


## TRAYECTORIA DE TARJETAS DE DERIVA LIBERADAS EN BANCO CHINCHORRO, QUINTANA ROO

### Drift cards trajectory released at Banco Chinchorro, Quintana Roo

A de Jesús-Navarrete 

(AJN)Departamento de Aprovechamiento y Manejo de Recursos Acuáticos El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, AP. 424 Chetumal, Q. Roo, México. C.P. 77900. alberto@ecosur-qroo.mx

**Nota recibida:** 6 de octubre de 2005, **aceptada:** 5 de abril de 2006

**RESUMEN.** Mil tarjetas de deriva se liberaron en noviembre de 1994 y octubre de 1996 con el fin de determinar la dirección y velocidad de la corriente superficial en el sur de Quintana Roo y relacionarlas con el transporte de larvas. Los puntos de liberación se determinaron con un GPS en tanto que los de recuperación se ubicaron en un mapa de acuerdo con la información proporcionada por el recolector de la tarjeta y se calcularon las coordenadas. Las distancias entre los puntos se calcularon con el programa ARCVIEW versión 6.0. El tiempo de arrastre de las tarjetas se calculó mediante la diferencia entre la fecha y hora de liberación y la fecha y hora de recuperación. Cuando más de una tarjeta arribó al mismo sitio, se consideró el menor tiempo de deriva para el cálculo de las velocidades. La información generada indica que la circulación es hacia el noroeste con velocidades entre  $0.0036 \text{ m s}^{-1}$  como mínimo y  $0.4199 \text{ m s}^{-1}$  como máximo, con un promedio de  $0.1215 \pm 0.1310 \text{ m s}^{-1}$  ( $n = 8$ ). Este patrón de circulación aparentemente permite la exportación de larvas desde Banco Chinchorro hacia la costa de Quintana Roo.

**Palabras clave:** Banco Chinchorro, transporte de larvas.

**ABSTRACT.** One thousand drift cards were released in November 1994 and October 1996 in order to determine the direction and speed of the surface currents in southern Quintana Roo, and to relate them to larvae transport. The release points were determined with a GPS and the recovery points were located on a map in accordance with the information provided by the card collector, and coordinates were calculated. The distances between points were calculated with the ARCVIEW program, version 6.0. Drift card times were calculated through the difference between the date and hour of release and the date and hour of recovery. When more than one card arrived at the same place, the shortest drift time was considered for the calculation of the speed. The information gathered indicates that the currents go northwest with speeds between a minimum of  $0.0036 \text{ m s}^{-1}$  and a maximum of  $0.4199 \text{ m s}^{-1}$ , with an average of  $0.1215 \pm 0.1310 \text{ m s}^{-1}$  ( $n = 8$ ). This circulation pattern apparently allows the exportation of larvae from Banco Chinchorro towards the coast of Quintana Roo.

**Key words:** Banco Chinchorro, larvae transport.

## INTRODUCCIÓN

Las corrientes marinas constituyen una de las formas de transporte masivo más importantes del planeta. De hecho, debido al movimiento de las masas de agua marina, el clima a nivel global no presenta cambios drásticos y permite el transporte y renovación de agua en diferentes puntos del océano mundial, así como el movimiento de organismos en su fase larval, lo que influye en su distri-

bución (Pechenik JA 1999. Mar. Ecol. Prog. Ser. 177:269-297). Los primeros estudios hidrográficos realizados en el Caribe incluyeron una comparación de las velocidades de las corrientes entre áreas, (Wust G 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean basin, Part I. Spreading and mixing of the water types, with an oceanographic atlas. Columbia University Press, New York). Otros estudios utilizando botellas de deriva para determi-

nar la dirección y velocidad de la corriente fueron conducidos en las Antillas (Gordon AL 1967. J. Geophys. Res. 72:6207-6223). El interés por determinar la dirección y velocidad de las corrientes en el Caribe se incrementó en los 70's y se describió un patrón de circulación estacional hacia el noroeste, con velocidades que variaron de  $0.481$  a  $1.59 \text{ m s}^{-1}$  (Brucks JT 1971. Bull. Mar. Sci. 21:455-465). Las corrientes superficiales cercanas al arco Antillano fueron estudiadas por Staculp & Metcalf (Staculp MC, Metcalf WG 1972. J. Geophys. Res. 77:1032-1049) y en Puerto Rico (Metcalf WG, Staculp MC, Atwood DK 1977. Bull. Mar. Sci. 27:586-591). Estos trabajos mostraron que algunas de las botellas liberadas alcanzaron las costas mexicanas. En esta misma década se realizaron investigaciones en el norte del Caribe y el Golfo de México, en las cuales se detectó una influencia notoria de aguas subtropicales (Emmlison I, Mancilla M 1978. El tiempo de deriva superficial en el Mar Caribe y el Golfo de México estimado mediante cuerpos de deriva. En: VI Congreso Nacional de Oceanografía, Ensenada, México). Otras investigaciones determinaron la dirección y velocidad de tarjetas de deriva a nivel del gran Caribe. Grant & Wyatt (Grant CJ, Wyatt JR 1980. Bull. Mar. Sci. 30:613-622) observaron que objetos liberados en Gran Caimán y Jamaica, derivaron hacia el noroeste con una velocidad de  $0.59 \text{ m s}^{-1}$ , lo cual fue corroborado con modelos numéricos para el arco Antillano (Heburn GW, Kinder TH, Allender JH, Hulburt HE 1982. A numerical model eddy generation in the southeastern Caribbean Sea. En: Nihoul JC (ed) The hydrodynamics of semi-enclosed seas. Elsevier, Amsterdam) y con botellas de deriva (Molinari RL, Spillane M, Brooks I, Atwood D, Duckett C 1981. J. Geophys. Res. 86: 6537-6542).

Los estudios de boyas de deriva seguidas por satélite brindaron considerable información sobre la dirección y velocidad de la corriente superficial. Sin embargo, estas se restringieron al Caribe oriental (Kinder, TH. 1983. Bull. Mar. Sci. 33(2):239-246). En el Caribe Mexicano, el primer trabajo sobre circulación mostró que el patrón general de circulación era hacia el noroeste, con la presencia de una contra corriente costera, por dentro de la laguna arrecifal, que modificaba el patrón general de circulación conocido (Merino-Ibarra, M 1986 An.

Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46). El estudio de las condiciones hidrográficas en un lugar es necesario para entender la distribución de los organismos marinos, sobre todo aquellos con una fase planctónica, ya que dependiendo de la duración de la fase larval y de la dirección y velocidad de las corrientes, estos organismos pueden ser transportados grandes distancias, con las consecuencias ecológicas en su distribución (Suárez-Morales E & Rivera-Arriaga E 1998. Hidrobiológica 8:19-32). Este trabajo pretende contribuir con información sobre el efecto de las corrientes superficiales en la costa sur de Quintana Roo en el transporte de larvas del banco Chinchorro hacia la costa.

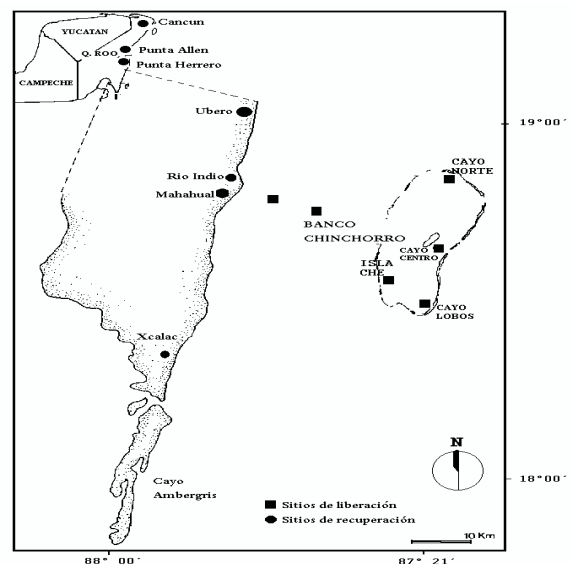


Figura 1. Puntos de liberación y recuperación de tarjetas de deriva en Quintana Roo.

Figure 1. Drift card release and recovery points at Quintana Roo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En noviembre de 1994 y octubre de 1996, 1 000 tarjetas de deriva fueron liberadas en la costa sur de Quintana Roo (Figura1). Las tarjetas se elaboraron de acuerdo con el modelo de Merino-Ibarra (1986. An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46), y fueron hechas con papel de color fluorescente y resistente al agua. Cada tarjeta fue colocada dentro de una bolsa de polietileno y sellada con calor. Las tarjetas tenían un número secuencial de

identificación y una leyenda en inglés y español con la siguiente información: Recompensa, sitio de recuperación, fecha de recuperación, hora, condiciones en que se encontró la tarjeta; en la playa, cerca de la playa, en la laguna arrecifal, en el mar, y las condiciones del mar al momento de encontrarla. En noviembre de 1994, 500 tarjetas se liberaron en paquetes de 50 a 100 en el exterior del arrecife de Mahahual, ( $18^{\circ} 42' N$ ,  $87^{\circ} 39' O$ ), durante el cruce a Banco Chinchorro ( $18^{\circ} 39' N$ ,  $87^{\circ} 34' O$ ), y en Banco Chinchorro en: Cayo Lobos ( $18^{\circ} 23' N$ ,  $87^{\circ} 22' O$ ), Isla Che ( $18^{\circ} 28' N$ ,  $87^{\circ} 25' O$ ), Cayo Centro ( $18^{\circ} 35' N$ ,  $87^{\circ} 25' O$ ) y Cayo Norte ( $18^{\circ} 45' N$ ,  $87^{\circ} 18' O$ ). En 1996 otras 500 tarjetas fueron liberadas en Banco Chinchorro en Isla Che ( $18^{\circ} 28' N$ ,  $87^{\circ} 25' O$ ), Cayo Lobos ( $18^{\circ} 23' N$ ,  $87^{\circ} 22' O$ ) y Cayo Norte ( $18^{\circ} 45' N$ ,  $87^{\circ} 18' O$ ). Los puntos de liberación se determinaron con un GPS (Trimble Navigation), en tanto que los de recuperación se ubicaron en un mapa de acuerdo con la información proporcionada por el recolector de la tarjeta y se calcularon las coordenadas. Las distancias entre los puntos se calcularon con el programa ARCVIEW versión 6.0. El tiempo de arrastre de las tarjetas se calculó mediante la diferencia entre la fecha y hora de liberación y la fecha y hora de recuperación. Cuando más de una tarjeta arribó al mismo sitio, se consideró el menor tiempo de deriva para el cálculo de las velocidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las coordenadas de las tarjetas recuperadas se muestran en la Tabla 1. Todas las tarjetas se recogieron en Quintana Roo. Del grupo liberado en octubre de 1996, se recobraron cinco tarjetas que representaron el 1 % del total liberadas. Los sitios de arribo fueron: Río Indio, Ubero, Punta Herrero y Cancún. El 96.88 % de las tarjetas se registraron en la costa de Quintana Roo y el 3.12 % permaneció en Banco Chinchorro. Con este método no se puede conocer la trayectoria exacta del objeto, ya que generalmente se sobrestiman los tiempos de deriva debido a que las tarjetas no son encontradas inmediatamente, la información indica que la circulación es hacia el noroeste con velocidades entre  $0.0036 \text{ m s}^{-1}$  como mínimo a  $0.4199 \text{ m s}^{-1}$  como máximo y un promedio de  $0.1215$  a  $0.1310$

$\text{m s}^{-1}$  ( $n=8$ ). El porcentaje de tarjetas recuperado está dentro del intervalo informado por otros autores que han utilizado cuerpos de deriva, como botellas o boyas. (Merino-Ibarra M 1986. An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46) recuperó un 5.3 % de las 4 600 tarjetas de deriva, que liberó en toda la costa de Quintana Roo, mientras que en las Antillas menores se obtuvo el 2 % de 1 000 botellas liberadas (Staculp MC, Metcalf WG 1972. J. Geophys. Res. 77:1032-1049). En lanzamientos de botellas en el mar Caribe y Golfo de México fueron recobradas 4.2 y 7.4 % (Emmilson I, Mancilla M 1978. El tiempo de deriva superficial en el Mar Caribe y el Golfo de México estimado mediante cuerpos de deriva. En: VI Congreso Nacional de Oceanografía, Ensenada, México).

El 96.88 % de las tarjetas arribaron a la costa de Quintana Roo, y esto concordó con lo encontrado previamente, y se observó que el transporte es hacia el noroeste con velocidades entre  $0.19$  y  $3.078 \text{ m s}^{-1}$ . Las tarjetas que fueron liberadas en Banco Chinchorro en sitios cercanos a los de Merino-Ibarra se recuperaron en el mismo sitio o sitios muy cercanos, como por ejemplo el Ubero (Merino-Ibarra M 1986. An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46). Las velocidades calculadas ( $0.817$  y  $0.85 \text{ m s}^{-1}$ ) fueron el doble si se considera la velocidad más alta estimada en este trabajo ( $0.4199 \text{ m s}^{-1}$ ) y 236 veces más altas con respecto al valor mínimo ( $0.0036 \text{ m s}^{-1}$ ) (Merino-Ibarra, M 1986. An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46). No existen otros trabajos que brinden información sobre objetos de deriva liberados en Quintana Roo, pero sí se han registrado las trayectorias de cuerpos liberados en otras áreas u obtenidos con otros métodos. En el Caribe mexicano fueron registradas velocidades de  $0.50$  a  $0.75 \text{ m s}^{-1}$  (Wust G 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean basin, Part I. Spreading and mixing of the water types, with an oceanographic atlas. Columbia University Press New York). Otros datos obtenidos de análisis hidrográficos mencionan velocidades de  $0.50$  a  $1.00 \text{ m s}^{-1}$  (Gordon AL 1967. J. Geophys. Res. 72:6207-6223).

La velocidad de la corriente en el Caribe mostró variación estacional, con velocidades mínimas en abril ( $0.418 \text{ m s}^{-1}$ ) y máximas en julio ( $1.59 \text{ m s}^{-1}$ ) (Brucks JT 1971. Bull. Mar. Sci.

**Tabla 1.** Puntos de liberación y recuperación, distancias, tiempo de arrastre y velocidad de las tarjetas liberadas en las costas de Quintana Roo, en noviembre de 1994 y octubre de 1996.

**Table 1.** Release and recovery points, distances, drift time and speed of drift cards released along the Quintana Roo coast, in November 1994 and October 1996.

Sitio de liberación	Sitio de recuperación	Distancia (metros)	Tiempo de arrastre (segundos)	Velocidad (m s <sup>-1</sup> )
Noviembre 1994				
Mahahual, 18°42'11"N 87°39'21"W	Rio Indio 18°47'5"N 87°39'45"W	9063.38	2.50X10 <sup>6</sup>	.0036
Cruce a Banco Chinchorro 18°39'22"N 87°34'12"W	Ubero 18°48'10"N 87°38'45"W	18090.32	8.64X10 <sup>5</sup>	.0209
Cayo Centro 18°35'20"N 87°25'08"W	Cancún 21°08'20"N 86°46'76"W	290200.60	6.91X10 <sup>5</sup>	0.4199
Isla Che 18°28'48"N 87°25'54"W	Punta Herrero 19°18'25"N 87°29'10"W	91675.94	9.5X10 <sup>5</sup>	0.0965
Cayo Norte 18°45'34"N 87°18'30"W	Punta Herrero 19°18'25"N 87°29'10"W	63401.03	6.91X10 <sup>5</sup>	0.0917
Octubre 1996				
Cayo Lobos 18°23'41"N 87°22'37"W	Punta Allen 19°46'08"N 87°28'39"W	152413.40	12.09x10 <sup>5</sup>	0.1260
Isla Che 18°28'48"N 87°25'54"W	Tulum 20°12'00"N 87°28'39"W	1900377.90	12.09x10 <sup>5</sup>	0.1574
Cayo Centro 18°35'20"N 87°25'08"W	Cayo Centro 18°35'0"N 87°21'0"W	7294.49	12.96x10 <sup>4</sup>	0.0562

21:455-465). Estas velocidades resultaron mayores que las estimadas en este estudio en octubre, cuando se midió una velocidad de 0.1574 m s<sup>-1</sup>. La velocidad mínima de deriva registrada para la región fue de 0.21 m s<sup>-1</sup> (Metcalf WG, Stalculp MC, Atwood DK 1977. Bull. Mar. Sci. 27:586-591), quienes liberaron botellas en Puerto Rico y algunas de ellas arribaron a la costa de Quintana Roo. Las tarjetas liberadas en Jamaica y recuperadas en Punta Herrero mostraron una velocidad de 0.59 m s<sup>-1</sup> (Grant CJ, Wyatt JR. 1980. Bull. Mar. Sci. 30:613-622). (Molinari RL, Spillane M, Brooks I, Atwood D, Duckett C 1981. J. Geophys. Res. 86: 6537-6542) mencionaron velocidades de 0.80 m s<sup>-1</sup> para el Caribe. Por otro lado Kinder (1983. Bull. Mar. Sci. 33:239-246) registró una velocidad de 0.67 m s<sup>-1</sup> en el suroeste, que se incrementó en

el canal de Yucatán hasta 1.6 m s<sup>-1</sup>. Este autor mencionó que en el sur-oeste del Caribe las velocidades fueron más bajas (0.2 m s<sup>-1</sup>) y señaló la presencia de meandros en el sur-oeste del Caribe de aproximadamente 200 - 500 km, que producen giros y transporte de agua hacia el sur.

En este trabajo no se recuperaron tarjetas más allá de la costa de Quintana Roo, aunque Merino-Ibarra (1986. An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13:31-46) citó que 31 tarjetas liberadas en el Caribe Mexicano, fueron recobradas en Florida, lo que coincide con el acuerdo general de que la corriente pasa por el canal de Yucatán, entra al Golfo de México y sale por la península de Florida (Kinder TH 1983. Bull. Mar. Sci. 33:239-246), ya que la estructura vertical de las aguas es homogénea hasta 100 m de profundidad, y se trata

de aguas subtropicales (Kinder TH 1983 Bull. Mar. Sci. 33:239-246; Suárez-Morales E, Rivera-Arriaga E 1998 Hidrobiológica 8:19-32). Este hecho podría permitir movimientos de transporte de organismos en un amplio intervalo, que conecta poblaciones bentónicas que tienen una fase larval planctotrófica y por tanto pueden colonizar áreas lejanas. Tal es el caso del caracol rosado *Strombus gigas* que tiene sitios de producción de larvas en México o Belice (Stoner AW, Glazer RA, Barile P 1996. J. Shellfish Res. 15:407-420; Stoner AW, Metha N, Lee NT 1997. J. Shellfish Res. 16 :1-6; de Jesús-Navarrete A, Aldana-Aranda D 2000. J. Shellfish Res. 19:891-896). El otro 3.12 % (una tarjeta) se recuperó en Cayo Centro en Banco Chinchorro, y aunque las tarjetas se liberaron en la parte externa del Banco, esto indica que pueden existir corrientes de retorno, producto del efecto de isla (Hamner WM, Haury IR 1981. Limnol. and Oceanogr. 26:1084-1102) que transporten sustancias u organismos al interior de la laguna arrecifal, debido a

turbulencias y fenómenos de meso y micro escala. Esto favorecería el ingreso de larvas provenientes de zonas profundas (20 a 30 m) en Banco Chinchorro, en donde se ha observado actividad reproductiva y masas ovígeras (de Jesús-Navarrete, datos no publicados). Los sitios en donde se recuperaron tarjetas, representaron lugares a los que son transportados los miembros de las comunidades planctónicas, principalmente larvas de organismos benthicos y nécticos. Tanto Ubero como Punta Herrero son lugares con poblaciones importantes del caracol rosa *S. gigas* (de Jesús-Navarrete A, Aldana-Aranda D 2000. J. Shellfish Res. 19:891-896) y es muy posible que además de un origen local, las larvas provengan también del Banco Chinchorro, e incluso de otras áreas del Caribe como Puerto Rico y Jamaica. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones en este sentido, para entender la distribución de organismos de importancia comercial en relación a los procesos de circulación costera en el sur de Quintana Roo.

