

# Características oceanográficas del área de observación de ballenas

## Distribución horizontal de las variables oceanográficas

Los resultados oceanográficos sugieren un comportamiento diferencial en la distribución de las variables en sentido longitudinal (costa-oceano), bajo la influencia de diversos factores, entre ellos los cambios abruptos en la topografía submarina, las condiciones fisiográficas de la bahía y su dinámica hidrológica, los procesos que tienen lugar en la zona costera y la dilución por mezcla con las aguas oceánicas.

La temperatura superficial del agua en el área de observación en el mes de marzo exhibe valores puntuales entre 25.5 a 25.6°C hacia el océano y entre 26.0 a 26.3°C dentro de la bahía (SEA, 2005). Ello revela la magnitud del gradiente térmico (positivo hacia la costa) que enfrentan las ballenas en su tránsito desde la región oceánica hacia las aguas de la plataforma. Al presente no existen mediciones directas de temperatura para los meses de enero y febrero, si bien los valores estimados a partir de modelos varían entre 26.0 y 26.3 °C, que son los más bajos dentro del ciclo anual (Herrera-Moreno, 2005).

Datos más recientes de la temperatura del agua en el área de observación en el mes de diciembre (SEA, 2006), justo antes de la llegada de las ballenas, muestran valores puntuales entre 27.8 a 28.1°C para la región oceánica

y entre 27.9 a 28.9°C, en las aguas de plataforma, donde la temperatura es ligeramente superior, con valores extremos en el Puerto de Samaná. Estos datos muestran igualmente un gradiente térmico superficial plataforma-oceano, positivo hacia la costa (Fig. 7).

Estos valores, justo antes y durante la temporada de ballenas, están en el orden de los obtenidos durante avistamientos de ballenas jorobadas en otras áreas de reproducción en el Atlántico y el Caribe. Para el Caribe Este, entre febrero y marzo del 2000 se reportan temperaturas de 26.2 a 27.3 °C en Guadalupe, 26.7 a 27.2°C en Martinica, 27.6 a 28.1 °C en Barbados, 26.9 °C en Granada, 26.7 a 27.3 °C en Trinidad y Tobago y más bajas en Venezuela con 23.9 °C (Swartz *et al.*, 2003). Durante febrero y marzo del 2001 se reportaron temperaturas entre 25.3 y 27.7 °C a lo largo del Este de las Bahamas, Puerto Rico e Islas Vírgenes (Swartz *et al.*, 2002).

En relación con la salinidad, SEA (2005) reporta valores entre 36.1 y 36.2 ‰ para la región oceánica y entre 34.0 y 34.6 ‰ para la plataforma, en marzo del 2005. Existe por tanto, un gradiente costa-oceano también en el campo halino, vinculado a las condiciones estuarias de la bahía, si bien la salinidad en el área de observación no parece alcanzar valores mucho menores que los indicados, según el patrón de distribución de la salinidad super-

ficial para la Bahía de Samaná (Kramer, 2005). Mediciones más recientes de SEA (2006) en diciembre del 2006, muestran valores puntuales entre 36.0 y 36.3 ‰ para la región oceánica y aguas menos salinas en la plataforma, entre 33.9 y 35.8 ‰ (Fig. 7). Los valores van disminuyendo hacia el interior de la bahía y alcanzan sus mínimos dentro del Puerto de Samaná, donde inciden de manera importante los aportes locales de agua dulce y la evaporación en un área de relativo confinamiento.

Por su parte, la transparencia del agua muestra también un marcado gradiente con valores cercanos a cero en el occidente de la bahía (relacionado principalmente con el aporte de sedimentos de los Ríos Yuna y Barracote) que se van incrementando hacia el océano. Poco

antes del área de observación, la visibilidad medida con el disco Secchi, asciende ya a valores de hasta 20 m (Kramer, 2005) y puede alcanzar hasta 50 m en la propia área de observación de ballenas (Mattila *et al.*, 1994).

Este gradiente se manifiesta también en otros parámetros oceanográficos. El fosfato en la región oceánica varía entre 0.074 y 0.112  $\mu\text{M}$ , mientras que en la plataforma se reportan valores superiores, entre 0.178 y 0.247  $\mu\text{M}$  (SEA, 2005; 2006), indicando aguas más enriquecidas en el interior de la bahía. Ello tiene su reflejo en la distribución horizontal superficial de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila *a*) con valores oceánicos puntuales entre 0.053 y 0.089  $\mu\text{g/L}$  que ascienden a 0.445  $\mu\text{g/L}$  en plataforma (SEA, 2005; 2006).

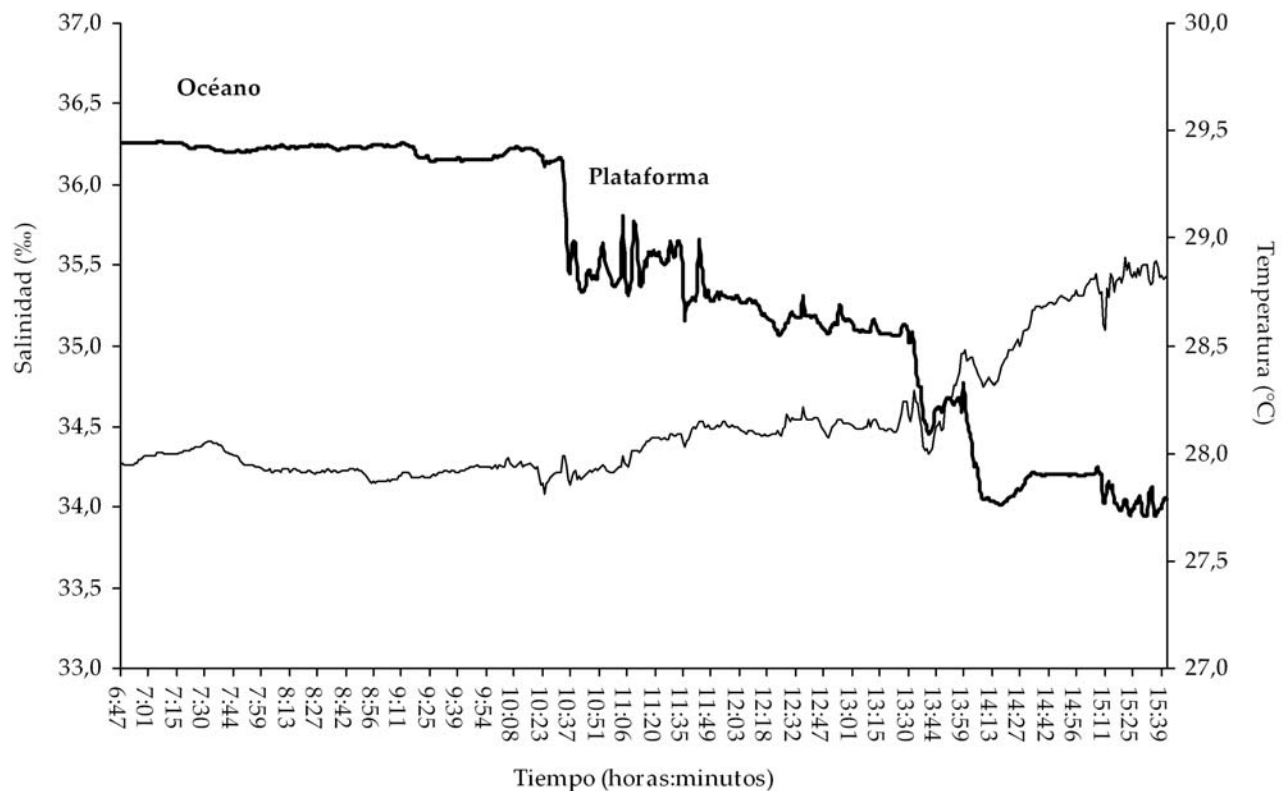


Figura 7. Variación de la salinidad (línea gruesa) y la temperatura (línea fina) superficial del agua en mediciones continuas el 9 de diciembre de 2006, desde las 6:47 a.m hasta las 15:43 p.m. durante la entrada del Corwith Cramer a la Bahía de Samaná. Se indica la posición relativa de la región oceánica y la de plataforma.

También los valores crudos de la fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a* determinados por SEA (2006) en registros continuos, muestran cambios notables de la región oceánica a la plataforma (Fig. 8). Los valores oceánicos varían entre 820 y 931, se incrementan al acercarse al talud (entre 1058 y 2335), para alcanzar un máximo de 5179 sobre la plataforma. Los valores relativamente altos que se observan antes de llegar al talud indican la exportación de aguas de mayor productividad que tiene lugar desde la bahía al entorno oceánico, como es típico de los grandes estuarios.

### Distribución vertical de las variables oceanográficas

Además de las tendencias en la distribución superficial de los parámetros descritos, las mediciones en la columna de agua sobre el Huevo de las Ballenas revelan variaciones

verticales notables (Fig. 9). Las determinaciones de varios parámetros mostraron diferencias entre los valores en superficie y en el nivel de 100 m, con variaciones respectivas de 28 a 27.3 °C para la temperatura, 35 a 36.4 ‰ la salinidad, 22.3 a 23.7  $\sigma_t$  la densidad y 0.02 a 0.33 V la fluorescencia (SEA, 2006). En este intervalo de profundidades, los cambios más bruscos en los valores de los parámetros analizados se observaron entre la superficie y unos 10 m de profundidad.

Los resultados oceanográficos sugieren también un comportamiento diferencial en la distribución de las variables oceanográficas en sentido vertical. El análisis revela una capa de menor densidad (mayor temperatura y menor salinidad) desde la superficie hasta unos 10 m de profundidad y un estrato inferior de mayor densidad (menor temperatura y mayor salinidad), entre 10 y 30 m.

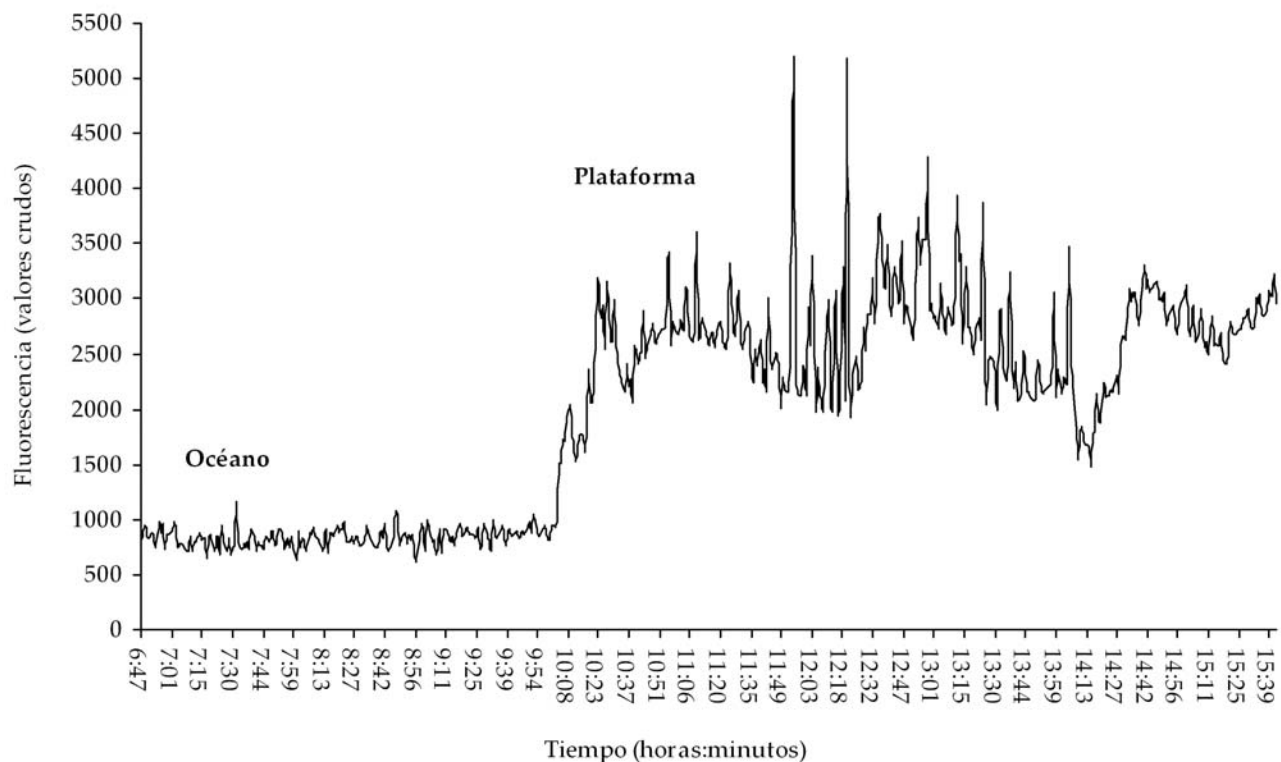


Figura 8. Variación de la fluorescencia del agua en mediciones continuas el 9 de diciembre de 2006, desde las 6:47 a.m hasta las 15:43 p.m. durante la entrada del Corwith Cramer a la Bahía de Samaná. Se indica la posición relativa de la región oceánica y la de plataforma en el interior de la bahía.

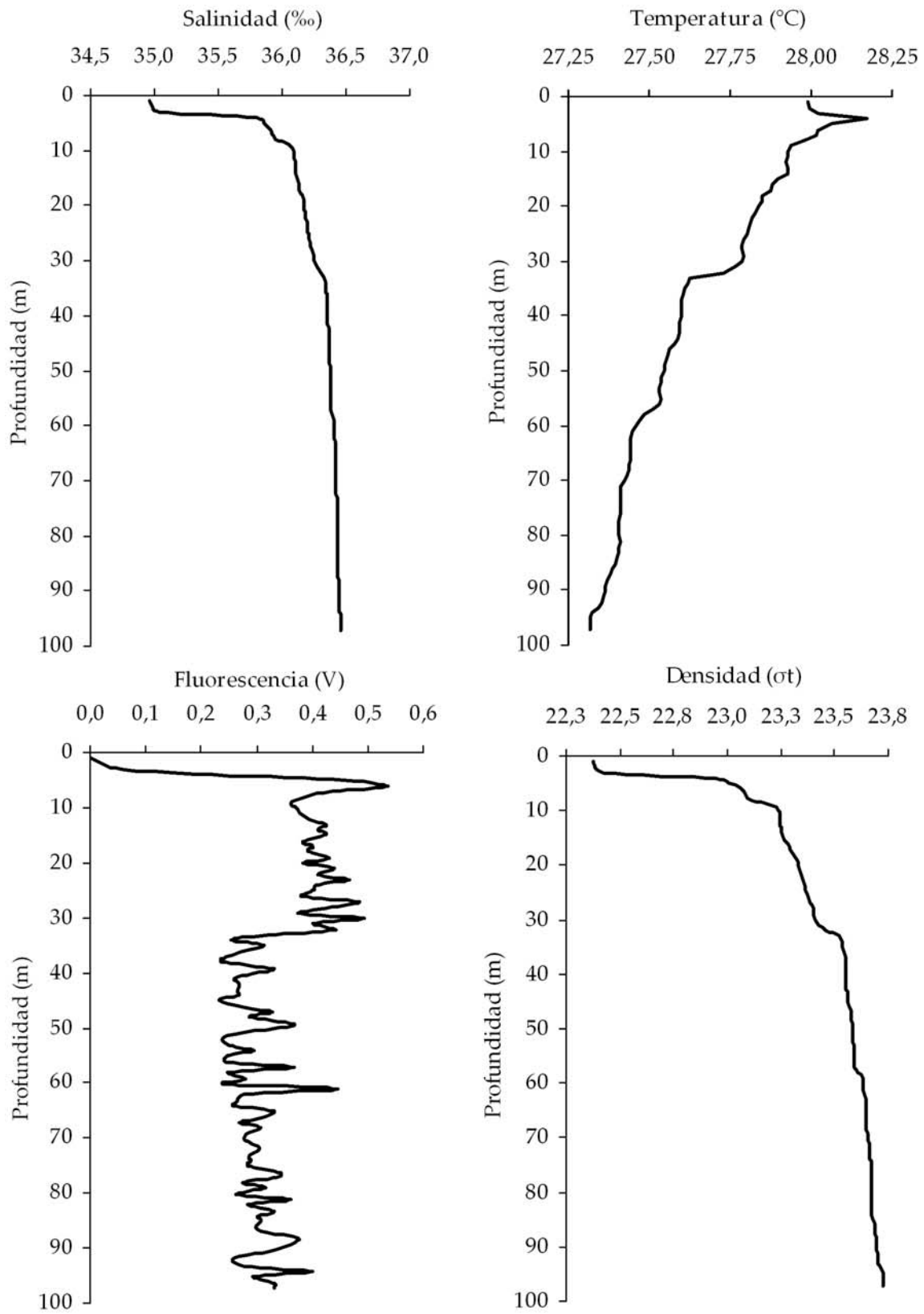


Figura 9. Distribución vertical de varios parámetros en la Estación C208-036, sobre el Hueco de las Ballenas, en el área de observación de ballenas jorobadas, según datos de SEA (2006).

A partir de los 30 m, la variación vertical de los parámetros refleja la situación dentro del Hueco de las Ballenas, su distribución se hace más homogénea y las variaciones se atenúan.

## Sistema de vientos

La Bahía de Samaná se encuentra bañada por las aguas del Océano Atlántico, donde la mayor parte de las olas son generadas por los vientos Alisios. En particular, el oleaje que afecta la entrada de la Bahía de Samaná, donde se encuentra el área de observación de ballenas, está relacionado, principalmente, con la transferencia de la energía de los vientos a la superficie libre del mar. Por esta razón se consideró de interés investigar la situación de los vientos durante las tres temporadas de colecta de datos, como parte de la descripción física del área de distribución de las ballenas, donde el viento y el oleaje son factores determinantes en la actividad de observación.

La información suministrada por el Instituto de Meteorología sobre velocidad y dirección del viento diario, durante los años 2004, 2005 y 2006, procede de la Estación Meteorológica de Arroyo Barril (Coordenadas UTM 453369 E y 2123177 N) situada a unas 8 millas al Oeste del área de observación de ballenas. Los datos fueron procesados con el Programa WRPLOT (Wind Rose Plot for Meteorological Data) de Lakes Environmental Software, considerando ocho rumbos y nueve clases de frecuencias para la velocidad del viento (1 a >10 m/s), con un intervalo de clase de 0.5. Las rosas de viento obtenidas se muestran en la Figura 10.

El análisis de los datos para el primer trimestre del año 2004 revela que los vientos procedentes del Norte tuvieron la mayor frecuencia (40.7%) con velocidades entre 5.11 a 6.81 m/s, seguidos de los vientos con rumbo Este (20.9%), con velocidades entre 5.31 a 6.39 m/s.

La componente del Oeste ocupó el tercer lugar con una frecuencia de 16.5% y velocidades entre 5.11 a 6.39 m/s.

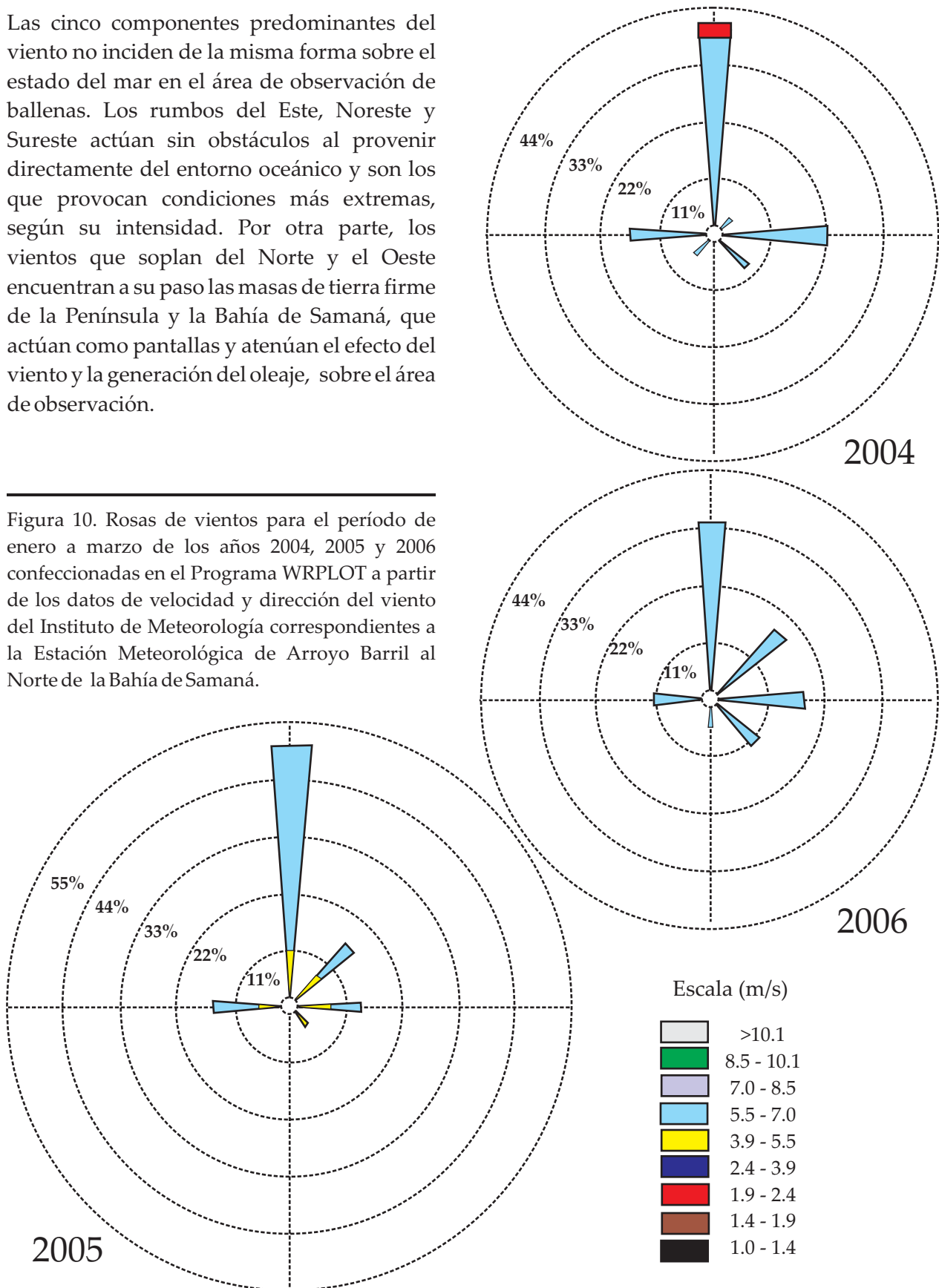
En los tres primeros meses del 2005 se incrementó ligeramente la frecuencia de los vientos procedentes del Norte (50%) con velocidades entre 5.31 a 6.19 m/s, seguidos de los vientos con rumbo Noreste, pero con frecuencias mucho más bajas (15.6%) y velocidades entre 4.89 a 5.75 m/s. En esta temporada los vientos del Oeste tuvieron una frecuencia (14.4%) con velocidades entre 4.92 a 6.39 m/s. Por su parte, entre enero y marzo del año 2006 los vientos procedentes del Norte tuvieron la mayor frecuencia (34%), variando entre 5.31 a 6.19 m/s. Le siguieron en importancia los vientos del Este y Noreste con iguales frecuencias (17.8%), ambos con velocidades máximas de 6.19 m/s y mínimas de 4.36 y 5.36 m/s, respectivamente.

De manera general las componentes de viento más importantes en el área de observación de ballenas durante la temporada reproductiva de enero a marzo provienen –en orden de magnitud- del Norte, Este, Oeste, Noreste y Sureste. Sus frecuencias suman en total más del 90% de los ocho rumbos analizados, si bien varían individualmente de una temporada a otra. Las variaciones de rumbo más notables las encontramos en el 2004 donde el sistema de vientos mostró una reducción notable de la componente del Noreste (4.4%).

En relación con la velocidad de los vientos los promedios trimestrales para cada una de las temporadas estudiadas arrojan valores de 5.85, 5.63 y 5.73 m/s para los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente, considerando los ocho rumbos. En general las velocidades del viento para todos los rumbos predominantes tienen mínimos y máximos respectivos de 5.11 y 6.81 m/s, este último registrado a finales de febrero de 2004.

Las cinco componentes predominantes del viento no inciden de la misma forma sobre el estado del mar en el área de observación de ballenas. Los rumbos del Este, Noreste y Sureste actúan sin obstáculos al provenir directamente del entorno oceánico y son los que provocan condiciones más extremas, según su intensidad. Por otra parte, los vientos que soplan del Norte y el Oeste encuentran a su paso las masas de tierra firme de la Península y la Bahía de Samaná, que actúan como pantallas y atenúan el efecto del viento y la generación del oleaje, sobre el área de observación.

Figura 10. Rosas de vientos para el período de enero a marzo de los años 2004, 2005 y 2006 confeccionadas en el Programa WRPLOT a partir de los datos de velocidad y dirección del viento del Instituto de Meteorología correspondientes a la Estación Meteorológica de Arroyo Barril al Norte de la Bahía de Samaná.



## Patrones de oleaje

Según datos del WIS (Wave Information Study) del National Climatic Data Center (NCDC), en correspondencia con el rumbo predominante de los vientos Alisios, la dirección más frecuente de las olas que pueden influir en el área de observación de ballenas jorobadas en el extremo Este de la Bahía de Samaná es del Este-Noreste (40.97 %), seguida por el Este (22.33 %) y el Noreste (21.64 %) (Fig. 11).

La frecuencia de las olas procedentes del Norte-Noreste es mucho menor y las olas de componente Norte y Oeste prácticamente no penetran al interior de la bahía, o sólo lo hacen parcialmente, debido a la protección efectiva que ofrece la Bahía y la Península de Samaná, como ya hemos señalado.

Para las olas procedentes del Este-Noreste, que son las de mayor probabilidad de ocurrencia, la altura significativa del oleaje es de 1.81 m y su período es de 7.81 seg. Las olas

provenientes del Este, que son las segundas en probabilidad, habitualmente tienen una altura de 1.60 m con 6.5 seg de período, mientras que las del Noreste, terceras en probabilidad, alcanzan una altura próxima a los 2 m, con un período de 9.6 seg.

En cuanto al comportamiento estacional del oleaje existen diferencias entre la temporadas de invierno y verano. A pesar de que durante todo el año en la región se producen olas de gran energía, entre los meses de abril y agosto se reportan los menores valores de altura significativa y los menores períodos. Desde septiembre y hasta marzo -donde se incluye la temporada de ballenas- se incrementa la energía de las olas y su altura significativa llega a superar de forma sostenida los 3 m.

Las condiciones del viento y el oleaje que éste genera, tienen una importante incidencia sobre la actividad de observación de ballenas jorobadas en la Bahía de Samaná, al cambiar bruscamente y en corto tiempo las condiciones locales.

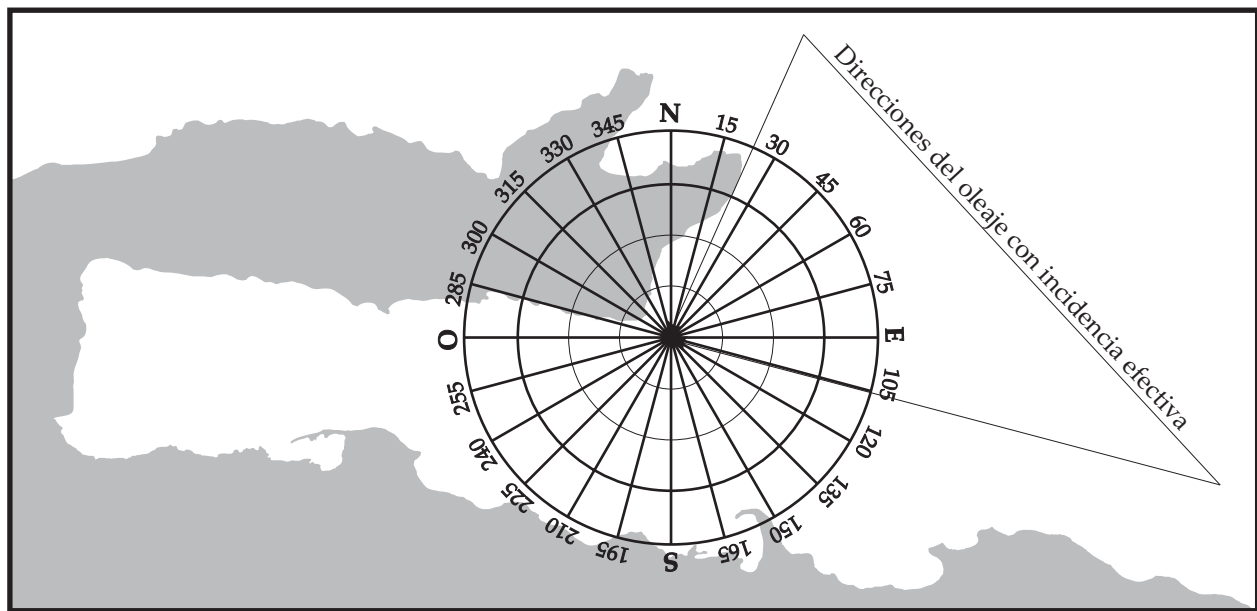


Figura 11. Rumbos de oleaje con incidencia efectiva sobre el área de observación en la Bahía de Samaná.

**El presente capítulo ha sido tomado de:**

**Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2007 Datos sobre las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) de la Bahía de Samaná, República Dominicana. Edición Programa EcoMar, Inc. Impresión Punto Mágico, 56 pp.**