Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica

Juan José Alvarado[1] & José Francisco Aguilar[2]

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, 11501-2060, San Pedro, San José, Costa Rica; juanalva76@yahoo.com
2. Escuela de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, 11501-2060, San José, Costa Rica; jaguilar@osa.ingagri.ucr.ac.cr

Recibido 18-VI-2008. Corregido 06-III-2009. Aceptado 03-IV-2009.

Abstract: Batimetry, salinity, temperature, and dissolved oxigen water of the Marino Ballena National Park, Pacific, Costa Rica. Between September 2003 and April 2005, the bathymetry and the behavior of the temperature, salinity, dissolved oxygen and oxygen percent saturation were studied at Marino Ballena National Park (MBNP). The park has an average depth of 14.9±9.1m, and maximal depth of 37.3 m. The internal section of the bay is shallow, not reaching more than 20m, while the external section posses a more pronounced slope, reaching easily 37 m. Mean values of superficial salinity were: 29.1±4.3‰, temperature 29.7±1.3ºC, dissolved oxygen 6.7±1.3 mg/l, and oxygen percent saturation 115.6±22.1%. Significant differences were only detected between the internal and external stations for salinity and temperature according to depth, during the rainy season. The lower values of salinity and temperature were observed on the rainy season, and the highest on the dry season, with a continuous of dissolved oxygen and saturation. The similarity between the stations and the fact that significant differences were only for salinity and temperature according to depth, suggests that the waters of the park behave in similar manner over time and that the area is very dynamic and homogenous, with currents strong enough to mix the water column on the park. The park is located in a very productive area, resulting in a high value of oxygen percent saturation (120%). This suggests that there are good conditions for the development of phytoplankton, zooplankton and other groups. Rev. Biol. Trop. 57 (Suppl. 1): 19-29. Epub 2009 November 30.

Key words: bathymetry, temperature, salinity, dissolved oxygen, marine park, Pacific, Costa Rica.

La batimetría y la dinámica de las masas de agua en una determinada región son importantes para entender el desarrollo y comportamiento de la flora y fauna marina presentes en ella. El conocimiento que se posee sobre el fondo marino del Parque Nacional Marino Ballena (PNMB) y del comportamiento de sus aguas a través del tiempo es escaso. Se tiene información batimétrica de dos fuentes: una carta náutica DMA No. 21560, escala 1:300 000, con fecha del 2 de noviembre de 1985, basada en un sondeo de 1934, que cubre desde Punta Guiones hasta Punta Burica, indicando para la zona del parque dos curvas batimétricas, una de 30m que atraviesa el arco de rocas y otra de 50m que va un poco más afuera de este. La otra fuente de información proviene del Mapa de Parques Nacionales de Costa Rica (Magallón *et al.* 1994), en el cual se indican tres curvas: una a 10m de profundidad que recorre la parte interna de la bahía y la parte externa del Tómbolo de Punta Uvita, una segunda de 20m que atraviesa el arco de rocas, y una tercera de 50m que se encuentra hacia mar abierto, alejada del arco de rocas. La información que presentan ambas fuentes es escasa y de poca utilidad para fines biológicos, ecológicos y de manejo, ya que las condiciones de los hábitats varían grandemente dependiendo de la profundidad, determinando

la distribución y composición de la flora y fauna marina.

Por otro lado, el conocimiento que se posee sobre las características de la columna de agua a lo largo del tiempo es nulo. La temperatura del agua es una de las características físicas más importantes del ambiente marino, ya que ejerce una influencia en varios eventos físicos, químicos, geoquímicos y biológicos. La temperatura controla la tasa en la cual se realizan procesos y reacciones químicas y biológicas (Mann & Lazier 1996, Lalli & Parsons 1997, Mann 2000) y determina parcialmente la concentración de gases disueltos en el agua de mar, incluyendo el oxígeno y el dióxido de carbono, e influyen en la distribución de las especies marinas (Mann & Lazier 1996, Lalli & Parsons 1997, Mann 2000).

La salinidad es otra propiedad física importante del agua de mar ya que puede afectar las funciones fisiológicas de los organismos al alterar su balance osmótico, afectando su distribución y comportamiento (Mann & Lazier 1996, Lalli & Parsons 1997, Mann 2000). Las variaciones en la temperatura y la salinidad combinadas determinan la densidad del agua de mar, la cual influye en el movimiento vertical y horizontal de las masas de agua con consecuentes cambios en los eventos químicos y biológicos de la columna (Mann & Lazier 1996, Lalli & Parsons 1997, Mann 2000).

El oxígeno disuelto es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos (Roldán-Pérez 1992), es necesario para la supervivencia de la gran mayoría de animales marinos y niveles muy bajos pueden ser indicativos de altas concentraciones bacterianas (Rogers *et al.* 2001). Su solubilidad aumenta cuando disminuye la temperatura y la salinidad, lo que afecta el porcentaje de saturación óptimo de oxígeno en un cuerpo de agua (Roldán-Pérez 1992).

El objetivo del presente estudio es describir con más detalle la batimetría del Parque Nacional Marino Ballena, así como la distribución de la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto a varias profundidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio: El Parque Nacional Marino Ballena (PNMB) se ubica en el litoral Pacífico de Costa Rica (Fig. 1), entre la desembocadura del Río Morete y Punta Piñuelas, en el distrito de Bahía Ballena, del cantón de Osa, provincia Puntarenas. Su límite terrestre corre por la línea de mojones oficiales que demarcan la zona pública inalienable, incluyendo los humedales y manglares adyacentes (ASOPARQUE 2000, Alvarado 2004). Posee una extensión terrestre de 115 hectáreas y de 5 375 hectáreas marinas y pertenece al Área de Conservación Osa (ACOSA) (García 1997).

La zona en la que se encuentra el PNMB es un área con precipitación de moderada a fuerte, con un promedio anual de 3 000-3 500mm (Alvarado 2006). Se caracteriza por ser de clima húmedo, muy caliente, con una estación seca moderada (35-70 días de déficit de agua), una temperatura media anual entre los 23º y 27ºC, y una estación seca que va desde finales de diciembre hasta inicios de mayo (Kappelle *et al.* 2002). El PNMB se puede ubicar en la provincia térmica de piso basal de 0-500m de altitud (tierras bajas), con una temperatura media anual de 24 a 28ºC (Herrera & Gómez 1993), y una humedad relativa alta cercana al punto de saturación (20-100%) (Soto & Bermúdez 1990, Herrera & Gómez 1993). La zona de vida corresponde al Bosque Húmedo Tropical, según la clasificación de Holdridge (Soto & Bermúdez 1990).

Debido a su posición, el PNMB se encuentra protegido por las altas montañas de la Cordillera de Talamanca de los efectos de los secos vientos alisios del norte, que se manifiestan entre diciembre y febrero (Rojas *et al.* 1992). Esto evita el afloramiento de aguas frías, fenómeno que se da en el norte del país (Cortés & Jiménez 2003). La incursión de la brisa marina ocasiona cortos chubascos durante la estación seca, mientras que la estación lluviosa (mayo-noviembre) se presenta más temprano que en otras zonas del país. La humedad proviene básicamente de estas brisas de origen marino cuya presencia se manifiesta desde

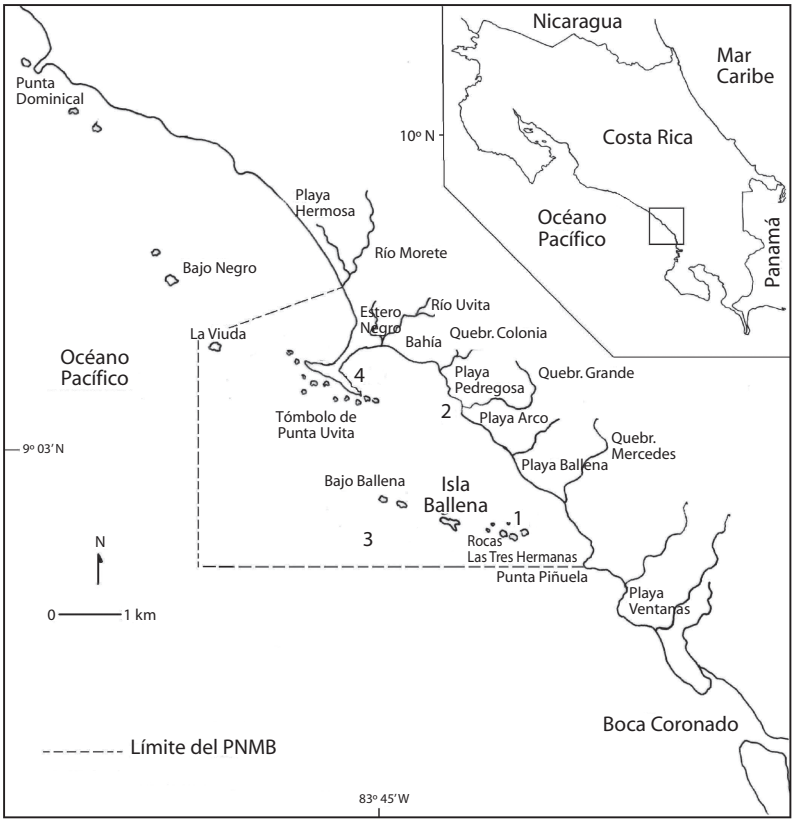

Fig. 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo en el Parque Nacional Marino Ballena (PNMB), Pacífico, Costa Rica.

finales de abril a noviembre, y ocasionalmente hasta mediados de diciembre (Rojas *et al.* 1992). Las comunidades coralinas del PNMB has sido descritas por Alvarado *et al.* (2004, 2005); la fauna de equinodermos por Alvarado y Fernández (2005), y la flora de macroalgas por Fernández y Alvarado (2008).

Batimetría: Para obtener los datos de batimetría del PNMB se realizaron cinco giras de tres días (agosto y diciembre del 2003 y enero, marzo y septiembre del 2004), en las cuales se realizaron transectos en forma de rejilla (desde una embarcación con motor fuera de borda) a lo largo de toda el area marina del PNMB, acercándose lo más posible a la costa y alejándose hasta que la profundidad fuera de más de 40m. Para la toma de los puntos, en cada transecto, se realizaron paradas cada minuto tomando los siguientes parámetros: hora, coordenadas del punto con un GPS Garmin Etrex y la profundidad (m) con una ecosonda Scuba Pro manual. Se realizó la corrección de la diferencia de mareas para obtener la profundidad real de cada punto utilizando la tabla de mareas de Bahía Uvita de la NOAA (Nobeltec Tides and Currents) para cada minuto. La base de datos fue exportada al sistema de información geográfica ArcView® 3.2. Todas las coordenadas tomadas por el GPS fueron transformadas de las proyecciones WGS 84 (utilizadas por el GPS) a Ocotepeque. Luego, estas últimas fueron transformadas a la

proyección Lambert Sur, y las unidades fueron cambiadas de grados a metros. Posteriormente, se realizó un polígono tomando como borde todos los puntos para delimitar el área para crear una imagen tridimensional vectorial tipo red irregular (TIN en sus siglas en inglés). Se utilizó la extensión análisis tridimensional (3D-analysis) de ArcView para crear la imagen TIN y crear los contornos cada 3m de profundidad. A estas imágenes se les insertó la línea de costa con proyección Lambert Sur, digitalizando las hojas cartograficas 1:50 000 Coronado y Dominical utilizando los programas Idrisi 3.2 y CartaLinx. Todos los análisis SIG fueron realizados en la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica.

Estudio de la columna de agua: Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del PNMB (Fig. 1). Las estaciones 1 y 4 corresponden a zonas donde hay desarrollo de arrecifes y comunidades coralinas, y poseen una profundidad aproximada de 8 y 5m respectivamente. La estación 2 corresponde con la parte interna de la bahía y posee una profundidad aproximada de 17m, mientras que la estación 3 se encuentra en la parte externa de la bahía y posee una profundidad de casi 40m. El programa de muestreo comprendió un total de 20 visitas al área, realizadas una vez por mes entre septiembre del 2003 y abril del 2005. En cada fecha y en cada estación se recolectó una serie de muestras de agua usando una botella oceanográfica Niskin de 2 L. En las estaciones 2 y 3 se tomaron las muestras a: 0, 5, 10, 15 y 20 m (esta última solo para la estación 3); mientras que para las estaciones 1 y 4, debido a su poca profundidad, solo se tomaron en la superficie. Para cada una de las muestras, se determinó la salinidad (‰), con un refractómetro óptico ATAGO, mientras que la temperatura (ºC) y oxígeno disuelto (mg/L) con un medidor de oxígeno YSI 52. Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno de acuerdo a Strickland & Parsons (1972). Se realizaron una serie de análisis no paramétricos de Kruskall-Wallis (Quinn & Keough 2002), ya que los datos no se ajustaron a una distribución normal, con el fin de comparar las variables de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación del oxígeno entre las estaciones 2 y 3, entre cada profundidad y entre todas las estaciones en la superficie.

RESULTADOS

Batimetría: En total se tomaron datos en 551 puntos a lo largo de todo el PNMB, con una profundidad promedio de 14.9±9.1m, con una media de 13.4m. La moda en la profundidad fue 21.5m, mientras que la menor profundidad fue 0.28m y la mayor detectada fue 37.3m.

La sección interna de la bahía es poco profunda, no alcanzando más de 20m (Fig. 2). Los islotes, bajos y el Tómbolo presentan una zona poco profunda en sus partes internas, hacia la costa que no sobrepasan los 8m de profundidad. De estos puntos hacia el norte la profundidad cambia gradualmente, mientras que hacia el sur de estos puntos la profundidad aumenta rápidamente hasta los 37m de profundidad, y las curvas de profundidad se encuentran más seguidas (Fig. 2).

Estudio de la columna de agua: La salinidad promedio superficial a lo largo del estudio fue de 29.1±4.3‰, con una máxima de 36‰ en abril 2005 y una mínima de 20‰ en septiembre y octubre 2003. La temperatura promedio superficial fue de 29.7±1.3ºC, con una máxima de 33ºC en febrero 2004 y una mínima de 26ºC en septiembre del mismo año en la estación 3. El oxígeno disuelto promedio en la superficie fue de 6.7±1.3 mg/L, con un máximo de 9.6mg/L en agosto 2004 en la estación 4 y un mínimo de 4.1mg/L en mayo del mismo año en la estación 1. Mientras que el porcentaje promedio de saturación de oxígeno en la superficie fue de 115.6±22.1%, con un máximo 159.2% en abril 2005 en la estación 1 y un mínimo de 69.4% en mayo 2004 para la misma estación.

En las estación 2 y 3 los valores de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y porcentajes de saturación de oxígeno, a lo largo del estudio se mantuvieron muy similares entre

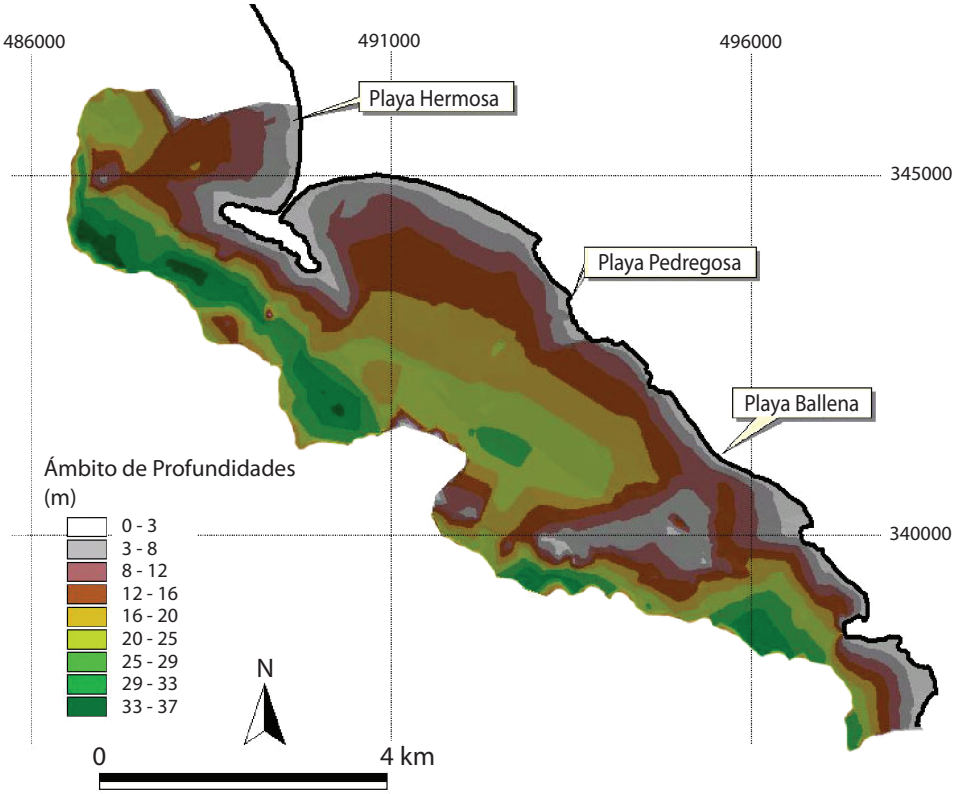

Fig. 2. Contornos batimétricos (m) en el Parque Nacional Marino Ballena. Mapa georeferenciado con proyección Lambert CR sur. Intervalo de curvas batimétricas cada 3 m.

CUADRO 2

Análisis no paramétrico de varianza de una vía de Kruskall-Wallis para las estaciones 2 y 3, a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15 y 20), y para todas las estaciones en la superficie contra la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y el % de saturación de oxígeno

Prueba	n	gl	Kruskall-Wallis	Prob
Estaciones 2 y 3 vs temperatura	163	47	35.891	0.879
Estaciones 2 y 3 vs salinidad	163	14	20.142	0.126
Estaciones 2 y 3 vs oxígeno disuelto	136	72	71.085	0.509
Estaciones 2 y 3 vs % saturación del oxígeno	136	130	128.961	0.509
Profundidad vs temperatura	163	47	78.099	0.003
Profundidad vs salinidad	163	14	30.273	0.007
Profundidad vs oxígeno disuelto	136	72	76.700	0.330
Profundidad vs % saturación del oxígeno	136	130	132.684	0.418
Estaciones vs temperatura superficial	76	31	20.627	0.921
Estaciones vs salinidad superficial	76	17	17.769	0.404
Estaciones vs oxígeno disuelto superficial	64	46	43.378	0.583
Estaciones vs % saturación de oxígeno superficial	64	59	60.637	0.417

CUADRO 1

Valores promedio ± desviación estándar, (mínimos y máximos) de oxígeno disuelto (mg/L), salinidad (‰), temperatura (ºC) y porcentaje de saturación de oxígeno (%) para las estaciones 2 (E2) y 3 (E3), por profundidad (m) en el Parque Nacional Marino Ballena entre septiembre 2003 y abril 2005

Profundidad	Oxígeno disuelto (mg/L)		Salinidad (‰)		Temperatura (ºC)		% Saturación oxígeno	
	E2	E3	E2	E3	E2	E3	E2	E3
0 m	6.39±1.00 (4.20 - 7.82)	6.56±1.15 (4.50 - 8.20)	29.4±4.5 (20 - 34)	28.9±4.4 (20 - 35)	29.9±1.2 (26.0 - 33.0)	29.5±1.4 (26.0 - 33.0)	111.8±17.8 (75.4 - 135.2)	112.9±19.0 (76.8 - 135.2)
5 m	6.00±1.05 (4.10 - 7.49)	5.63±0.98 (4.20 - 7.30)	30.4±3.9 (24 -34)	30.1±4.0 (20 - 35)	29.0±1.0 (27.0 - 31.5)	29.2±1.1 (28.0 - 32.5)	103.8±18.9 (72.3 - 129.5)	97.7±18.0 (71.8 - 129.2)
10 m	5.69±1.10 (3.30 - 7.37)	5.51±1.22 (3.70 - 7.53)	30.9±3.8 (25 - 35)	31.5±3.0 (25 - 35)	28.7±1.1 (27.0 - 31.5)	28.7±1.1 (27.0 - 32.0)	99.1±20.7 (57.6 - 129.2)	96.3±22.6 (63.3 - 132.6)
15 m	5.10±1.09 (3.50 - 6.50)	5.34±1.04 (3.90 - 7.39)	31.2±3.6 (25 - 35)	31.8±2.7 (27 - 36)	28.0±0.8 (26.0 - 30.0)	28.1±1.5 (24.7 - 31.5)	88.0±19.8 (59.5 - 116.7)	92.3±19.1 (66.9 - 127.6)
20 m	-	4.91±1.47 (3.20 - 7.78)	-	32.1±2.6 (27 - 35)	-	28.1±1.0 (26.0 - 30.0)	-	86.9±92.0 (52.8 - 137.0)

ellas y entre las profundidades que se estudiaron (Cuadro 1) (Fig. 3 y 4). No se observaron diferencias significativas entre la estación 2 y 3, ni entre todas las estaciones en la superficie para ninguno de los parámetros estudiados. Se observó una diferencia significativa entre las profundidades muestreadas para la temperatura y la salinidad (Cuadro 2), encontrándose las temperaturas más altas y las salinidades más bajas en la superficie dependiendo de la época del año (Fig. 3 y 4). De manera general, los valores más bajos de salinidad y temperatura se observaron para la época lluviosa y los más altos en la época seca, mientras que los valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno presentaron un incremento durante el período de estudio. De esta manera, se observó que la columna se agua muestra una buena mezcla a lo largo de todo el estudio, a excepción de la salinidad en la época lluviosa que muestra una leve estratificación. Se alcanzó la sobresaturación de oxígeno (Cuadro 1, Fig. 5) en época lluviosa para todas las profundidades, mientras que en época seca solamente las profundidades más someras (0, 5 y 1m) estuvieron cerca del valor de saturación y las más profundas (15 y 20 m) rondaron el 50% (Fig. 5).

DISCUSIÓN

Estudios, que describen la batimetría para áreas protegidas, se han realizado solamente para la Isla del Caño (Cortés *et al.* 1996) y para la Isla del Coco (Lizano 2001). En el caso de la Isla del Caño, comienzan a partir de los 35m de profundidad llegando a los 105m como máxima profundidad, con poco detalle de las profundidades en la cercanía a la isla que sean inferiores a los 35m (Cortés *et al*. 1996). En la Isla del Coco, existe un mayor detalle en las profundidades que van desde 0.45m en la Bahía de Chatham, hasta 183m en el borde de la plataforma insular (Lizano 2001).

En el PNMB se encuentra una bahía protegida y un arco de islas y bajos que van desde Punta Piñuela, hasta Punta Dominical, en el cual se encuentran las rocas las Tres Hermanas, la Isla Ballena, el Tómbolo de Punta Uvita, el bajo Ballena y la Roca la Viuda (Fig. 1), que son el resultado del levantamiento de la costa por parte de la falla longitudinal de Costa Rica. Esta es una falla inversa activa, que forma un arco que se desplaza hacia el norte, la cual ha sido responsable de varios movimientos de levantamiento e inclinación de diferentes

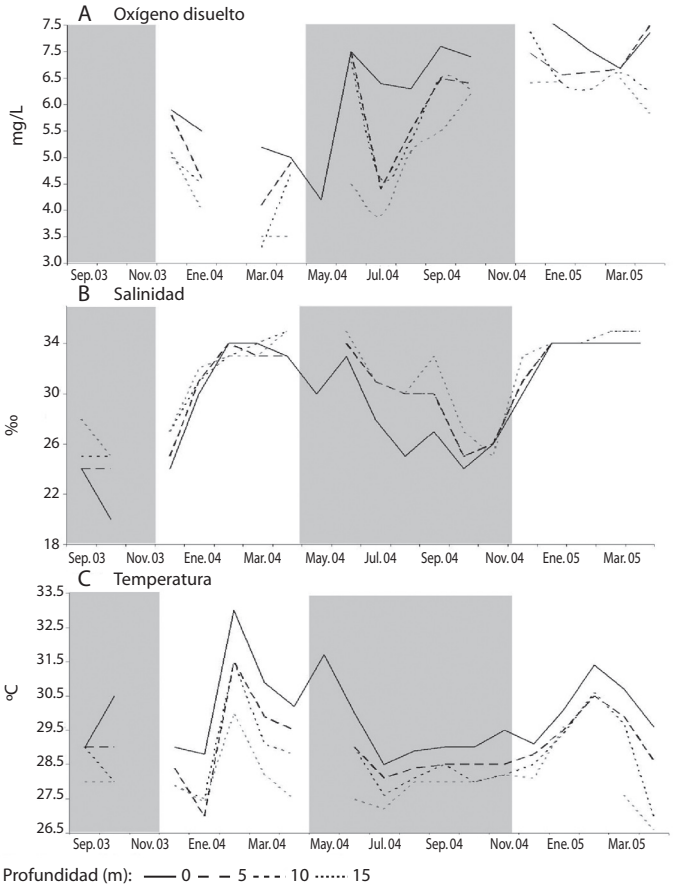

Fig. 3. Comportamiento de: **A**) oxígeno disuelto (mg/L), **B**) salinidad (‰) y **C**) temperatura (ºC), por profundidad correspondientes a la estación 2 entre septiembre 2003 y abril 2005, Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Sur, Costa Rica. En gris se indica la época lluviosa.

capas en la Fila Costeña durante el Cuaternario (Cowan *et al.* 1997, Denyer *et al.* 2003, Fisher *et al*. 2004). Debido a este hecho, la parte interna de la bahía es una zona de depósito de sedimentos, que están en un proceso de levantamiento y donde los puntos de mayor tensión se encuentran en la zona de la parte externa de la Isla Ballena, creando una barrera rocosa alejada de la costa en cuyo interior se desarrollan los corales.

Tanto las aguas de la parte interna de la bahía como en la externa, se encontraron la mayor parte del tiempo bien mezcladas en toda la columna de agua, indicando que existe una buena circulación en el PNMB. La similitud entre las estaciones y el hecho de no haber encontrado diferencias significativas, hacen pensar que a lo largo del tiempo las aguas del parque se comportan de manera muy similar y que es una zona muy dinámica con corrientes marinas lo suficientemente fuertes para mezclar toda la zona. Durante la época lluviosa, es cuando se observó una leve estratificación en cuanto a la salinidad (Fig. 3, 4), debido al fuerte aporte de las lluvias que caen sobre esta región. En esta época son más evidentes las diferencias entre las profundidades en cuanto a la temperatura y la salinidad. El aporte de las

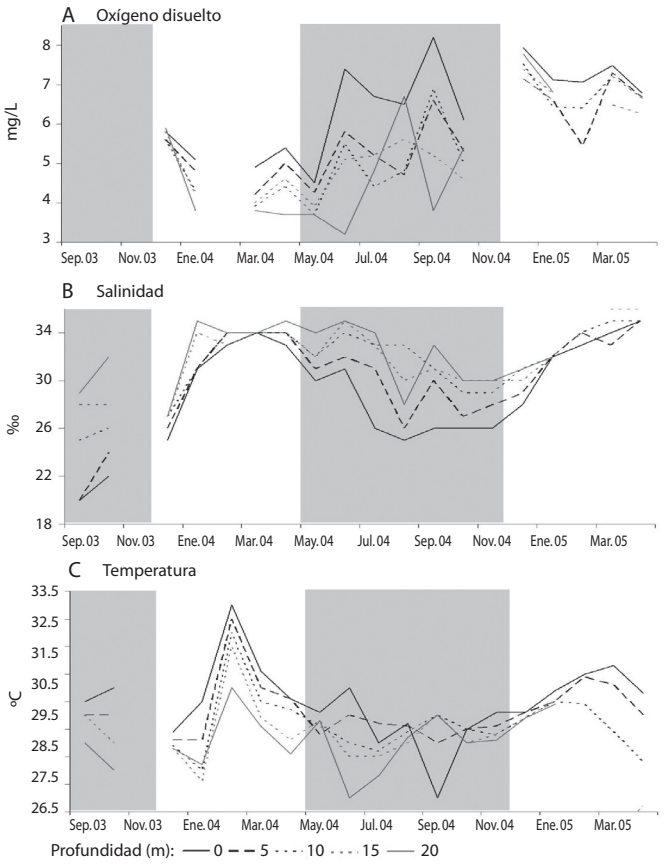

Fig. 4. Comportamiento de: **A**) oxígeno disuelto (mg/L), **B**) salinidad (‰) y **C**) temperatura (ºC), por profundidad correspondientes a la estación 3 entre septiembre 2003 y abril 2005, Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Sur, Costa Rica. En gris se indica la época lluviosa.

lluvias durante esta época es tan intenso, que provoca una fuerte dilución en la superficie al igual que un leve enfriamiento de las aguas. En la época seca, el comportamiento de la columna de agua entre todas las profundidades es muy similar, debido a lo seco del ambiente que evita la leve estratificación que se presenta en época lluviosa, sobretodo debido a la reducción en las descargas de ríos.

Los valores de saturación de oxígeno disuelto, indican que el PNMB es una zona muy productiva. Valores altos son indicativos del uso de oxígeno por organismos (Brigg 2003) y de la producción primaria (Richards 1965). La mayor parte del tiempo durante el estudio de las aguas, se alcanzó la sobresaturación del oxígeno, lo cual es más evidente en la época lluviosa. En esta época del año se encontraron las concentraciones de clorofila *a*, así como de nutrientes más altos (Alvarado 2006), lo que sumado a la alta turbulencia por las fuertes corrientes, hacen que se dé mayor liberación de oxígeno molecular (Tullock 2001) directamente al agua. Este hecho tiene dos aspectos muy importantes a destacar. El primero sería la disponibilidad de alimento para otros organismos o niveles tróficos en el PNMB en época lluviosa, e inclusive en la seca (Fig. 5, enero-abril 2005) cuando las aguas del parque son visitadas por ballenas jorobadas. El

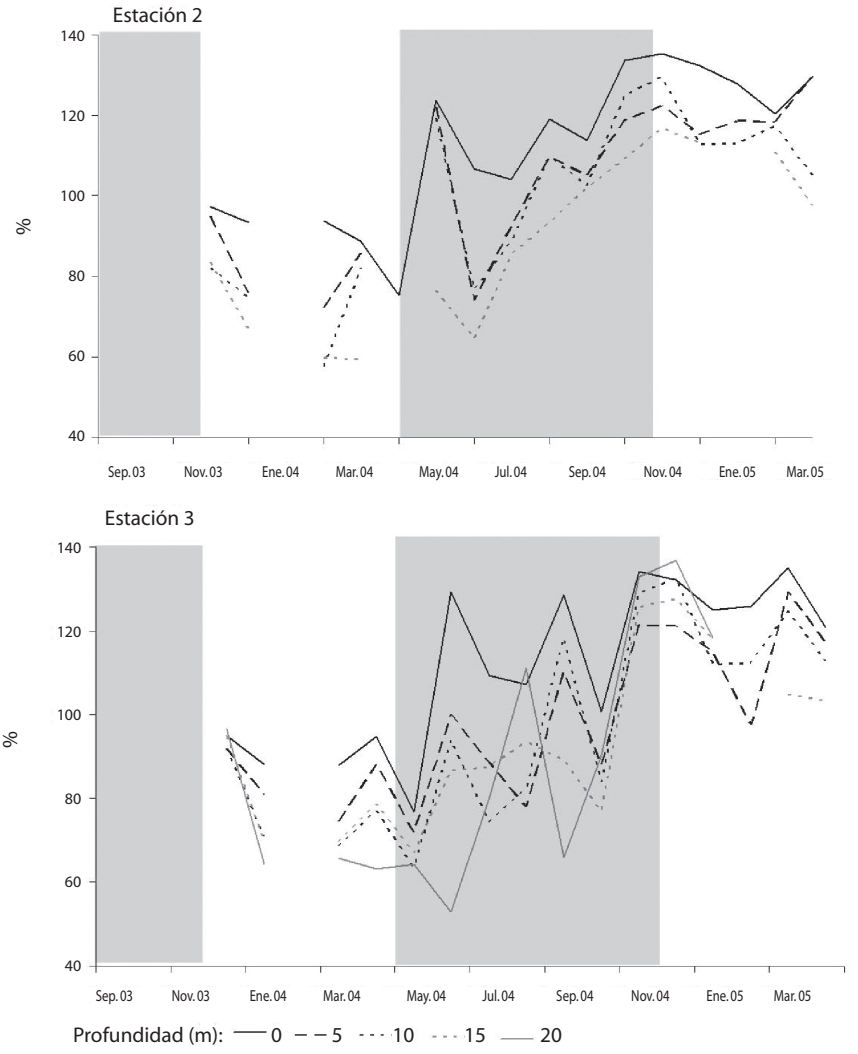

Fig. 5. Porcentaje de saturación de oxígeno (%) en las estaciones 2 y 3 entre septiembre 2003 y abril 2005, Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Sur, Costa Rica. En gris se indica la época lluviosa.

segundo, sería la disminución en la penetración de la luz, factor clave para el desarrollo de los arrecifes coralinos, lo cual provoca que los corales posean tasas metabólicas más lentas debido a la falta de fotosíntesis que realizan sus algas simbiontes (Dubinsky & Stambler 1996), afectando su desarrollo y crecimiento (Alvardo 2004, Alvarado *et al.* 2005, Alvarado 2006).

Finalmente, se puede decir que el PNMB es una zona muy dinámica, debido al intenso aporte de las lluvias y por la configuración de su fondo, convirtiéndolo en un sitio rico en alimento. Sin embargo, para poder entender la complejidad de las cadenas tróficas que allí se dan es necesario realizar investigaciones enfocadas en el estudio de la dinámica y composi-

ción del zooplancton, fitoplancton, así como de pesca en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por el financiamiento parcial a través de los proyectos de Jorge Cortés: 808-96-601 and 808-98-013. Estamos agradecidos por la colaboración de Cindy Fernández, Jorge Cortés, Omar Lizano, Davis Morera, Odalisca Breedy, Luis Obando, Carlos Jiménez, Jaime Nivia, el personal académico y administrativo del CIMAR, ASOPARQUE y los funcionarios del Parque Nacional Marino Ballena.

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la batimetría del PNMB y del comportamiento de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno entre setiembre 2003 y abril 2005. El parque posee una profundidad promedio de 14.97± 9.11m y una profundidad máxima detectada de 37.33m. La sección interna de la bahía es poco profunda, no alcanzando más de 20m de profundidad, mientras que en la parte externa la pendiente es más pronunciada, alcanzando rápidamente los 37 m. A lo largo del estudio, los valores promedio superficiales de salinidad fueron de 29.1±4.3‰, de temperatura 29.7±1.3ºC, de concentración de oxígeno disuelto 6.7±1.3mg/l, y del porcentaje de saturación de oxígeno 115.6±22.1%. Entre las estaciones interna y externa solo se observaron diferencias significativas en cuanto a la salinidad y la temperatura por profundidad, como producto de la época lluviosa. Los valores más bajos de salinidad y temperatura se observaron para la época lluviosa y los más altos en la época seca, mientras que los valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno presentaron un incremento continuo a través del tiempo. La similitud entre las estaciones y el hecho de haber encontrado diferencias significativas solamente entre la salinidad y la temperatura en cuanto a la profundidad, hacen pensar que a lo largo del tiempo las aguas del parque se comportan de manera muy similar y que es una zona muy dinámica y homogénea con corrientes lo suficientemente fuertes para mezclar la columna de agua del parque. El PNMB es una zona muy productiva debido a los altos valores de saturación de oxígeno observados a lo largo del tiempo (120%). Esto hace pensar que existen condiciones apropiadas para el desarrollo del fitoplancton, zooplancton y otros grupos tróficos.

Palabras claves: batimetría, temperatura, salinidad, oxigeno disuelto, Parques Marinos, Costa Rica.

REFERENCIAS

Alvarado, J.J. 2004. Descripción de las comunidades arrecifales del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Central-Sur de Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Recursos Acuáticos, Univ. Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica.

Alvarado, J.J. & C. Fernández. 2005. Equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 53 (Suppl. 3): 275-284.

Alvarado, J.J. 2006. Factores físico-químicos y biológicos que median en el desarrollo de los arrecifes y comunidades coralinas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico sur, Costa Rica. Tesis de Maestría en Biología, Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.

Alvarado, J.J., J. Cortés, C. Fernández & J. Nivia. 2005. Coral communities and coral reefs of Ballena Marine National Park, Pacific coast of Costa Rica. Ciencias Marinas 31: 641-651.

ASOPARQUE. 2000. Hacia un manejo compartido del Parque Nacional Marino Ballena. Mimeografiado.

Brigg, G.R. 2003. The Oceans and Climate. Cambridge University, Cambridge, Inglaterra.

Cortés, J. & C. Jiménez. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, p. 361-385. *In* J. Cortés (ed.). Latin American Coral Reefs. Elsevier Science, Amsterdam,Holanda.

Cortés, J., A.C. Fonseca & D. Hebbeln. 1996. Bottom topography and sediments around Isla del Caño, Pacific of Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 11-17.

Cowan, H., W. Montero, G. Salazar, A. Tapia, G. Alvarado & F. Arias. 1997. Active fauling at the Cocos-Nazca-Caribbean plate triple junction, Southern Costa Rica and Western Panama. Geol. Soc. Amer. (Abstracts with programs) A: 442.

Denyer, P., W. Montero & G. Alvarado. 2003. Atlas tectónico de Costa Rica. Ed. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Dubinsky, Z. & N. Stambler. 1996. Marine pollution and coral reefs. Global Change Biol. 2: 511-526.

Fernández, C. & J.J. Alvarado. 208. Chlorophyta de la costa Pacífica de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 56 (Supl. 4): 149-162.

Fisher, D.M., T.W. Gardner, P.B. Sak, J.D. Sanchez, K. Murphy & P. Vannuchi. 2004. Active thrusting in the inner fore arc of an erosive convergent margin, Pacific coast, Costa Rica. Tectonics 23: 1464-1475.

García, R. 1997. Biología de la conservación y áreas silvestres protegidas: situación actual y perspectivas en Costa Rica. Ed. INBio, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.

Herrera, W. & L.D. Gómez. 1993. Mapa de unidades bióticas de Costa Rica. Escala 1:685 000 U.S. Fish and Wildlife Service- TNC– INCAFO– CBCCR– INBio– Fundación Gómez-Dueñas, San José, Costa Rica.

Kappelle, M., M. Castro, H. Acevedo, L. González & H. Monge. 2002. Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA). Ed. INBio, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.

Lalli, C.W. & T.R. Parsons. 1997. Biological Oceanography: An Introduction. Butterworth & Heinemann, Oxford, Inglaterra.

Lizano, O.G. 2001. Batimetría de la plataforma insular alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49: 163-170.

Magallón, F., C. Segura & J.C. Parreguirre. 1994. Mapa de los Parques Nacionales de Costa Rica. 1:500 000. IGN e INCAFO, S.A.

Mann, K.H. 2000. Ecology of Coastal Waters: With Implications for Management. Blackwell Science, Oxford, Inglaterra.

Mann, K.H. & J.R.N. Lazier. 1996. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. Blackwell Science, Oxford, Inglaterra.

Quinn, G.P. & M.J. Keough. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologist. Univ. Cambridge, Cambridge, Inglaterra.

Richards, F.A. 1957. Oxygen in the ocean, p. 185-238. *In* J.W. Hedgepath (ed.). Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. Mem. Geol. Soc. Am. 67.

Rogers, C.S., G. Garrison, R. Grober, Z.M. Hillis & M.A. Franke. 2001. Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y el Atlántico occidental. T.N.C. y W.W.F., Islas Vírgenes, EEUU.

Rojas, L., J.E. Ramírez, G.A. Strom & C. Gamboa. 1992. Plan regulador del uso del suelo, Playa Ballena. Promotor La Roca, San José, Costa Rica.

Roldán-Pérez, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Ed. Univ. Antioquía, Medellín, Colombia.

Soto, R. & M. Bermúdez. 1990. Parque Nacional Marino Ballena, Plan de desarrollo. MINAE, San José, Costa Rica.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Board Canada Bull. 167: 1-310.

Tullock, J.H. 2001. Water Chemistry for the Marine Aquarium. Barron's Educational Series, New York, EEUU.