COLOMBIA 50% MAR
invemar
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
"José Benito Vives De Andréis" - INVEMAR
Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

coralina
Corporación para el Desarrollo Sostenible
del Archipiélago de San Andrés, Providencia
y Santa Catalina

Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower

Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Atlas de la

Reserva de Biósfera Seaflower

Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

COLOMBIA 50% MAR

coralina

COLOMBIA 50% MAR
invemar
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
"José Benito Vives De Andréis" - INVEMAR
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Francisco Armando Arias Isaza
Director General

Jesús Antonio Garay Tinoco
Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)

Carlos Augusto Pinilla González
Subdirector de Recursos
y Apoyo a la Investigación (SRA)

David Alejandro Alonso Carvajal
Coordinador Programa de Biodiversidad
y Ecosistemas Marinos (BEM)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz
Coordinadora Programa de Calidad Ambiental Marina (CAM)

Blanca Oliva Posada Posada
Coordinadora (e) Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Paula Cristina Sierra Correa
Coordinadora Programa de Investigación
para la Gestión de Zonas Costeras (GEZ)

Mario Enrique Rueda Hernández
Coordinador Programa de Valoración
y Aprovechamiento de Recursos Marinos (VAR)

Óscar David Solano Plazas
Coordinador Programa de Servicios Científicos (CSC)

www.invemar.org.co
Cerro Punta Betín, Santa Marta DTCH, Colombia
PBX: +57 5 432 8600 • Fax: +57 5 432 8694 • A.A. 1016

coralina
Corporación para el Desarrollo Sostenible
del Archipiélago de San Andrés, Providencia
y Santa Catalina

Elizabeth Taylor Jay
Directora General

Opal Marcela Bent Zapata
Subdirectora Gestión Ambiental

Arne Britton
Subdirector de Mares y Costas

Catherine Archbold
Secretaría General

J. Edith Carreño Corpus
Subdirectora de Planeación

Rafael Medina Whitaker
Subdirector Jurídico

Jenny Bowie
Coordinador Control y Vigilancia

Claudia Marcela Delgado
Coordinadora Educación Ambiental

Giovanna Peñaloza
Coordinadora Grupo Providencia

Nacor Bolaños
Coordinador Áreas Protegidas

www.coralina.gov.co
Vía San Luis, Bight, km 26, San Andrés Isla, Colombia
PBX: +57 8 512 0080 • Línea verde: +57 8 512 8272

Coordinación editorial:
Diana Isabel Gómez López, INVEMAR
Carolina Segura Quintero, INVEMAR
Paula Cristina Sierra Correa, INVEMAR
Jesus A. Garay Tinoco, INVEMAR
Elizabeth Taylor Jay, CORALINA
Opal Bent Zapata, CORALINA

Producción cartográfica:
Carolina Segura Quintero, INVEMAR
Anthony Mitchell, CORALINA
Stephane Rifaterra, INVEMAR
Nathaly Mahecha Moreno, INVEMAR

Fuentes de información cartográfica:
La información geográfica utilizada para la generación de los mapas presentados en este documento, proviene de diversas entidades tales como: Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, información base y ortomosaicos de imágenes Vexcel ULTRACAM de 2007 además de fotografías aéreas de diferentes fechas; Dirección General Marítima -DIMAR- principalmente información batimétrica; Sistema de Información Geográfica de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-; Sistema de Información Geográfica del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Sistema de Información Ambiental Marina para Colombia -SIAM-.

Las líneas de delimitación fronteriza presentadas en este documento son una representación gráfica aproximada, con fines ilustrativos solamente.

Los editores, CORALINA e INVEMAR, no se hacen responsables por la información que se presenta en cada uno de los capítulos. La responsabilidad sobre el contenido, sentido y rigor científico en la elaboración de los mismos es estrictamente de los autores.

Imagen de portada: ESRI Digital Chart of the World - modelo digital de terreno 1 km.

Fotografías contraportada: Opal Bent, Gloria Murcia y Nacor Bolaños; CORALINA.

Cítese la obra completa así: CORALINA-INVEMAR. 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

Cítense los capítulos así: Autores. 2012. Título del capítulo. pp (intervalo de páginas) en CORALINA-INVEMAR, 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

Palabras clave: Caribe colombiano, cartografía, archipiélago, reserva de biósfera, atlas, biodiversidad, Seaflower

Diseño e impresión: John Khatib / Carlos González
Ediprint Ltda. (ediprint.com.co)

Diagramación: Jorge Beltrán, Ediprint Ltda.

ISBN: 978-958-8448-50-3

© 2012. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -Invemar-, Santa Marta, Colombia. Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, desde 1993 (Ley 99).

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitido en ninguna forma o por ningún medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros, sin el previo consentimiento escrito del INVEMAR.

Primera edición de 1.000 ejemplares, agosto de 2012

Impreso en Bogotá D. C., Colombia

Contenido

Gestión Ambiental en la Reserva de la Biósfera Seaflower, archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe Occidental, Colombia 13

Introducción 15
Condiciones que demandan gestión 16
Planificación ambiental regional 22
Avances en la gestión ambiental 22
Parques regionales 27
Parque nacional 28
Gestión de cooperación internacional 32
Lecciones aprendidas 33

Descripción física del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 35

Geología del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 36
Caracterización climática del archipiélago de San Andrés y Providencia 47
Oceanografía del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 53

Calidad ambiental en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 61

Calidad de aguas 62
Calidad fisicoquímica y contaminación de las aguas marinas de San Andres y Providencia . . 65
Contaminación microbiológica 71
Calidad ambiental de los acuíferos de la isla de San Andrés 73
Calidad ambiental de aire y contaminación acústica en la isla de San Andrés 81

Una mirada a la biodiversidad del borde costero de la isla de San Andrés 87

Vegetación vascular terrestre del borde litoral del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 88
El cangrejo negro, patrimonio natural de la Reserva de Biósfera Seaflower 93
Composición de la avifauna de la zona costera de la Reserva de Biósfera Seaflower 96
Caracterización y estado de las poblaciones de Wilks (*Cittarium pica* Linnaeus, 1758) en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 102
Comunidades de peces 106
Riqueza íctica en diferentes zonas de la Reserva de Biósfera Seaflower 114
Tortugas marinas en la isla de San Andrés 116
Especies invasoras en la Reserva de Biósfera Seaflower 116

Actualización del conocimiento de los ecosistemas marinos en la Reserva de Biósfera Seaflower, con énfasis en las islas de San Andrés y Providencia . . 129

Arrecifes de coral 131
Playas 136
Fanerógamas marinas 139
Bosques de manglar 144
Humedales 153

Población, tenencia de la tierra y aspectos socioeconómicos en la isla de San Andrés 159

Distribución de la tenencia de la tierra por grupos socioeconómicos e institucionales en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 166
Socioeconomía en el archipiélago de San Andrés y Providencia con énfasis en la isla de San Andrés, Reserva de Biósfera Seaflower 169

Oceanografía del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Carlos Alberto Andrade-Amaya

Las islas, cayos, bancos y arrecifes que forman el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se ubican en un eje, orientado de noreste a suroeste y con una longitud de 285 millas aproximadamente. Sus extremos son el bajo Alicia por el norte (16°15'N - 79°23'W) y los cayos Albuquerque por el Sur (12°07'N - 81°52'2" W).

Temperatura oceánica

En la zona de San Andrés se estima una temperatura media de la superficie del mar entre los 26 y 29,5°C alcanzando unos 27°C hacia los 100 m de profundidad. Estas condiciones térmicas se consideran óptimas para el desarrollo de corales formadores de arrecifes dado que la variación anual de las temperaturas está entre los 2 y 3°C (Mapa 19).

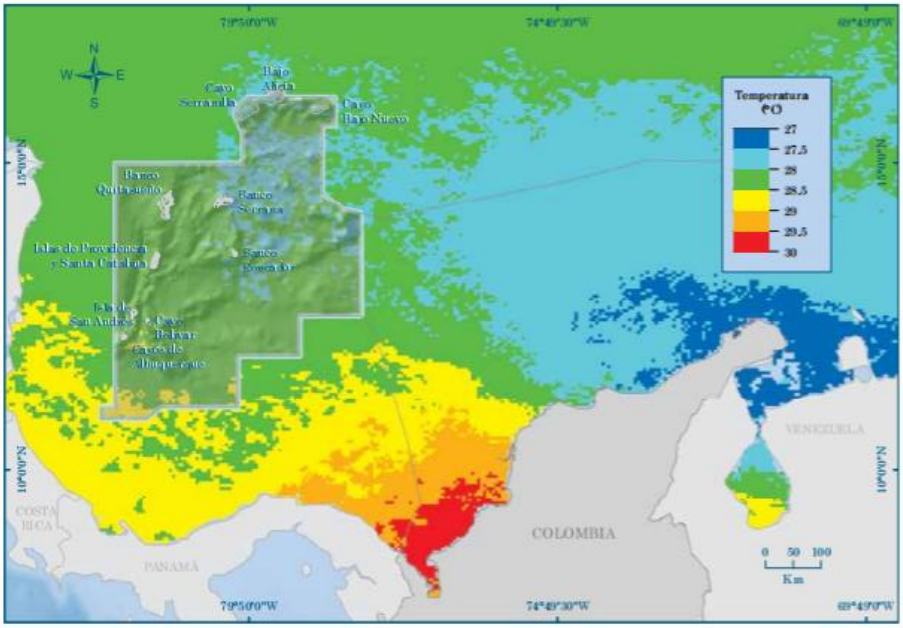
Los perfiles verticales presentan una termoclina (límite entre dos masas de agua de diferente temperatura) caracterizada por un gradiente vertical no muy fuerte cuya profundidad varía estacionalmente, encontrándose durante la época húmeda hasta los 50 metros y prácticamente desapareciendo durante la seca. La temperatura de la masa de agua central baja de manera rápida hasta alrededor de 10°C en los 500 m de profundidad. El gradiente térmico se hace más abrupto en las aguas intermedias hasta alcanzar valores alrededor de 5°C en profundidades de 900 m. En adelante la temperatura de las aguas profundas desciende muy poco y no es menor de 4°C (Figura 1).

La distribución horizontal de la temperatura superficial en el área del Archipiélago es de alrededor de 28°C, pero está modulada por el esfuerzo del viento que tiene efectos importantes en las aguas de la Guajira y alcanzan a llegar al Caribe occidental (Andrade, 2009).

Salinidad

La capa superficial, de pocos metros de profundidad, presenta salinidades inferiores a los 35,5 UPS (unidades prácticas de salinidad), relacionadas con las desembocaduras de los ríos Orinoco, Amazonas y Magdalena a la cuenca del Caribe y con las precipitaciones. La salinidad de las capas centrales es máxima alrededor de los 150 m de profundidad en el área y alcanza valores cercanos a 37 UPS. En las capas intermedias la salinidad es mínima, con valores alrededor de 34,7‰ en profundidades que pueden alcanzar los 800 m. En las aguas más profundas la salinidad aumenta ligeramente y permanece muy cercana a 34,9 UPS (Figura 2).

De acuerdo con Andrade (2009), la distribución horizontal de la salinidad superficial en el área del Archipiélago responde al fuerte gradiente zonal producido en el Caribe Suroccidental, debido principalmente a la escorrentía producto de la intensa precipitación que ocurre en esa zona (Mapa 20).



Mapa 19. Temperatura superficial del océano, julio de 2004 (Tomado de Ocean Color Project).

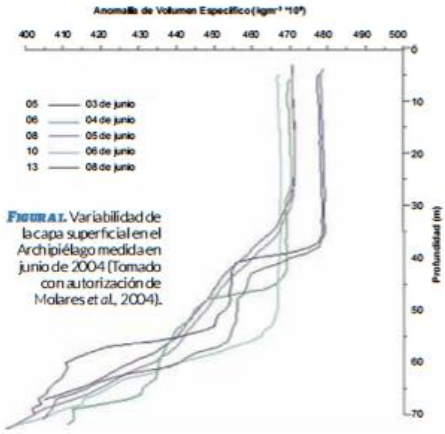


Figura 1. Variabilidad de la capa superficial en el Archipiélago medida en junio de 2004 (Tomado con autorización de Molares *et al.* 2004).

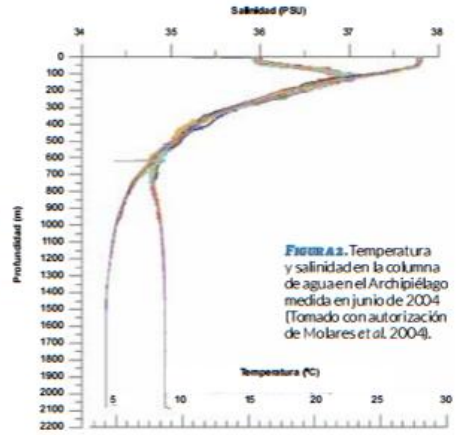
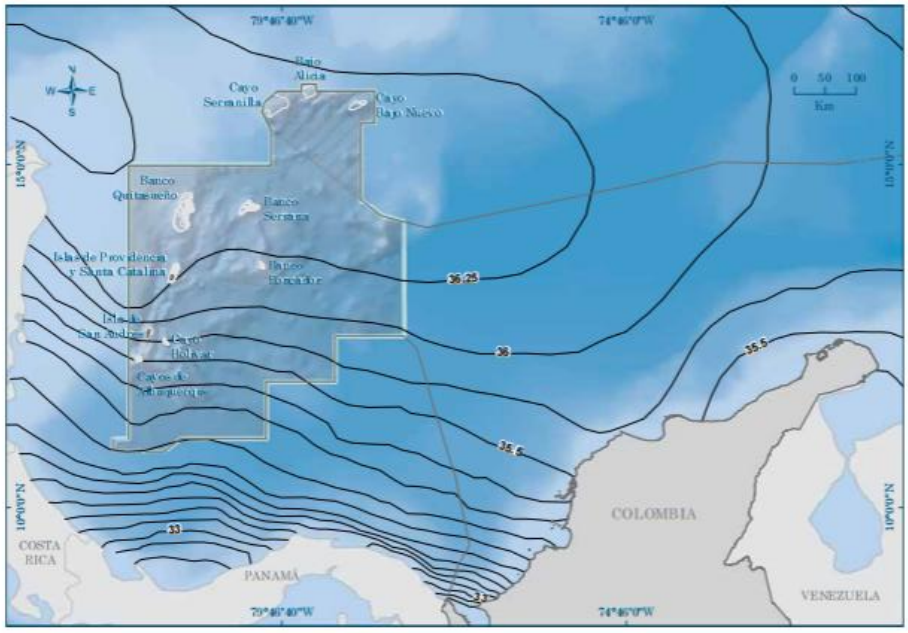


Figura 2. Temperatura y salinidad en la columna de agua en el Archipiélago medida en junio de 2004 (Tomado con autorización de Molares *et al.* 2004).

Mapa 20. Perfiles de salinidad en aguas superficiales (Tomado con autorización de Molares *et al.* 2004).



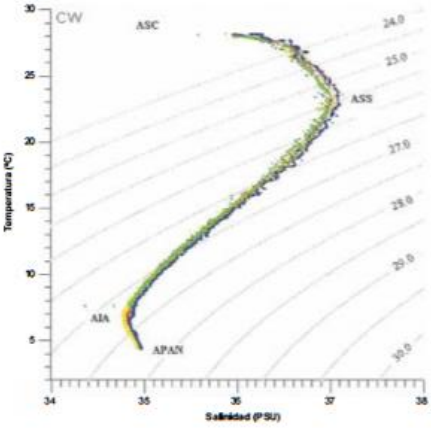


Figura 3. Termohalina mostrando masas de agua presentes en la depresión Providencia (Tomado con autorización de Molares *et al.* 2004).

Masas de agua

En el Archipiélago se encuentra una primera masa de agua superficial del Caribe (ASC) que llega hasta una profundidad de 50 a 75 m y se caracteriza por su baja salinidad. Una segunda masa se encuentra presente llamada agua subsuperficial subtropical (ASS), con un máximo de salinidad entre los 150 y 200 m, seguido por una masa conocida como agua intermedia subantártica (AIA) que tiene el mínimo de salinidad entre los 600 y 900 m; y finalmente, en las secciones más profundas se encuentra la masa de agua profunda del Atlántico Norte (NADW) (Figura 3).

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en superficie se encuentra alrededor de los 6,4 mg/l y desciende hasta la base de la capa de mezcla hasta los 200 y 700 m de profundidad donde se encuentran los valores más bajos en la concentración del oxígeno, alcanzando un mínimo alrededor de 3,55 mg/l. A partir de los 700 m de profundidad, se presenta un aumento en la concentración del oxígeno alcanzando el máximo de 6,84 mg/l. En la zona profunda, desde los 1.500 m hasta los 2.400 m, la concentración se mantiene sin mayores variaciones, con valores cercanos a 5,80 mg/l (Figura 4).

El oxigeno disuelto en la columna de agua tiene valores del orden de 5 ml/l en la capa de mezcla, y se reduce paulatinamente hasta ser menor de 3 ml/l alrededor de los 600 m de profundidad en el núcleo del agua intermedia antártica y vuelve a aumentar hasta los 2000 m de profundidad donde vuelven a encontrar valores del orden de 5 ml/l característico del agua profunda del Atlántico Norte (Garay *et al.*, 1988).

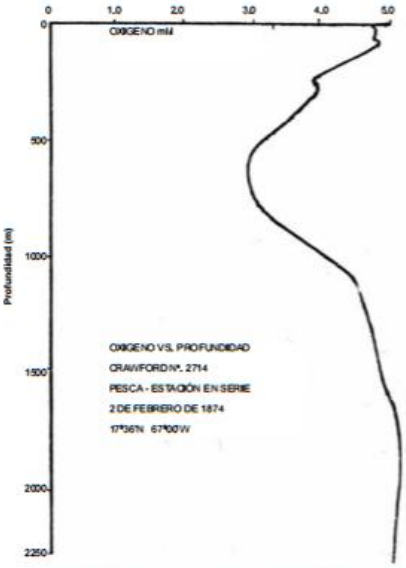
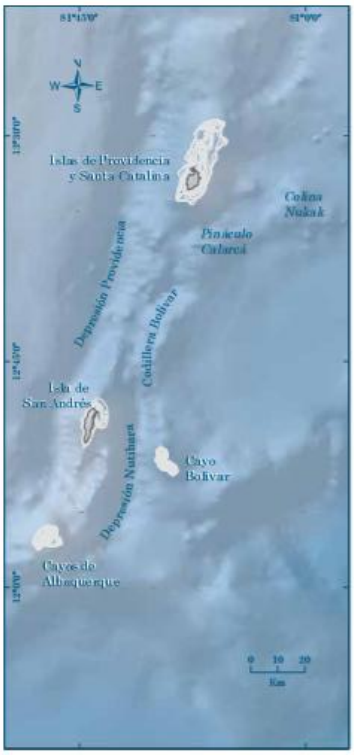
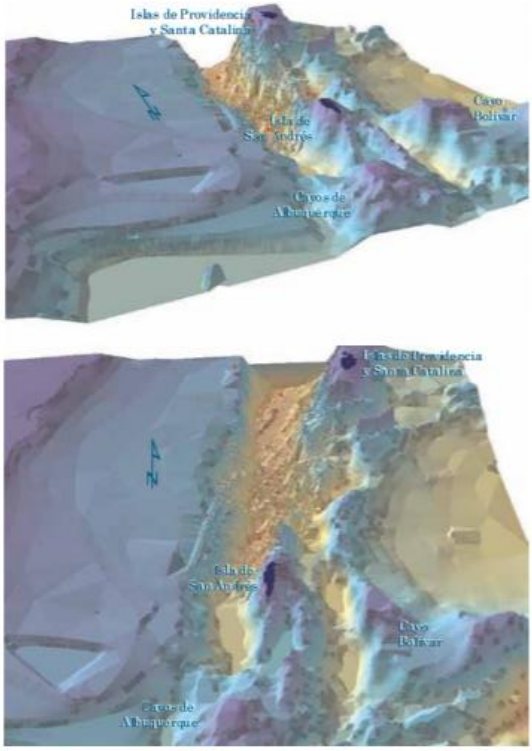


FIGURA 4. Perfil vertical de oxígeno en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

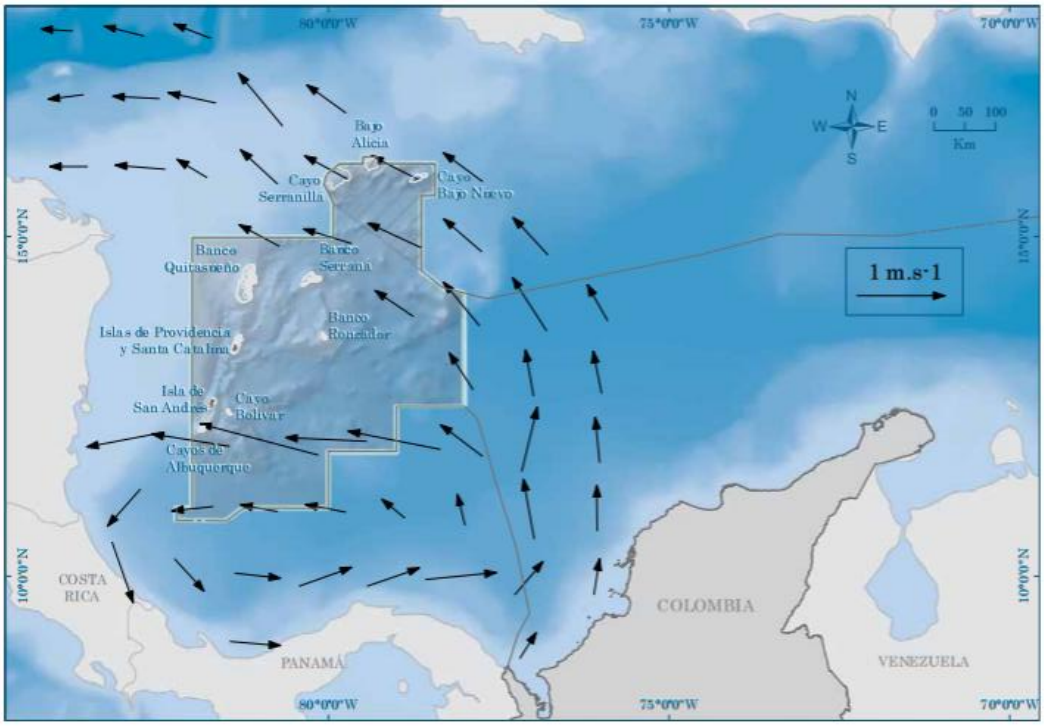
Batimetría

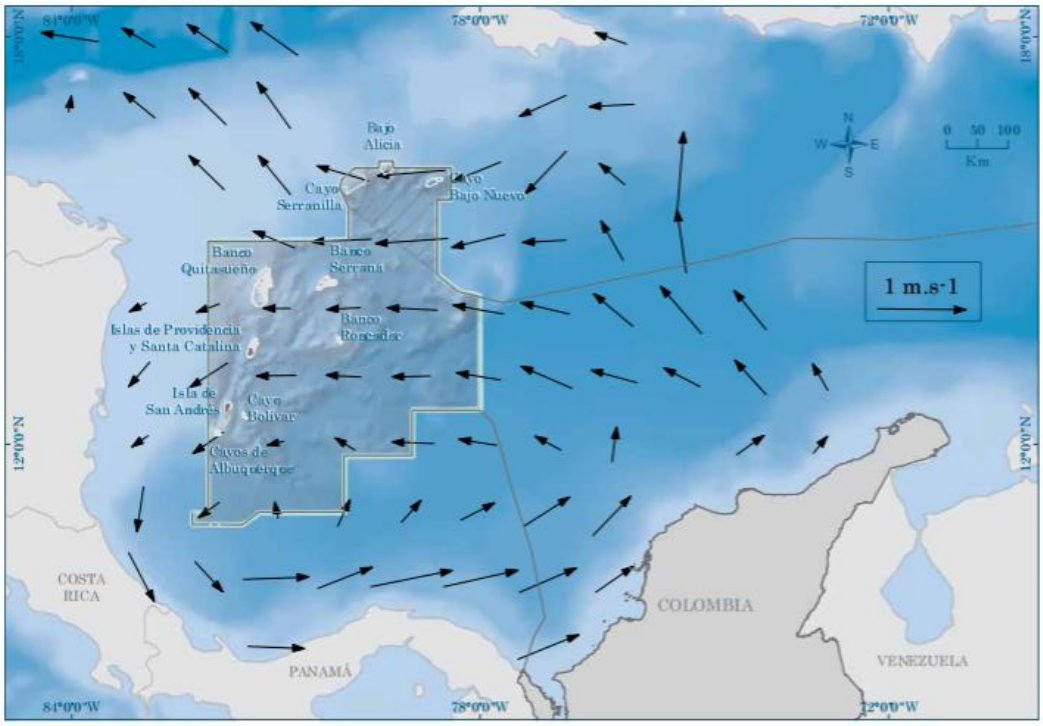
El relieve del Archipiélago está compuesto por una gran cantidad de accidentes submarinos importantes. La plataforma insular es independiente de la continental centroamericana, separada de esta por profundidades de hasta 2.200 m. En la depresión localizada al Oeste de la isla de Providencia, condición que las convierte en islas oceánicas, siendo su menor distancia a la masa continental de 180 km. El área donde está localizado el archipiélago, se trata de un fragmento destacado por movimientos recientes del suelo submarino en relación genética probable con los movimientos de la "dorsal" del Pacífico, es decir, en la prolongación de la zona de fractura de Panamá (Mapa 21).





MAPA 21. Batimetría en 3D compuesta desde datos de una sonda multihaz de la depresión Providencia (Modificado de Andrade, 2005).





Mapa 22. Patrón generalizado de corrientes superficiales a la altura del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Esta formación, se trata de una cicatriz activa (intraplaca) abierta y profundizada por megadeslizamiento rotativo y cizallamento (com. pers. Jean-René Vanney, director del Instituto de Hidrografía del Principado de Mónaco).

La depresión Providencia es un rasgo característico muy importante del Archipiélago, porque es uno de los accidentes más significativos que separa el Archipiélago de la Elevación Centroamericana (Andrade 2005). En ella se encuentran agua intermedia antártica y agua profunda del Atlántico Norte (Molares *et al.*, 2004).

Corrientes marinas

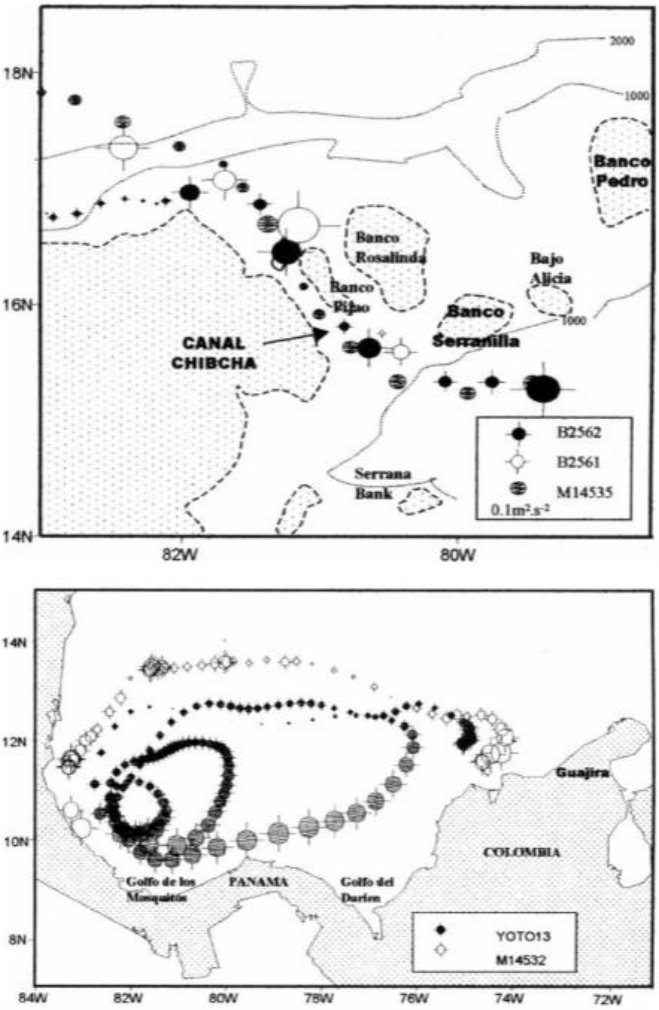
La circulación oceánica del área del Archipiélago depende principalmente de la limitación que ofrece el paso Chibcha a las aguas de la Corriente del Caribe y que fluyen hacia el mar Caimán (Andrade *et al.*, 1997; Andrade, 2009). También dependen de la configuración batimétrica de la región que obliga a la recirculación de las aguas que vienen del Este, y en el área giran cada vez más hacia el Sur, hasta llegar al golfo de Mosquitos donde reside un ciclón casi permanente (Andrade, 2001). La Corriente del Caribe se divide justo entre las islas y cayos de tal manera que una parte (~60%) continua su viaje hacia el mar Caimán y la otra recircula hacia el Caribe suroccidental formando el Giro de Panamá-Colombia, cuyas aguas bañan el sur del Archipiélago (Mapa 22).

Las corrientes superficiales en el Caribe Suroccidental deducidas de las trayectorias de las boyas durante a) agosto-diciembre 1997 y b) julio-noviembre 1998. Ambos grupos cubren las respectivas estaciones de lluvias. En 1997 las mayores velocidades en el brazo norte del Giro Panamá-Colombia son debidas al comienzo en la estación de vientos en diciembre. La velocidad del Giro nunca fue menor de 0,5 $m.s^{-1}$. Los campos de velocidad en superficie muestran el Giro entregando aguas hacia el Norte y Noroeste. Los contornos son energía cinética en m^2s^2 (Andrade, 2001).

El paso de la corriente del Caribe hacia el mar Caimán ocurre principalmente a través de los estrechos que existen entre la Elevación Centroamericana y al banco Pedro con un núcleo claramente definido en el Paso Chibcha justo al sur de Serranilla (Mapa 23).

La corriente en la parte sur del Archipiélago normalmente llega del Este y empieza a girar hacia el sur por el efecto topográfico que ejerce la presencia del continente, dirigiéndose hacia el golfo de Mosquitos donde hay un remolino ciclónico muy dominante. Cuando se relaja este remolino, la corriente se extiende hasta la costa colombiana y gira de nuevo al oeste en lo que se conoce como el Giro Panamá-Colombia. El brazo Sur -La Contracorriente Panamá-Colombia- fue siempre más intensa que en cualquier otra parte (Andrade, 2001).

La velocidad geostrófica medida en 15 estaciones de CTD tomadas el 28 y 28 de junio de 1997 por el buque oceanográfico ARC Providencia se calculó la mayor profundidad común entre estaciones y se crearon líneas superpuestas a los contornos para determinar las áreas de mayor flujo. Las áreas sombreadas de la Figura 5 muestran la dominancia del flujo hacia el Este, y un máximo de flujo hacia el Oeste en el Canal Chibcha entre los bancos Serranilla y Turquesa. El flujo en el Canal Bawihka sugiere el paso de un remolino ciclónico hacia el mar Caimán (Andrade, 2009).



Mapa 23. Desplazamiento de boyas superficiales confirmando patrones de corrientes superficiales. A) La salida al mar Caimán y B) en el Caribe Suroccidental. El tamaño de los círculos es proporcional al promedio diario de la energía cinética (Tomado de Andrade 2001).

Las corrientes en el Archipiélago de San Andrés están distorsionadas por la llegada continua de remolinos que giran en ambas direcciones y que viajan con la Corriente del Caribe. Estos remolinos se deforman entre las paredes que representan las elevaciones de los cayos y las islas. Algunos pasan al mar Caimán y otros se desintegran en el Archipiélago (Mapa 24).

Utilizando los promedios mensuales de la salinidad superficial del mar de 36,5 UPS y los vectores medios del viento y contornos de máxima rata de precipitación del Centro de Diagnóstico del Clima (1998), se estableció la formación y evolución de un remolino ciclónico

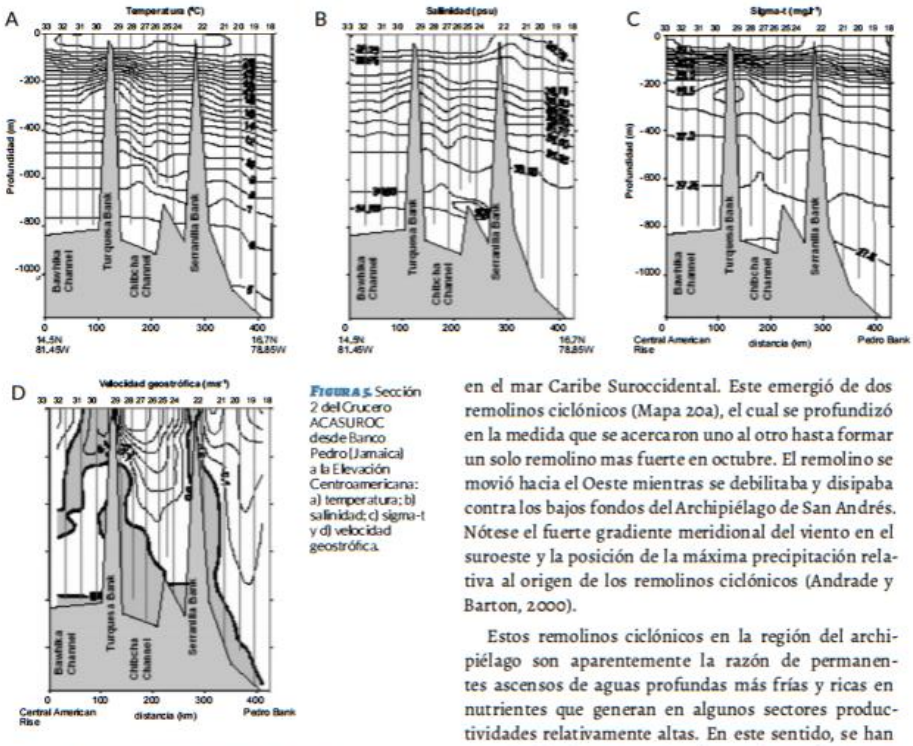
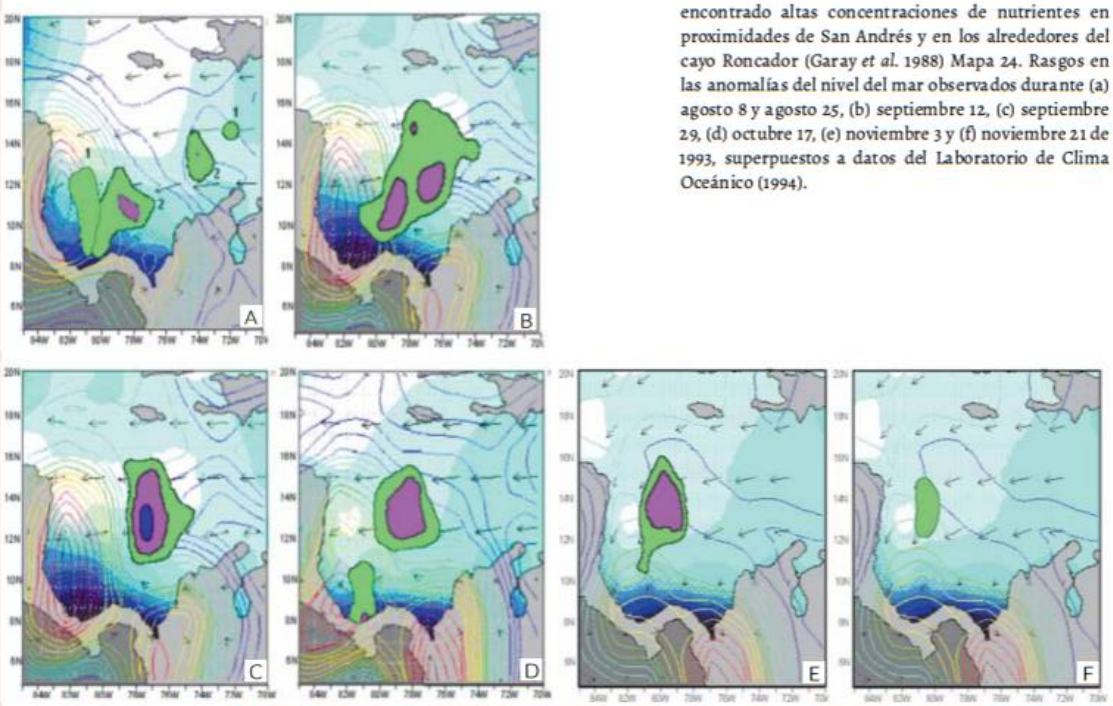


Figura 5. Sección 2 del Crucero ACASUROC desde Banco Pedro (Jamaica) a la Elevación Centroamericana: a) temperatura; b) salinidad; c) sigma-t y d) velocidad geostrófica.

en el mar Caribe Suroccidental. Este emergió de dos remolinos ciclónicos (Mapa 20a), el cual se profundizó en la medida que se acercaron uno al otro hasta formar un solo remolino mas fuerte en octubre. El remolino se movió hacia el Oeste mientras se debilitaba y disipaba contra los bajos fondos del Archipiélago de San Andrés. Nótese el fuerte gradiente meridional del viento en el suroeste y la posición de la máxima precipitación relativa al origen de los remolinos ciclónicos (Andrade y Barton, 2000).

Estos remolinos ciclónicos en la región del archipiélago son aparentemente la razón de permanentes ascensos de aguas profundas más frías y ricas en nutrientes que generan en algunos sectores productividades relativamente altas. En este sentido, se han encontrado altas concentraciones de nutrientes en proximidades de San Andrés y en los alrededores del cayo Roncador (Garay *et al.* 1988) Mapa 24. Rasgos en las anomalías del nivel del mar observados durante (a) agosto 8 y agosto 25, (b) septiembre 12, (c) septiembre 29, (d) octubre 17, (e) noviembre 3 y (f) noviembre 21 de 1993, superpuestos a datos del Laboratorio de Clima Oceánico (1994).



Mapa 24. Rasgos en las anomalías del nivel del mar observados durante a) agosto 8 y agosto 25; b) septiembre 12; c) septiembre 29; d) octubre 17; e) noviembre 3 y f) noviembre 21 de 1993, superpuestos a datos del *Laboratorio de Clima Oceánico* (1994).

Literatura citada

Andrade CA, L Giraldo y S Lonin. 1997. Nota sobre la circulación de las aguas en el Bajo Alicia y el sector de San Andrés Islas. Boletín Científico CIOH (17):27-36.

Andrade CA y ED Barton. 2000. Eddy development and motion in the Caribbean Sea (Desarrollo y movimiento de remolinos en el mar Caribe). Journal of Geophysical Research (26):191-201.

Andrade CA. 2001. Las corrientes superficiales en la Cuenca de Colombia observadas con boyas de deriva. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (96):321-335.

Andrade CA. 2005. Surveying a natural deep sediment trap in the south-western Caribbean. Boletín Científico CIOH (23): 129-133.

Andrade CA. 2009. La circulación y variabilidad de la Cuenca de Colombia en el mar Caribe. Edición especial CIOH, DIMAR.

Díaz JM, Barrios LM, Cendales MH, Garzón-Ferreira J, Geister B, López-Victoria M, Ospina GH, Parra-Velandia F, Pinzón J, Vargas-Ángel B, Zapata FA y Zea S. 2000. Áreas marinas de Colombia. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Especiales, 5: 175p.

Díaz JM, Díaz-Pulido G, Garzón-Ferreira J, Geister B, Sánchez JA y Zea S. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. I. Complejos arrecifales oceánicos. Serie de publicaciones especiales, No.2. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "Jose Benito Vives de Andreis" INVEMAR. Santa Marta, 83p.

Garay J, F Castillo, CA Andrade, J Aguilera, L Niño, M de La Pava, W López y G Márquez. 1988. Estudio oceanográfico del Caribe colombiano en el área del Archipiélago de San Andrés y Providencia y cayos adyacentes. Boletín Científico CIOH (9): 3-73

Geister B. 1973. Los Arrecifes de la isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia) Mitt. Inst. Colombo-Aleman Invest. Cient. 7:211-228.

Geister B. 1986. Recent coral reefs and geologic history of Providencia island (Western Caribbean sea, Colombia). Geología Colombiana 15: 115-134.

Geister J. 1992. Modern reef development and Cenozoic evolution of an oceanic island/reef complex: Isla de Providencia (Western Caribbean Sea, Colombia). - Facies 27, 1-70, 17 figs., 17 pls., 4 tables, Erlangen.

Hubach E. 1956. Aspectos Geográficos, geológicos y recursos de las islas de San Andrés y Providencia. Cuad. Geogr. Col. Vol. 12.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1986. San Andrés y Providencia, Aspectos Geográficos. IGAC, Bogotá, 156 p.

INGEOMINAS. 1996. Estudio de las Amenazas Geológicas de la Isla de San Andrés. CORALINA-Convenio No. 055-95. 230p y Anexos.

Molares R, T Vanegas, J Bustamante y CA Andrade. 2004. Aspectos oceanográficos de las aguas sobre la depresión Providencia en mayo de 2004. Boletín Científico CIOH (22): 11-25.

NOAA. 2012. National Weather Service - National Hurricane Center. Consultado el 15 de febrero de 2012. En: <http://www.nhc.noaa.gov/>

OCEAN COLOR PROJECT. Ocean Color Web. Consultado el 15 de febrero de 2012. En: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/

Posada B.O. y W. Guzmán. 2007. Diagnóstico de la erosión costera en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Recomendaciones generales para el manejo y control de la erosión. Investigación elaborada para CORALINA por el INVEMAR, en el marco del convenio 010/2006. 102 p.

Servicio Geológico Nacional. 1960. Diccionario Geológico. Consultado vía web en diciembre de 2011. En: http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/O.asp