas ubicadas cerca de Varadero.

El objetivo del trabajo es inferir el comportamiento de las corrientes marinas en las aguas menos profundas del noroccidente de la península de Hicacos, contribuyendo a estimar la traslación de contaminantes en la zona.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización de las corrientes marinas se emplearon las mediciones realizadas durante septiembre-octubre de 2015 y mayo-junio de 2019 en la ubicación denominada C1, y las registradas en C3 durante septiembre-octubre de 2019 y en diciembre de 2020 (Figura 2). En general, se reanalizaron resultados de todos los muestreos realizados por ICIMAR alrededor de la península de Hicacos.

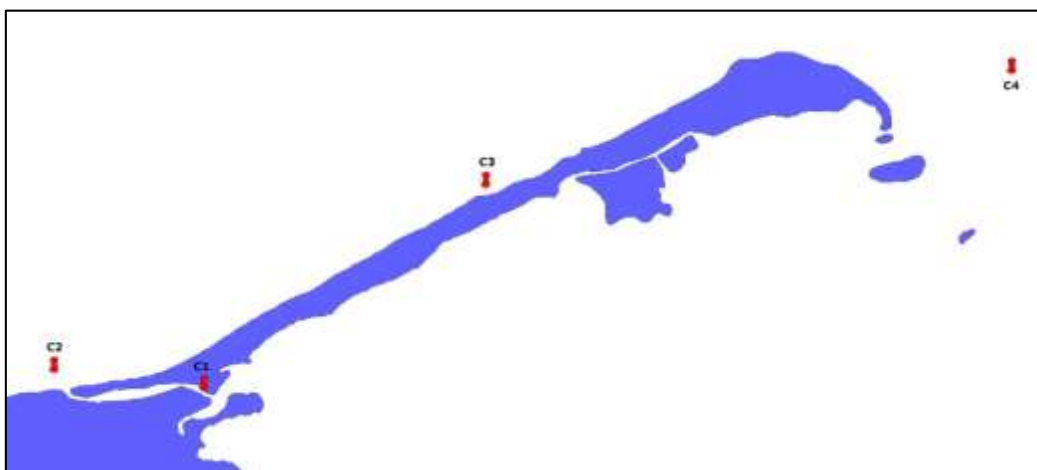


Figura 2. Península de Hicacos. Ubicación geográfica de correntómetros.

En la estaciones C2 (en 2019) y C3 (2019 y 2020), (Figura 2) se ubicaron correntógrafos denominados Acuadops, de la marca Nortek, cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto físico conocido como Doppler, permitiendo realizar varias mediciones de corrientes marinas en la columna de agua (una cada 1,0 m). Estos equipos registraron valores horarios de corrientes marinas (magnitud y dirección) y temperatura del agua (Tabla 1).

Tabla 1. Estaciones de medición

Lugar	Estación	Posición		Día de fondeo	Día de leva	Profundidad
		Latitud norte (N)	Longitud oeste (O)			
Paso Malo	C1	23° 07' 52,32"	81°16' 44,07"	08/05/2019	06/06/2019	5
		23°08'06.9'	81°18'48.6'	16/09/2015	10/10/2015	
Plaza América	C3	23°10' 34,3"	81°12' 45,6"	10/09/2019 01/12/2020	5/10/2019 15/12/2020 0	5

En la estación C1, en 2015 (Figura 2) se fondeó un correntómetro autónomo Anderaa SD 6000, de fabricación noruega, midiendo corrientes marinas (magnitud y dirección).

Se utilizaron las herramientas computacionales del equipo (SD 6000, Versión 4.7.0.59), del Acuadop (AquaPro, v1.37.08) y del CTD (Valeport Terminal X2 y ValeportDatalog X2) para el procesamiento primario de las series de mediciones. De tal forma, se obtuvieron los estadígrafos básicos: velocidad máxima, mínima, el promedio, la moda y la desviación estándar.

Se realizaron experimentos con cuerpos de deriva en tres ubicaciones (Tabla 2)

Tabla 2. Datos registrados durante los experimentos con cuerpos de deriva

11/27/2020 (LLENANTE)							
	Liberado			Recogido			Dir. Viento
	Hora	Latitud °	Longitud °	Hora	Latitud °	Longitud °	
Hotel Paradiso	13:42	23,19989	-81,15424	14:02	Deriva hacia el S, 50 m desde punto inicial		NE
Plaza Américas	14:38	23,1755	-81,21239	14:58	23,17469	-81,21404	NE
Caletas	15:58	23,13336	-81,3064	16:18	23,13303	-81,3064	NE

11/28/2020 (VACIANTE)							
	Liberado			Recogido			
	Hora	Latitud °	Longitud °	Hora	Latitud °	Longitud °	Dir. Viento
Hotel Paradiso	11:40	23.19974	-81.15936	12:00	23.19982	-81.15966	E
Plaza Américas	11:13	23.17514	-81.21212	11:33	23.17518	-81.21227	E
Caletas	10:18	23.13332	-81.30512	10:38	23.13319	-81.30573	NE

Para el obtener una aproximación numérica de las corrientes marinas litorales se calculó la velocidad del flujo de agua, entre el litoral costero y la zona de rompientes (Bijker,1971, citado por Córdova-López y Torres-Hugues, 2011).

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

3. RESULTADOS

Corrientes marinas medidas

Las mediciones realizadas en las inmediaciones de Plaza América en diciembre de 2020, muestran que el comportamiento de las corrientes marinas en esta ubicación no difiere significativamente de lo encontrado en años anteriores y entre distintos periodos del año. El rumbo predominante del movimiento del agua fue el oeste-suroeste (Figura 3), con marcada influencia de la marea; la cual que provoca valores máximos de velocidad (185 cm/s, tabla 3) hacia el suroeste y hacia el norte (Figura 3).

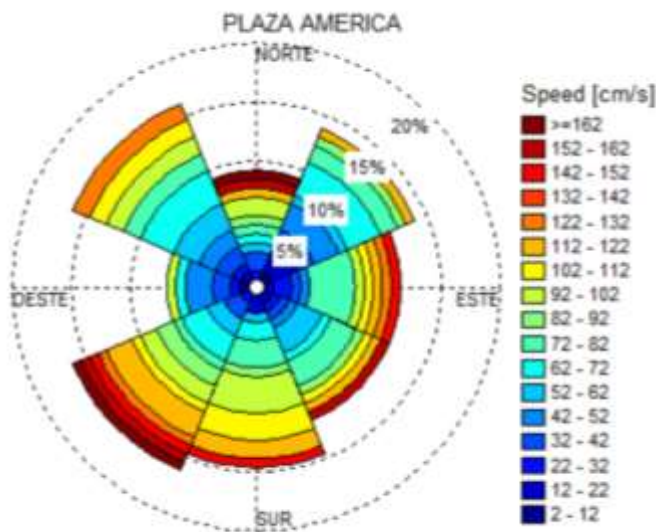


Figura 3. Distribución frecuencial por rumbos de la magnitud de las corrientes marinas en C3 (Plaza América), 2020.

Tabla 3. Resumen de estadísticas de las corrientes medidas recientemente.

Estación	Velocidad media (cm/s)	Dirección predominante (°)	Velocidad máxima (cm/s)	Velocidad mínima (cm/s)	Desviación estándar (cm/s)	Año
C1	21,3	O	39,0	3,7	6,4	2019
	6,8	OSO	32,2	1,0	4,75	2015
C3	11,2	O	40,6	0,3	7,3	2019
C3	29,5	OSO	185,0	9	37,8	2020

Adicionalmente, al analizar la trayectoria y velocidad de traslación de los cuerpos de deriva, se detectó un comportamiento similar al medido en aguas más profundas (5 metros). Cerca del litoral costero, en las aguas ubicadas a 20 metros de la playa, en 1,5 m de profundidad, la marea provoca oscilaciones en el rumbo y la magnitud de las corrientes marinas litorales, pero predomina el movimiento hacia el suroeste. Además, el viento de régimen meteorológico habitual no ejerció predominio en el movimiento del agua (Tabla 4).



Paralelo a la costa noroccidental de la península de Hicacos la deriva observada fue más rápida frente al litoral costero cercano a Plaza América, y más lenta en la zona costera aledaña al hotel Paradiso. Particularmente, cerca de Caletas la influencia de la marea es menor que la influencia del viento, con deriva siempre contraria al noreste (Tabla 4); esto podría significar que el agua que sale a través de canal de Paso Malo no circula hacia el litoral costero noroccidental de esta península.

Tabla 4. Magnitudes y rumbos de deriva

	Llenante				Vaciente			
	Magnitud	rumbo	profundidad	Viento	magnitud	rumbo	Profundidad	Viento
Hotel Paradiso	4,2	SO	1,5	NE	3,1	NW	1,5	E
Plaza Américas	16,0	SO	1,5	NE	1,4	NW	1,5	E
Caletas	11,6	S	1,5	NE	5,7	SO	1,5	NE

Corrientes marinas litorales estimadas

Se calculó el valor de la componente paralela a la costa noroccidental de la península de Hicacos de las corrientes marinas, en ubicaciones con profundidades entre 2 y 8 metros (Tabla 5), y considerando la influencia de cuatro rumbos del viento. Los rumbos se escogieron en correspondencia el predominio en la zona durante todo el año de vientos del primer cuadrante (N-E). Además, se adicionó el rumbo oeste (O), que según Córdova-López y Torres-Hugues (2011), también incide en el traslado de sedimentos a lo largo del litoral costero en estudio.

Tabla 5. Corrientes marinas litorales estimadas

	Valor (m/s) de la componente paralela a la costa noroccidental de la península de Hicacos de las corrientes marinas (entre la costa y la isobata de 10 metros). Con vientos:			
Profundidad	del E	del NE	del N	del NO
2 m	-6,2757	-6,9996	-3,6233	1,8755

3 m	-9,4136	-10,4995	-5,4349	2,8133
4 m	-12,5514	-13,9993	-7,2466	3,7511
5 m	-15,6893	-17,4991	-9,0582	4,6889
6 m	-18,8271	-20,9989	-10,8698	5,6266
7 m	-21,9650	-24,4988	-12,6815	6,5644
8 m	-25,1028	-27,9986	-14,4931	7,5022
• Con signo (-) significa rumbo SO y sin (-) significa rumbo NE.				

4. DISCUSIÓN

Los valores estimados de la velocidad del movimiento del agua paralelo a la costa noroccidental de la península de Hicacos se corresponden con los medidos y con los inferidos a partir de los experimentos con cuerpos de deriva; coincidiendo con el predominio de un movimiento más rápido hacia el suroeste. La distribución de estos valores en correspondencia con la distribución de las profundidades (Figura 4) muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades, favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre Plaza América y Caleta.



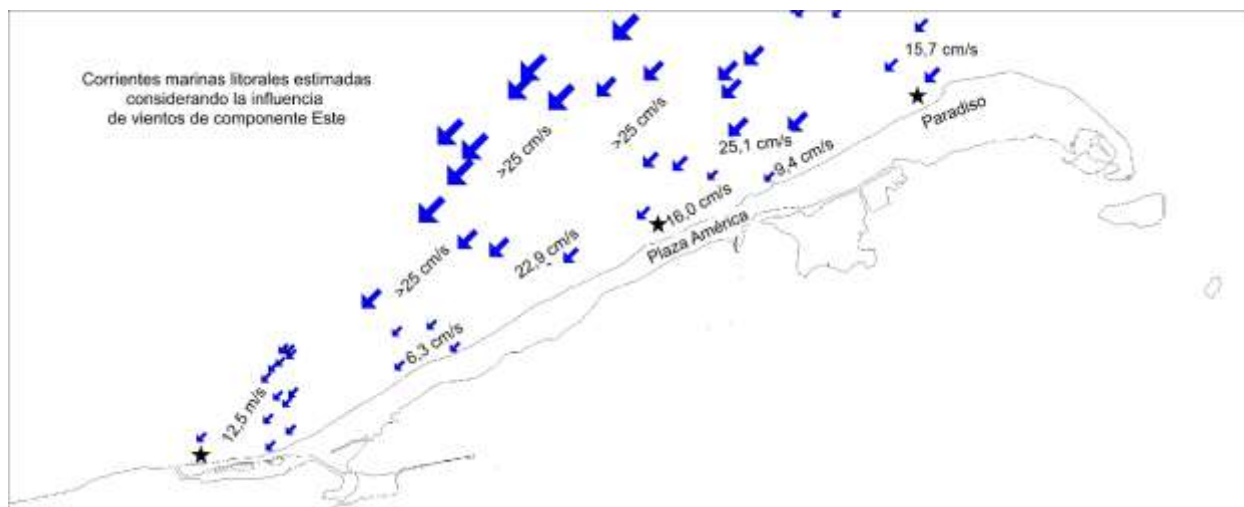


Figura 4. Esquema del patrón medio de circulación marina estimado al noroccidente de península de Hicacos.

Si las fuentes de emisión de contaminantes no vertieran continuamente, o si lo hicieran en ciclos diarios o mayores, el patrón de circulación marina transportaría la mayor parte de la contaminación hacia zonas más profundas; debido a que la velocidad del movimiento del agua vuelve a aumentar en la zona próximas al litoral costero de Caletas (Figura 4), donde las profundidades mayores a 10 metros se encuentran más cerca de la costa que en el resto de las aguas marinas aledañas a la península de Hicacos.

5. CONCLUSIONES

- El movimiento del agua más próxima al litoral costero del noroccidente de la península de Hicacos es preferencialmente hacia el suroeste, transportando cualquier contaminación vertida a lo largo de este litoral desde el noreste hacia el suroeste.
- La distribución de las magnitudes de las corrientes marinas litorales muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades,

favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre Plaza América y Caleta.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cordova-Lopez, L.F. y Torres-Hugues, R. (2011): Modelo matemático para la determinación del transporte longitudinal para playas del Caribe. *Tecnol. cienc. agua*[online], 2011, vol.2, n.3, pp. 127-140. ISSN 2007-2422.
2. Fernández Vila, L. J., J. de Armas Tápanes, D. Marrero Gestoso, R. Rodríguez Romero y D. D. Zayas Suárez (2010): Cartas de circulación de las aguas de los archipiélagos Sabana y Camagüey. Informe 2011. Proyecto "Actualización de las corrientes marinas en las condiciones extremas del estado del tiempo. Escenario actual y escenario máximo previsto por el cambio climático en los años 2050 y 2100 ", del Macro Proyecto: " Escenarios de peligros y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 ", Archivos científicos de la Agencia de Medio Ambiente, Cuba.