

**INFORME FINAL DEL PROYECTO No. 808-A7-520
2009**

Título del proyecto:

Conocimiento y gestión de medios marinos y coralinos del Área de Conservación Marina Isla del Coco

Investigador principal:

Jorge Cortés Núñez

Co-Investigadores:

Jenaro Acuña González

Eric Alfaro Martínez

Omar Lizano Rodríguez

Álvaro Morales Ramírez

Investigadores, estudiantes y asistentes colaboradores:

Fabián H. Acuña	Juan José Alvarado	Jorge Amador
Marcela Ballesteros	Odalisca Breedy	Carlos Brenes
Victoria Bogantes	Blanca Calderón	Iván Castellano
Harlan K. Dean	Nicolás Duprey	Ana Durán
Cindy Fernández	Jairo García	Rebeca Gasca
Anne-Marie Gavlas	Kai H. Georges	Eddy Gómez
Pablo E. Gutiérrez	Hans Hartmann	Carlos E. Jiménez
Tito José Maldonado	Nelson Muñoz	Dennis Opresko
James D. Reimer	Erick Rivera	Tim Rixen
Eleazar Ruiz	Jeffrey Sibaja Cordero	Alberto Solano
Monika Springer	Eduardo Suárez	Marcela Ulate
José Luis Vargas	Maribelle Vargas	Rita Vargas
Delia Zavala		

Unidad ejecutora:

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)

Unidades colaboradoras:

Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI)

Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA)

Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC)

Escuela de Física

Escuela de Biología

Escuela de Química

Fecha:

16.IX.2009

INFORME DEL PROYECTO:

1. ANTECEDENTES

A. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Generar información sobre los ecosistemas marinos de la Isla del Coco, con el fin de mejorar su manejo y conservación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el estado actual y pasado de los arrecifes coralinos de la Isla del Coco, e implementar y promover un programa de monitoreo a largo plazo.
- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la diversidad de organismos marinos asociados a los arrecifes, bajos y aguas profundas de la Isla del Coco.
- Avanzar los estudios sobre biodiversidad del plancton de la Isla del Coco.
- Estudiar los fenómenos climáticos que influyen sobre la Isla del Coco, incluyendo el Niño/La Niña.
- Determinar la estructura hidrodinámica de la columna de agua alrededor de la Isla del Coco.
- Proporcionar la línea base inicial de los principales parámetros físico-químicos oceanográficos típicos de las aguas marinas alrededor de la Isla.

B. Duración: Inicio 1.X.2007, vence 31.XII.2009

C. Investigador a cargo: Jorge Cortés Núñez, Sin carga

2. ACTIVIDADES

Tres expediciones científicas a la Isla del Coco fueron organizadas:

- CIMAR-COCO-I: 9-20 octubre 2007
- CIMAR-COCO-II: 2-13 abril 2008
- CIMAR-COCO-III: 27 febrero - 8 marzo 2009

Doce personas participaron en cada expedición. Además del barco madre en que viajamos, vivimos y trabajamos en la isla, la Asociación MarViva nos apoyó con un barco pequeño para tomar muestras alrededor de la isla, en los que iban grupos de 4 personas. Adicionalmente, de nuevo, con apoyo de MarViva entraron dos grupos de 4 personas en enero-febrero y en mayo-junio 2008 para tomar otras muestras. Una gran cantidad de datos, información y muestras se han procesado y continúan siendo procesadas.

4. RESULTADOS INICIALES POR COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN

4.1 ESTADO ACTUAL E HISTORIA DE DESARROLLO DE LOS ARRECIFES CORALINOS DE LA ISLA DEL COCO.

4.1.1 Subcomponente: Estado actual y monitoreo de los arrecifes coralinos

COORDINADOR: JORGE CORTÉS

COLABORADORES: Juan José Alvarado, Odalisca Breedy, Cindy Fernández, Jaime Nivia

Actividades:

En una gira previa al proyecto, financiada por Conservación Internacional, se realizaron evaluaciones de 18 sitios alrededor de la isla. Se determinó el porcentaje de coral vivo y con esa información, se establecieron cuatro sitios de monitoreo permanentes. En las expediciones de este proyecto se tomaron datos en los transectos permanentes (Figs. 1, 2 y 3). Sensores de temperatura y trampas de sedimentos han sido instaladas en varios sitios y a varias profundidades (Fig. 4). En cada expedición se dieron conferencias en el Parque y en dos oportunidades personal del Parque buceó con nosotros.

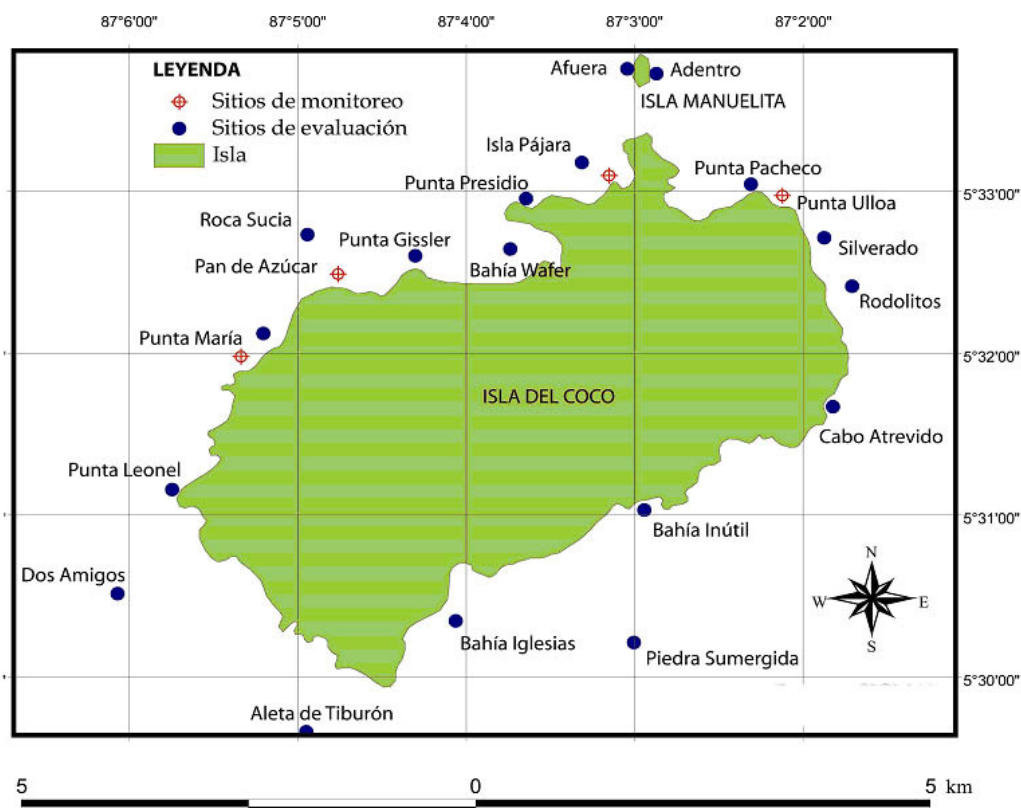


Figura 1. Sitios evaluados (círculos azules) y sitios de monitoreo (cruces rojas). Mapa preparado por Ana C. Fonseca.

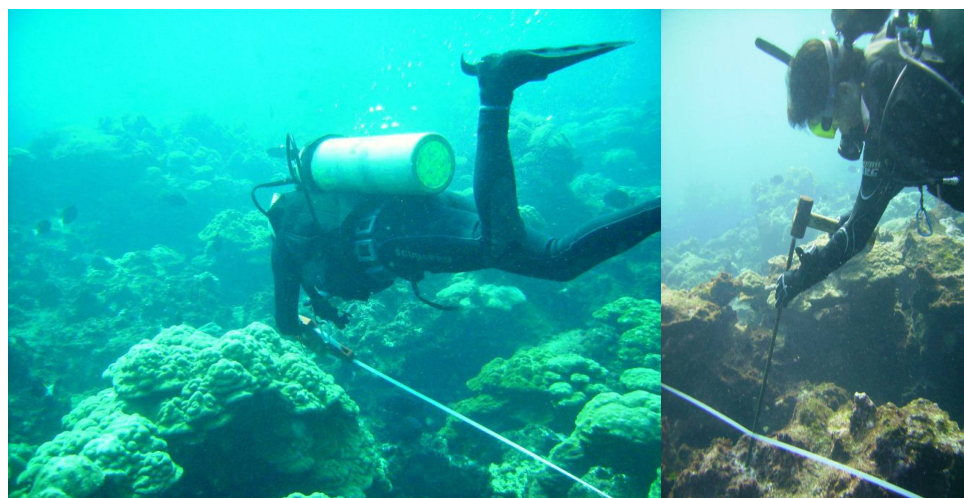


Figura 2. Transectos permanentes siendo marcados para el monitoreo repetitivo. Fotografías por Odalisca Bready.

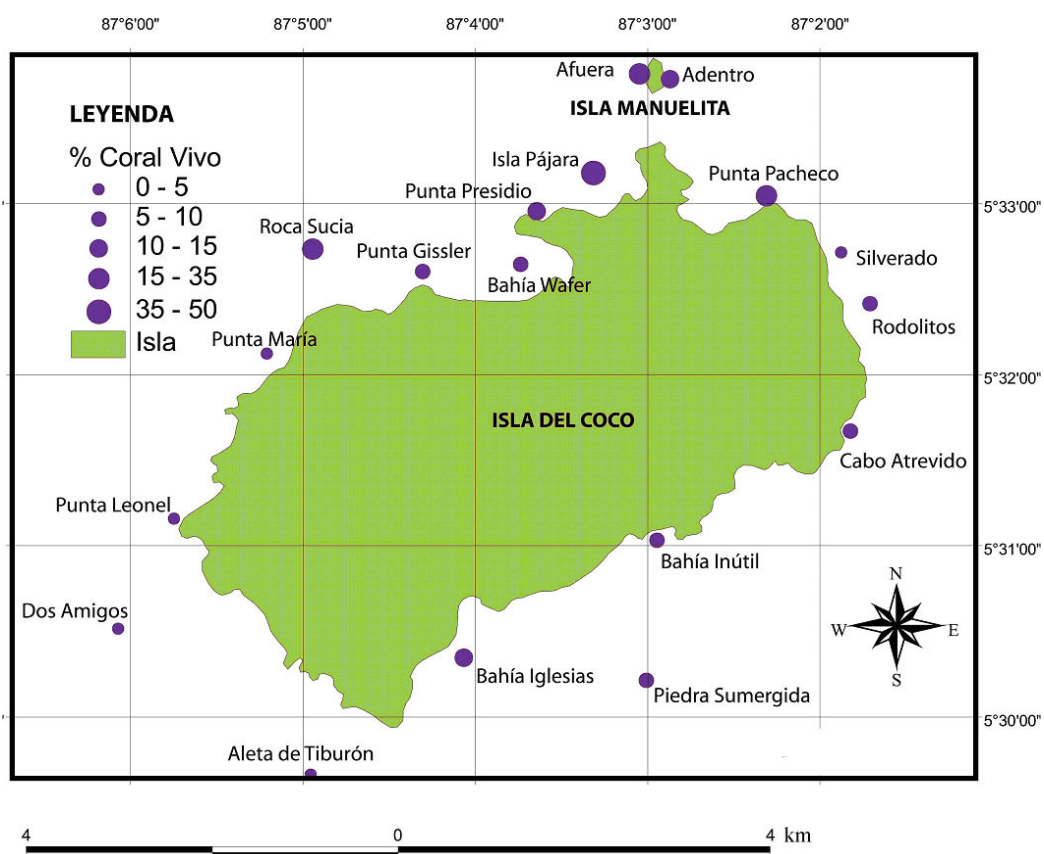


Figura 3. Cobertura de coral vivo alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. Mapa preparado por Ana C. Fonseca.

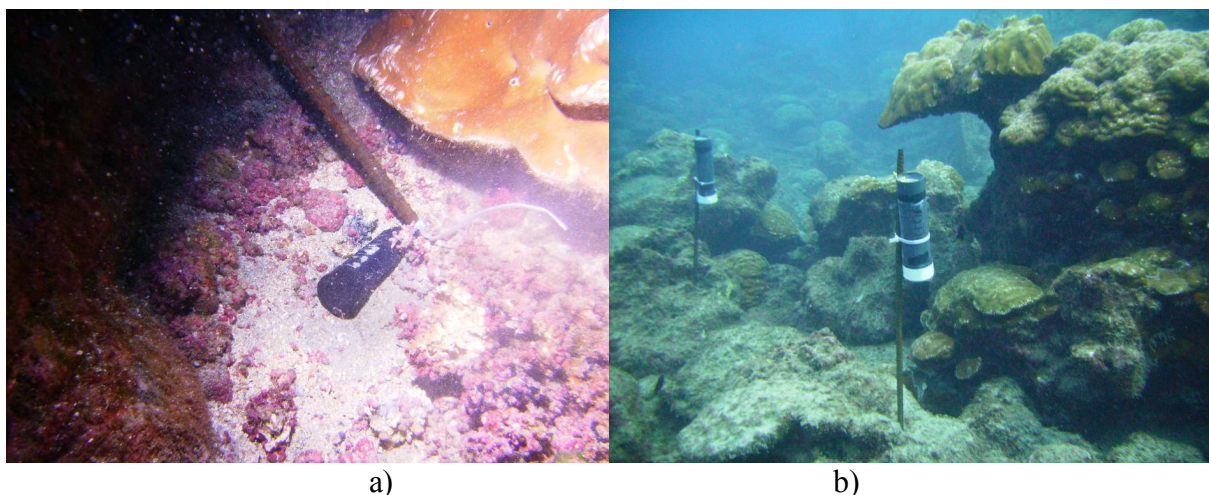


Figura 4. a) Sensor de registro continuo de temperatura en el sitio Rodolitos. Fotografía por Odalisca Breedy. b) Trampas de sedimentos en bahía Wafer. Fotografía por Jorge Cortés.

Como parte de la disertación doctoral de Juan José Alvarado sobre el efecto de los erizos negro, *Diadema mexicanum*, sobre el crecimiento y preservación de la estructura arrecifal en la Isla del Coco, se procedió a realizar un ensayo de bioerosión. Se colectaron 10 erizos en Bahía Weston a 8 m de profundidad y se colocaron en baldes independientes con aireación por 24 horas sin alimentación (Fig. 5). Pasado el periodo de 24 horas los erizos fueron devueltos al arrecife y los restos defecados por ellos se colectaron y almacenaron para su posterior análisis en los laboratorios del CIMAR.

Resultados

Con los sensores de temperatura estamos iniciando el primer registro continuo de la Isla del Coco (Fig. 6). Con estos registros podemos ver la variación anual, las temperaturas absolutas y calcular promedios mensuales o anuales de las temperaturas máximas, mínimas y el promedio general. Con las trampas de sedimentos hemos tenido muchos problemas y a la fecha no tenemos datos. En la última expedición instalamos trampas más grandes y hasta que regresemos sabremos si funcionaron o no. Los datos del monitoreo están siendo analizados.

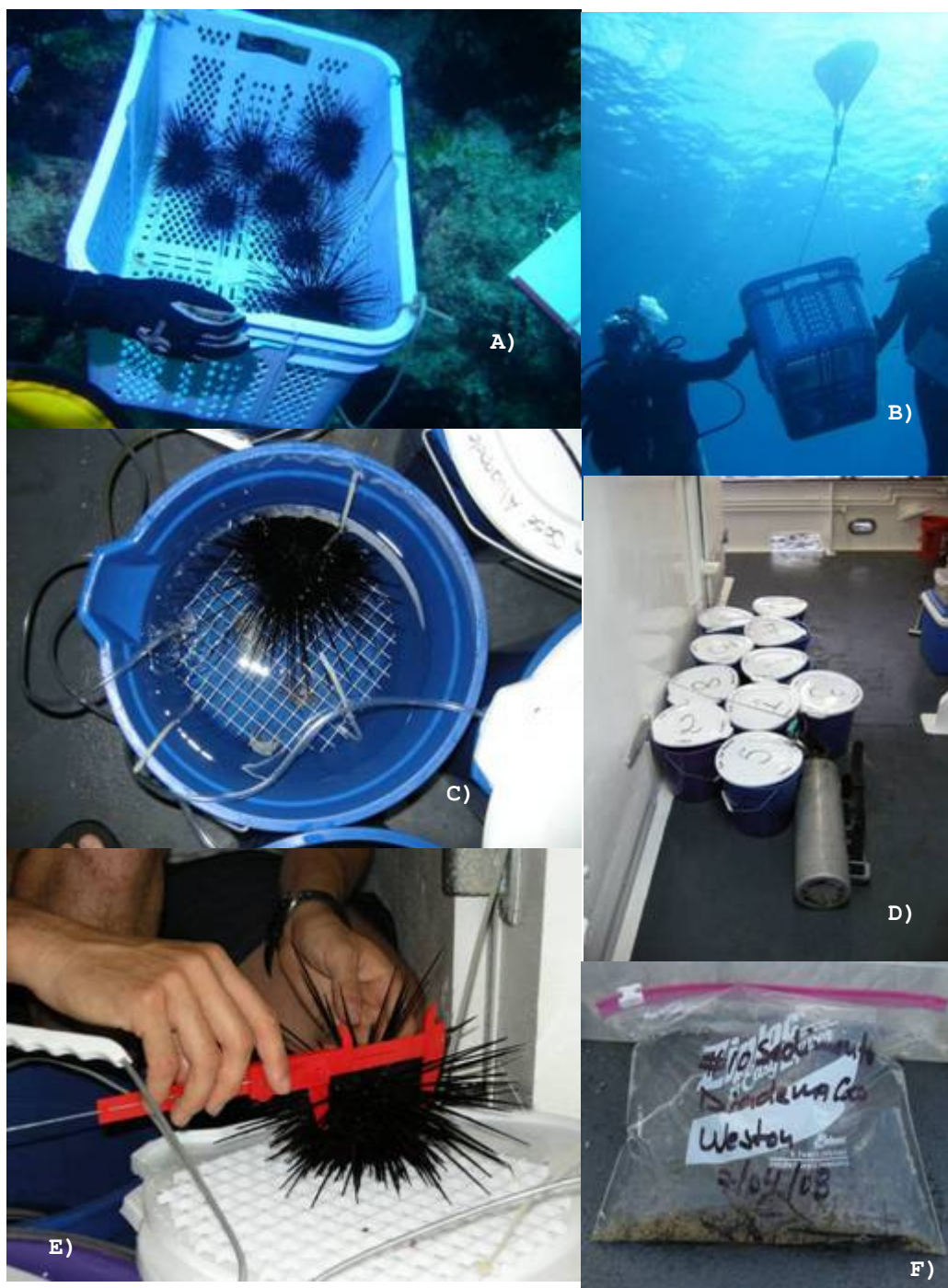


Figura 5. A-B) Extracción de los erizos en Bahía Weston; C-D) mantenimiento de los erizos en los baldes de incubación; E) medición de los erizos; y F) muestra del contenido estomacal. Fotografías A y B por Odalisca Breedy, C, D y F por Juan José Alvarado, y E por Jorge Cortés.

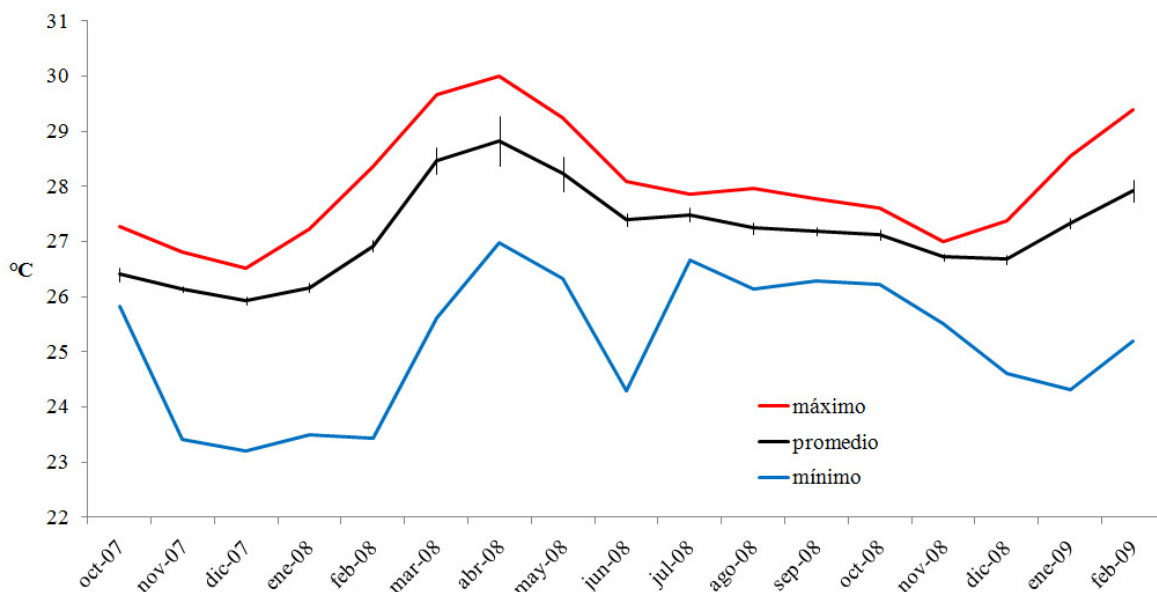


Figura 6. Temperatura máxima, mínima y promedios con sus desviaciones estándares de octubre 2007 a febrero 2009 en Bahía Weston, 6 m de profundidad.

En la isla del Coco, se realizaron transectos de cobertura del fondo en cuatro sitios, a tres niveles de profundidad: somero (4-6 m), intermedio (8-10) y profundo (12-15 m). De manera general, la cobertura de coral vivo rondó entre 5 y 30%, siendo mayor en Punta Gissler a 15 m de profundidad (Fig. 7). Guzmán y Cortés (1992), informan para 1987 en la isla una cobertura general de 3%, como producto del impacto del fenómeno de El Niño de 1982-1983. Posteriormente, para el 2002, informan una cobertura de 23%, indicando una recuperación notable en la salud de los arrecifes (Guzmán y Cortés 2007), la cual se ha mantenido estable hasta la fecha. A diferencia de Los Cóbanos, *D. mexicanum* estuvo presente en todos los transectos estudiados en la isla del Coco, estando la mayor parte del tiempo expuesto, o en grandes grietas, pero no ocultos.

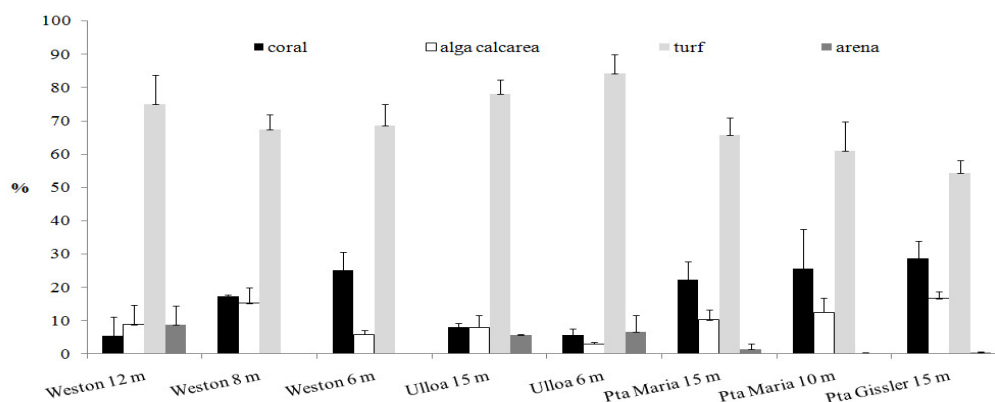


Fig. 7. Cobertura (%) del sustrato en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Marzo 2009.

En la isla del Coco, se midieron 127 erizos, con un promedio de testa de 6.71 ± 1.80 , un máximo de 12.30 cm y un mínimo de 3.15, siendo en este caso la clase entre 6 y 7 cm la que posee más representantes (Fig. 8).

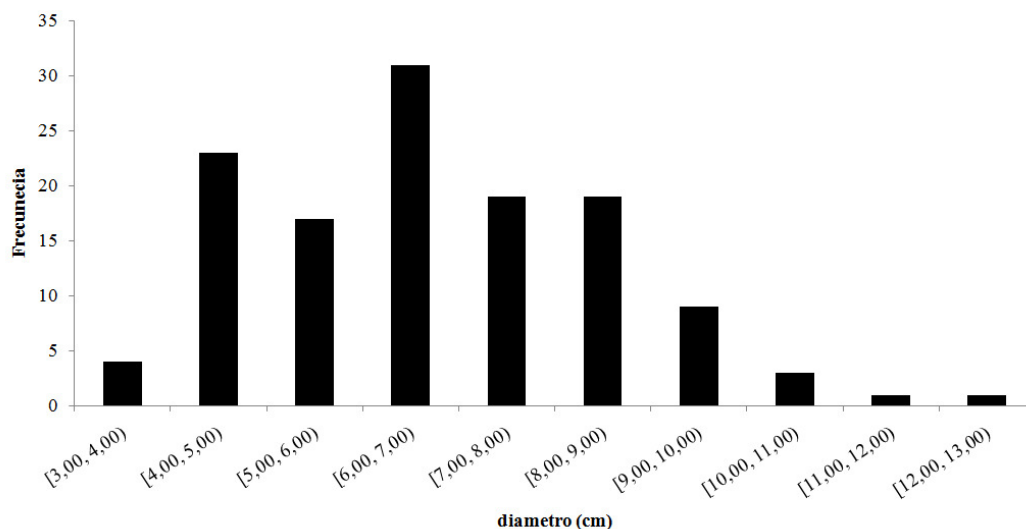


Fig. 8. Frecuencia de tallas del diámetro (cm) de la testa de *Diadema mexicanum* en la Isla del Coco, Costa Rica, Marzo 2009.

En el caso de la Isla del Coco, los valores determinados son inferiores a los determinados por Herrera-Escalante *et al.* (2005; $1.47 \text{ kg/m}^2/\text{año}$), para los arrecifes de Huatulco, México; y muy inferiores a lo reportados por Glynn (1988) y Eakin (1992) para la Isla Uva en Panamá, 10.4 y $14.0 \text{ kg/m}^2/\text{año}$ respectivamente, posterior a los eventos de El Niño. Este hecho nos haría pensar que la tasa de bioerosión es muy baja en la Isla del Coco versus los otros sitios. Sin embargo al realizar el cálculo del balance, notamos que la bioacreción coralina promedio en Huatulco es de $12.71 \text{ kg/m}^2/\text{año}$, mientras que en la isla del Coco es de apenas $2.21 \text{ kg/m}^2/\text{año}$ (Cuadro 1). Este hecho, se debe a la diferencia en la composición de la principal especie de coral constructor entre ambos arrecifes. En Huatulco, la principal especie constructora del arrecife es *Pocillopora*, la cual posee altas tasas de crecimiento ($31.7\text{-}52.1 \text{ mm/año}$), coberturas moderadamente altas ($15\text{-}60\%$), e históricamente han sido poco afectada por eventos de El Niño. Por su parte, en la isla del Coco la principal especie constructora es *Porites lobata*, la cual posee tasas de crecimiento mucho menores (11.6 mm/año ; la presente investigación), con coberturas que rondan entre 5 y 30% (Fig. 7), y han sido seriamente afectadas por eventos de El Niño en la década de los 80's (Guzmán y Cortés 1992). Esta diferencia en la composición coralina y en el grado de afectación a fenómenos de El Niño, provoca que a pesar de que ambos sitios posean bajas tasas de bioerosión, los efectos sean completamente opuestos en su capacidad de respuesta, siendo en este sentido de mayor cuidado un incremento en las poblaciones de erizos en la isla del Coco que en Huatulco.

En este sentido, para que los arrecifes de la isla del Coco se mantengan positivos, de manera general las densidades del erizo no deben de sobrepasar los 3.71 ind/m^2 (Cuadro 1). El estudio

puntual de la isla, nos deja determinar que no todos los arrecifes en ella se comportan igual, siendo en este sentido los arrecifes de Punta María y Punta Gissler arrecifes moderadamente positivos ($2 < \text{balance} \leq 5$), mientras que en la Bahía de Weston son pobremente positivos ($0 < \text{balance} \leq 2$). De manera general, los arrecifes de la isla del Coco son moderadamente positivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de bioerosión ($\text{kg/m}^2/\text{año}$) de *Diadema mexicanum*, tasa de bioacreción coralina ($\text{kg/m}^2/\text{año}$), balance arrecifal, y densidad clave (ind/m^2) del erizo en las localidades de estudio.

Sitio	Tasa bioerosión ($\text{kg/m}^2/\text{año}$)	Tasa bioacreción coralina ($\text{kg/m}^2/\text{año}$)	Balanc e	Densida d clave (ind/m^2)
Weston	0.58	2.20	1.62	2.35
Pta. María	0.28	3.28	3.00	3.40
Pta. Gissler	0.25	3.66	3.41	6.49
Isla Coco (general)	0.37	2.21	2.68	3.71

Guzmán y Cortés (1992) predijeron que debido al impacto del fenómeno de El Niño en los años ochenta en la Isla del Coco, las altas densidades de organismos bioerosionadores, y la baja tasa de reproducción de los corales, su recuperación iba a tomar siglos. Posteriormente, en el 2002 (Guzmán y Cortés 2007) encuentran un incremento de cinco veces en la cobertura coralina (Fig. 9), aduciendo que disturbios tan impactantes como El Niño no son suficientes para cambiar el papel y composición de las especies predominantes. Guzmán y Cortés (1992, 2007) indican que parte del colapso de las estructuras arrecifales fue debido a la acción erosiva de *Diadema mexicanum*. Los autores (2007) aducen que la densidad de los erizos disminuyó notablemente para el 2002, por lo que consideran que en la actualidad estos erizos no están jugando un papel significativo en la erosión de los arrecifes de la Isla. Sin embargo, estas bajas densidades todavía le permiten cumplir con su papel de herbívoro clave, ayudando con el asentamiento y posterior consolidación de los corales (Guzmán y Cortés 2007).

En base a lo anteriormente, se construyó un modelo del balance arrecifal en la isla del Coco entre 1987 y 2009, utilizando la información histórica de cobertura coralina (Guzmán y Cortés 1992, 2007, y el presente estudio), la densidad de *D. mexicanum*, y los datos de ingestión diaria en la presente investigación. De esta manera se modeló el desarrollo de las tasas de bioerosión y acreción en los arrecifes de la isla del Coco. Se asumió para todos los años analizados la misma tasa de crecimiento coralino y bioacreción. Como dato de densidad del esqueleto de *Porites lobata* se utilizó el valor de 1.1 cm^3 para la Gran Barrera Arrecifal en Australia.

El modelo (Fig. 9) indica que durante 1987 el balance arrecifal era completamente negativo, y los arrecifes de la isla se encontraban en un proceso altamente erosivo. A estos les tomó aproximadamente 15 años en convertirse positivo, alcanzo un sistema estable y productivo hasta la fecha. Probablemente como lo exponen Guzmán y Cortés (2007), el impacto del erizo como bioerosionador disminuyó y su acción de herbívoro favoreció el reclutamiento coralino, cambiando de papel de acuerdo al impacto que pueda causar su densidad y las condiciones ambientales (ej. disponibilidad de alimento, altas temperatura). Eakin (2001) presenta un

comportamiento similar en el balance arrecifal en la Isla Uva entre 1974 y el 2000, indicando que entre 1985 y el 2000 el arrecife se mantuvo negativo en su balance, sin mostrar signos de recuperación hacia un arrecife productivo. Eakin (2001) indica que en algunos sitios las densidades han disminuido debido a la reducción en la complejidad arrecifal por el mismo efecto del erizo, disminuyendo así sus refugios. En la Isla del Coco, la complejidad arrecifal se ha mantenido alta, y lo que disminuido ha sido la densidad del erizo (Fig. 9), lo que probablemente esté relacionado con depredación hacia el mismo por parte de peces. El hecho que la isla posee una protección total desde hace 30 años y esté prohibida la pesca, ha favorecido que el sistema se mantenga estable permitiendo que el mismo se recupere a diferencia de Panamá, donde el arrecife no poseía protección a la fecha.

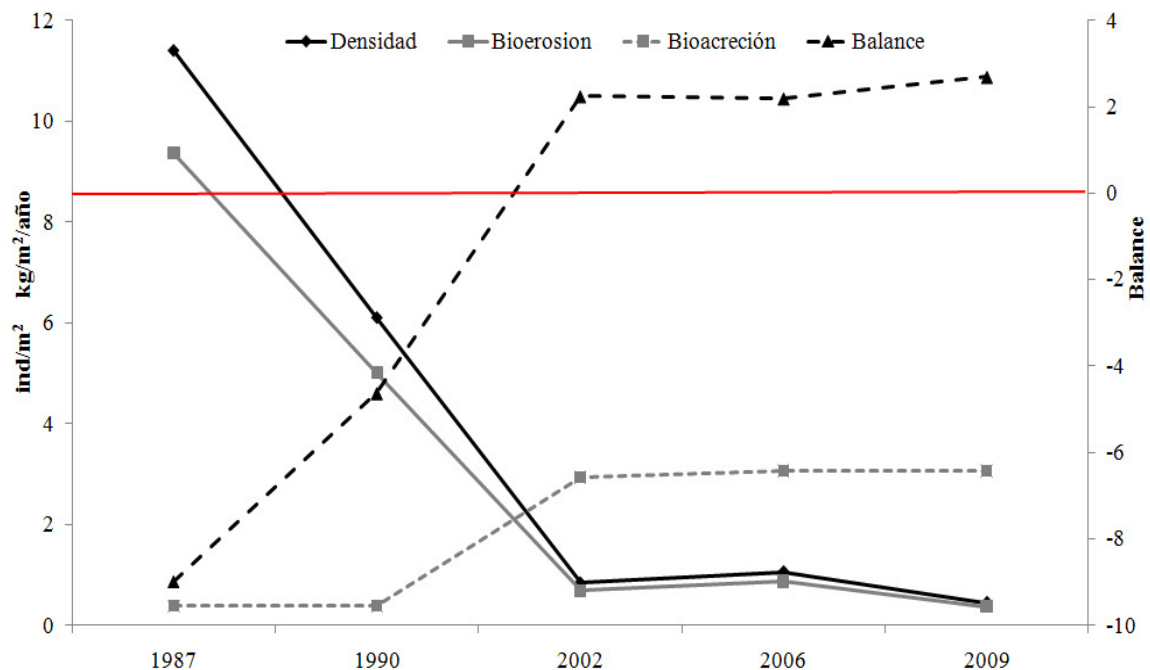


Fig. 9. Comportamiento histórico de la densidad (ind/m²) y bioerosión (kg/m²/año) del erizo de mar *Diadema mexicanum*, bioacreción coralina (kg/m²/año) y el balance arrecifal en la Isla del Coco, Costa Rica, 1987-2009.

Bibliografía citada:

- Eakin, C.M. 2001. A tale of two events: carbonate budgets and the influence of two warming disturbances and intervening variability, Uva Island, Panama. *Bull. Mar. Sci.* 69: 171-186.
- Guzmán, H.M. & J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacifico of Costa Rica) coral reefs after the 1982-83 El Niño disturbance. *Rev. Biol. Trop.* 40: 309-324.
- Guzmán, H.M. & J. Cortés 2007. Reef recovery 20 years after the 1982-1983 El Niño massive mortality. *Mar. Biol.* 151: 401-411.

3.1.2 Subcomponente

Análisis retrospectivo del crecimiento de corales en la Isla del Coco y su relación con algunas variables ambientales.

COORDINADOR: Carlos Jiménez

COLABORADORES: Tim Rixen, Jorge Cortés

ESTUDIANTES: Nicolás Duprey, Celeste Sánchez

Actividades

Los núcleos de coral se extrajeron en dos giras realizadas a la Isla en Enero/Febrero y Mayo/Junio del 2008. Con el taladro (Fig. 10) se muestrearon cinco colonias vivas y una muerta de la especie *Porites lobata*.

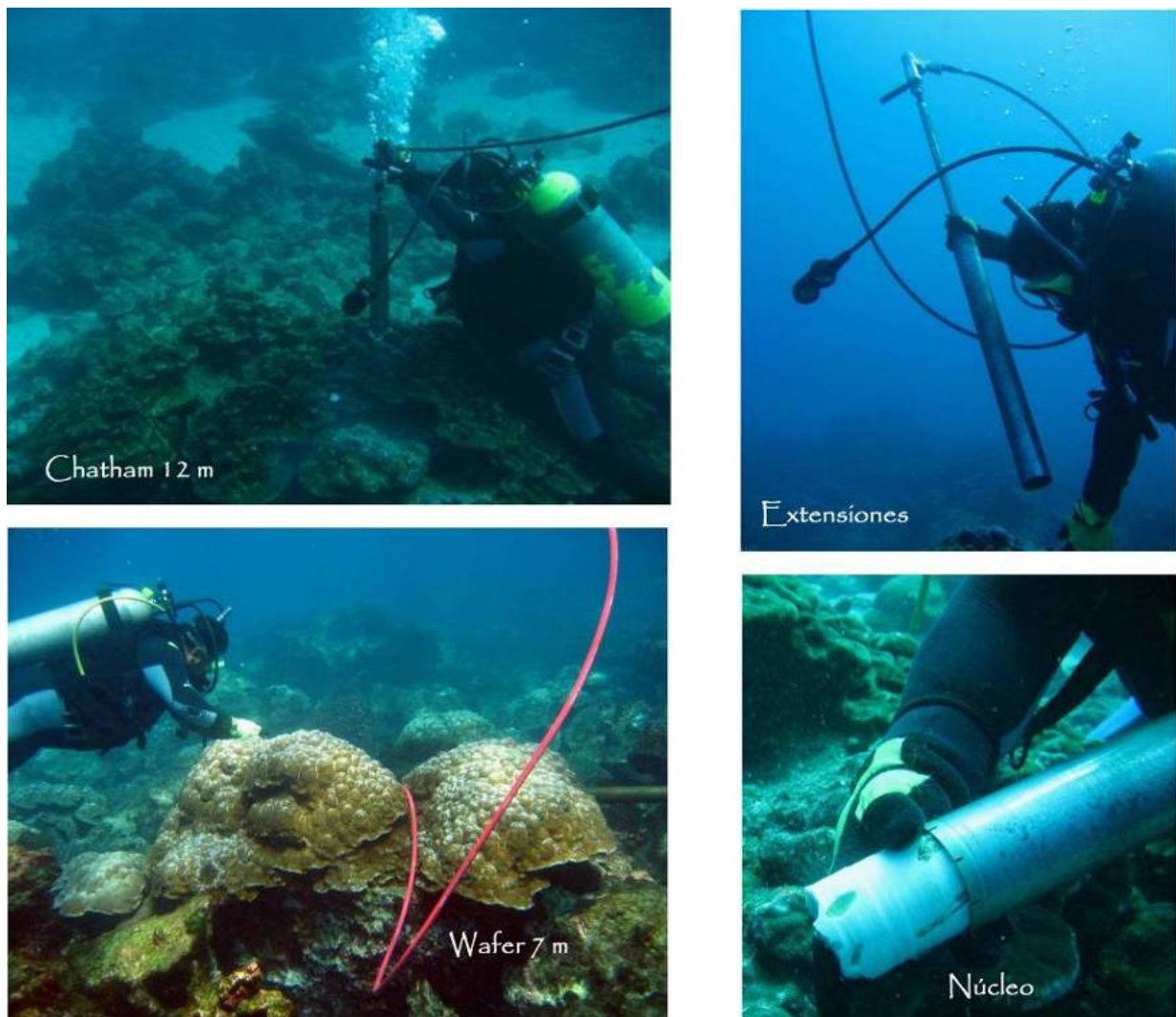


Figura 10. Perforando corales en las Bahías Chatham y Wafer. Fotografías por Carlos Jiménez.

Los núcleos se están analizando de acuerdo a su condición (Fig. 11) para determinar la tasa de crecimiento usando radiografías (Fig. 12), bandas fluorescentes con luz ultravioleta (Fig. 13) y la composición isotópica del esqueleto (Fig. 14).



Figura 11. Análisis inicial de los núcleos para determinar la condición de acuerdo al estado del esqueleto. Fotografías por Carlos Jiménez.

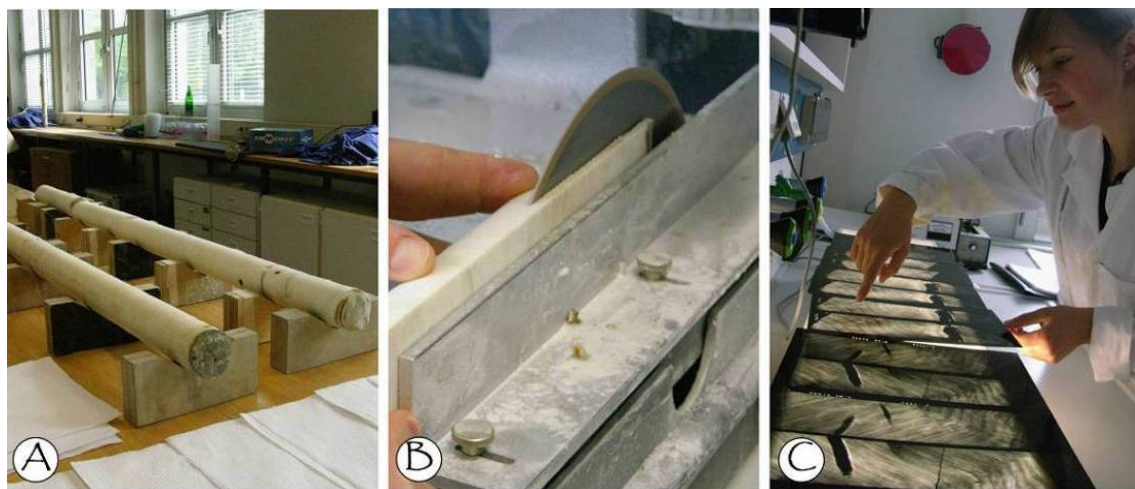


Figura 12. (A) Núcleos de coral. (B) Corte de los núcleos. (C) Positivos de las radiografías de los núcleos. Fotografías por Carlos Jiménez.

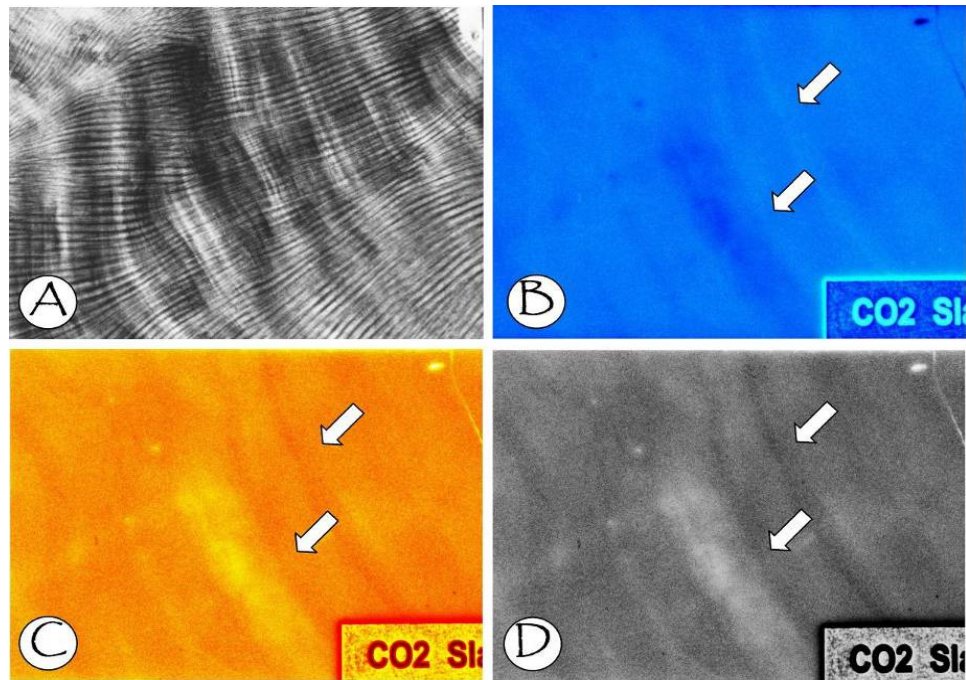


Figura 13. Análisis de bandas fluorescentes en los esqueletos coralinos. (A) Contacto positivo de una radiografía. (B) Fotografía con luz ultravioleta UV. (C) Negativo de la foto con luz UV. (D) Fotografía en blanco y negro con luz UV. Fotografías por Carlos Jiménez.

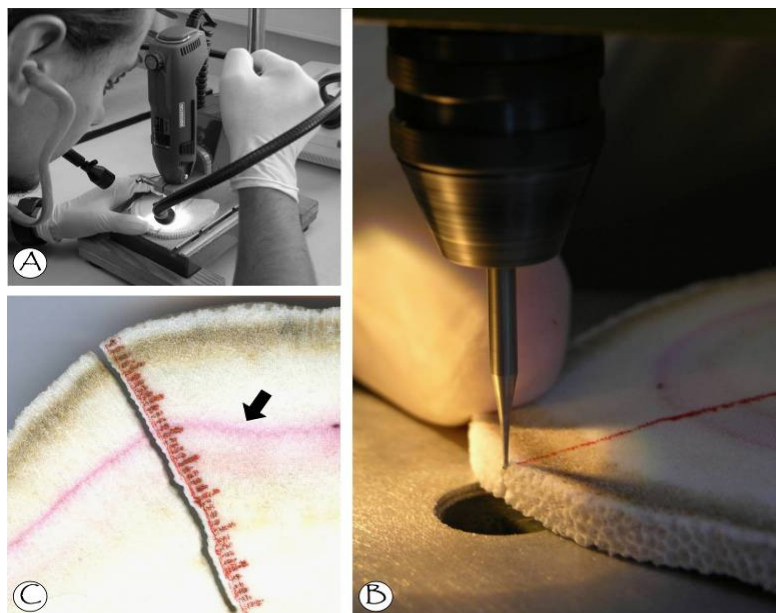


Figura 14. Muestreo del esqueleto a escala milimétrica para los análisis de isótopos estables. (A) Taladro de baja velocidad. (B) Las muestras se toman a lo largo de un transecto a partir del tejido. (C) Posición donde se tomaron las 40 muestras en cada corte de coral. Fotografías por Carlos Jiménez.

Los análisis geoquímicos abarcan 13 meses del crecimiento coralino comprendido a partir del tejido y la línea del tinte (Fig. 15a). Se están analizando 200 muestras (40 por colonia x 5 colonias); los resultados preliminares muestran una periodicidad o estacionalidad en la composición isotópica (Fig. 15b, c).

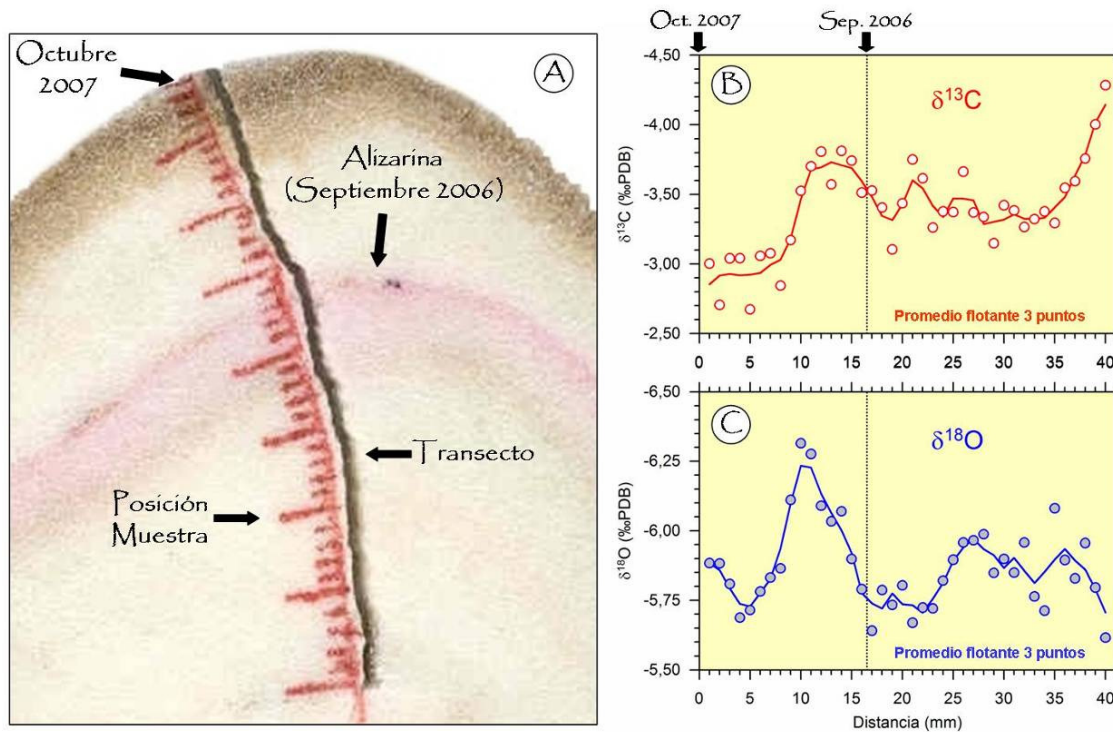


Figura 15. Muestreo y variación estacional de la composición isotópica del esqueleto coralino. (A) Posición o distancia del muestreo con respecto a la banda de alizarina. (B) Composición $\delta^{13}\text{C}$. (C) Composición $\delta^{18}\text{O}$. Línea vertical punteada indica la posición de la banda de alizarina (Septiembre 2006).

Continuamos intentando identificar el patrón estacional del crecimiento del coral de acuerdo a las bandas de diferente densidad. También estamos señalando la posición de bandas fluorescentes en los núcleos de manera que podamos tomar muestras para análisis de la composición isotópica del esqueleto y su relación con la fluorescencia. Estamos repitiendo los análisis isotópicos de las colonias con el tinte para poder estimar la replicabilidad del método. Por otro lado, estamos preparando la base de datos de algunas variables ambientales (e.g. temperatura del agua de mar, porcentaje de nubosidad) que serán utilizadas en los análisis.

Cuando tengamos la serie temporal completa de la composición isotópica del esqueleto y la base de datos con las variables ambientales, se harán análisis de regresiones múltiples para identificar la interacción del ambiente y los isótopos. Con lo anterior se intentará establecer con precisión los patrones estacionales del crecimiento y poder reconstruir su variación a través del tiempo. Las posibles publicaciones abordarían el tema de la variación del crecimiento y la composición isotópica de acuerdo al ambiente y al efecto de procesos océano/atmósfera como lo es El Niño.

4.2 BIODIVERSIDAD MARINA DE LA ISLA DEL COCO.

COORDINADOR: JORGE CORTÉS

COLABORADORES: Jeffrey Sibaja-Cordero, Odalisca Breedy, Juan José Alvarado, Rita Vargas, Cindy Fernández, Harlan Dean, Monika Springer

ESTUDIANTES: Victoria Bogantes, Alberto Solano, Pablo Gutiérrez

Actividades:

Muestras del bentos:

1) Zona de entremareas: La zona rocosa de entremarea fue estudiada mediante fotografía de cuadrantes de 25 por 25 cm (Fig. 16).



Figura 16. Muestreando la zona rocosa de entremarea. Fotografías por Jeffrey Sibaja Cordero y Jorge Cortés.

2) Muestreo sublitoral: Se hicieron colectas de organismos a mano en la zona de entremarea buceando hasta 30 m, y con dragas y rastras entre 5 y 65 metros de profundidad (Fig. 17).



Figura 17. Rastra y draga para tomar muestras del fondo. Recogiendo la draga durante uno de los muestreos de las comunidades bénticas. Fotografías por Jeffrey Sibaja Cordero.

Rodolitos: Los rodolitos son algas calcáreas redondas que forman lechos extensos (Fig. 18). Un estudiante, Alberto Solano, está estudiando la fauna asociada a rodolitos recolectados en la Isla del Coco entre 15 y 20 m de profundidad.

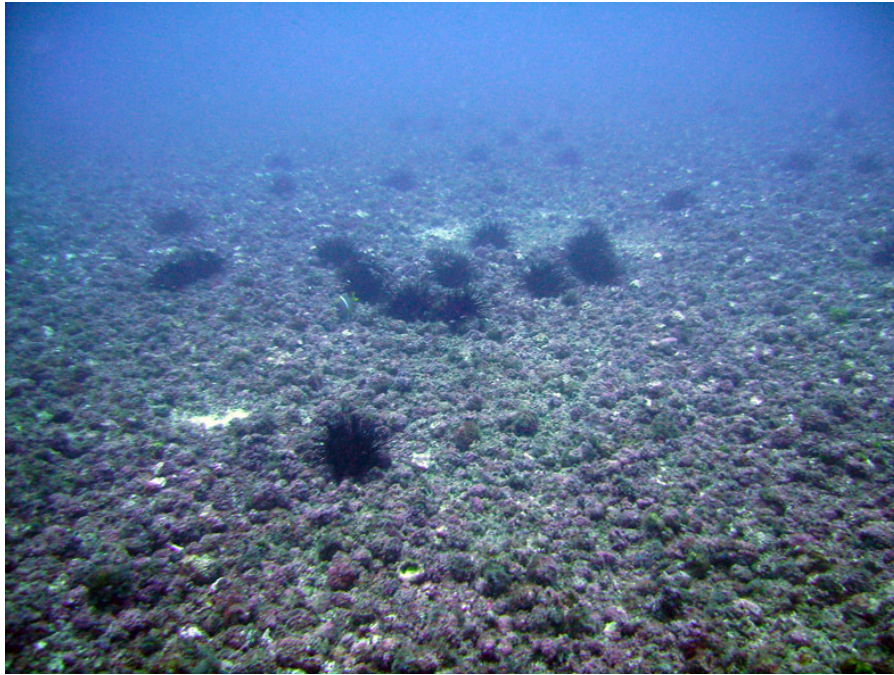


Figura 18. Lecho de rodolito a 19 m de profundidad con el erizo de mar *Diadema mexicanum*. Fotografía por Jorge Cortés.

Asentamiento: En abril 2008 se instalaron placas de asentamiento en dos arrecifes (Fig. 19). El primer grupo de placas fue recogido en marzo 2009, y substituidas por placas nuevas.

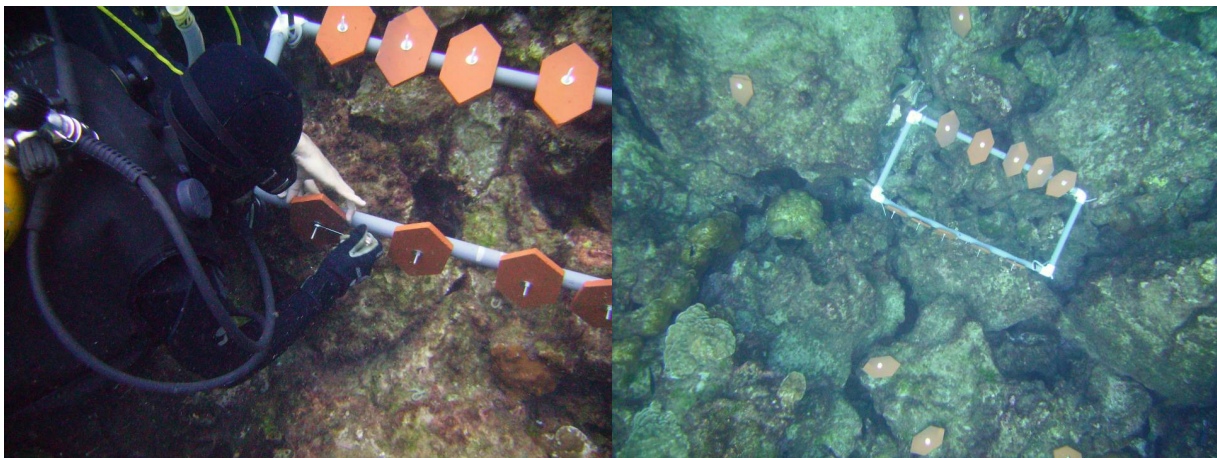


Figura 19. Instalación y arreglo experimental de las placas de asentamiento. Fotografías por Odalisca Breedy.

Organismos y ambientes de agua dulce: Como un producto adicional a este proyecto, se llevó a un estudiante, Pablo Gutiérrez, a la Isla del Coco en la gira de mayo-junio 2008, para muestrear los macroinvertebrados de agua dulce. Tomó muestras en 13 estaciones en los siguientes sitios: Río Chatham, Río Genio, Río Sucio, Quebrada Minuto, y en una quebrada sin nombre, como también del agua de bromelias.

Resultados

Zona intermareal:

Treinta y dos especies han sido identificadas de zona rocosa de entremarea. Un trabajo (Cordero-Sibaja 2008) fue publicado basado en resultados de este proyecto. Las zonas rocosas de la Isla presenta un marcado patron de zonación vertical en todas las localidades con varias especies de algas en el infralitoral, cirripedios y lapas pulmonadas en el litoral medio y lapas, neritas y litorinidos en el supralitoral. Se encontro además un cambio leve en la composición entre las diferentes visitas, siendo mas marcado en la zona infralitoral.

Zona Sublitoral:

De las muestras del bentos, se han identificado 100 especies de poliquetos y faltan por verificar varias morfoespecies de poliquetos (Fig. 20). Hay muchos informes nuevos para la isla, el país y Centroamérica y posiblemente nuevas especies. Además, 10 especies de gusanos sipuncúlidos y un equiúrido (*Thalassema steinbecki* Fisher, 1946) se recolectaron en los fondos rocosos de la Isla del Coco. Otros grupos importantes en abundancia fueron nemertinos, platelmintos y nemátodos.



Figura 20. Muestra de poliquetos de la Isla del Coco y algunos ejemplos de nuevos informes. A) Familia Chrysopetalidae, B) Familia Orbiniidae, Género *Nainereis* y C) Familia Pilargidae, Género *Synelmis*.

Rodolitos: 99 morfoespecies, en 41 familias, 34 órdenes y 24 clases de 11 filos han sido identificados. Se continúa trabajando en el detalle taxonómico de estos organismos.

Octocorales: Un trabajo fue publicado que representa el primer informe de la fauna octocoralina de la Isla del Coco (Breedy y Cortés 2008). En esa publicación se informa de 12 especies de octocorales entre nuevos informes para la isla y posibles especies nuevas para la ciencia. Se continúa con los estudios de taxonomía y sistemática para verificar las especies, y si son nuevas describirlas. Además, establecer el estatus taxonómico, y las relaciones de las especies que incluye análisis morfológicos y biogeográficos. Se ha podido observar que por debajo de los 50 m de profundidad hay una fauna de octocorales diferente y abundante de la cual no se ha recolectado un solo espécimen, lo cual es necesario para el análisis taxonómico.

Crustáceos: Recientemente se publicó un trabajo con nuevos informes de crustáceos para la Isla del Coco (Vargas-Castillo y Wehrtmann 2008), sin embargo, como producto de las últimas expediciones se han encontrado muchas especies que son informes nuevos para la Isla del Coco y algunas son especies nuevas para la ciencia (ver Cuadro 2 con Lista de Crustáceos).

Equinodermos: Más de 120 especies de equinodermos han sido identificados para la Isla del Coco (Alvarado y Cortés 2009), y se publicó un trabajo sobre la distribución de los principales erizos de mar de aguas someras (Alvarado y Chiriboga 2008).

Organismos de agua dulce: 459 individuos en 19 géneros, 16 familias en cinco órdenes de insectos, más una garrapata acuática y un anélido fueron recolectados. Las formas larvales están siendo cultivadas para correlacionarlas con los adultos.

La identificación de todos los organismos recolectados va a tomar varios años. Aún así, ya se han identificado algunos y hay varias publicaciones en preparación con informes nuevos y con descripciones de especies nuevas de la Isla del Coco.

Publicaciones citadas:

- Alvarado, J.J. & A. Chiriboga. 2008. Distribución y abundancia de equinodermos de las aguas someras en la Isla del Coco, Pacífico Oriental, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 99-111.
- Alvarado, J.J. & J. Cortés. 2009. Echinoderms. Texto: Pp. 421-433, Lista de especies: CD Pp. 392-408. *In*: I.S. Wehrtmann & J. Cortés (Eds.). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monogr. Biol.* 86. Springer + Business Media B.V., Berlin.
- Breedy, O. & J. Cortés. 2008. Octocorals (Coelenterata: Anthozoa: Octocorallia) of Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 71-77.
- Fernández, C. 2008. Flora marina del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 57-69.
- Sibaja-Cordero, J.A. 2008. Vertical zonation in the rocky intertidal at Cocos Island (Isla del Coco), Costa Rica: A comparison with other tropical locations *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 171-187.
- Vargas-Castillo, R. & I.S. Wehrtmann. 2008. Stomatopods and decapods from Isla del Coco, Pacific Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 79-97.

CUADRO 2. Lista de Crustáceos en proceso de identificación por Rita Vargas Castillo que no estaban informados en la publicación de Vargas y Wehrtmann (2008). Identificaciones y preparación de la lista por Rita Vargas Castillo, Museo de Zoología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. sp. = especie por definir, spp. = varias especies por definir dentro de ese género. * = nuevos informes para la Isla del Coco.

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Maxillopoda
Subclase Thecostraca, Infraclass Cirripedia, Superorden Thoracica,
Orden Sessilia, Suborden Balanomorpha
FAMILIA Balanidae: *Megabalanus* sp.

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca
Orden Stomatopoda
FAMILIA Neogonodactylidae: *Neogonodactylus zaca*
FAMILIA Pseudosquillidae: *Pseudosquilla adialta*
FAMILIA Squillidae: *Crenatosquilla oculinova*

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca
Orden Decapoda, Infraorden Caridea
FAMILIA Palaemonidae: *Onycozoidella?* sp.*, *Periclimenes* sp.
FAMILIA Alpheidae: *Alpheus bellimanus*, *Alpheus normani**, *Alpheus floridanus*, *Automate dolichognatha**,
Betaeus sp.*, *Synalpheus* spp., *Pomagnathus coralinus*; más varias especies de esta familia que no se han podido
identificar a género, mucho menos a especie.
FAMILIA Hippolytidae: *Processa peruviana*, *Thor* sp.; más varias especies de esta familia que no se han podido
identificar a género, mucho menos a especie.

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca
Orden Decapoda, Infraorden Thalassinidea
FAMILIA Upogebiidae: *Pomatogebia cocosia*
FAMILIA Thalassinidea: varias especies de esta familia que no se han podido identificar a género, mucho menos a
especie.

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca
Orden Decapoda, Infraorden Anomura
FAMILIA Paguridae: *Iridopagurus occidentales*; más una especie de esta familia que no se han podido identificar a
género, mucho menos a especie.
FAMILIA Porcellanidae: *Pachycheles biocellatus*, *Petrolisthes artifrons*
FAMILIA Albuneidae: *Albunea lucacia*

Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca
Orden Decapoda, Infraorden Brachiura
FAMILIA Cyclodorippidae*: *Deilocerus laminatus**
FAMILIA Aethridae: *Osachila* sp.
FAMILIA Dynomenidae: *Dynomene ursula*
FAMILIA Calappidae: *Calappa convexa*
FAMILIA Acidopsidae: *Acidops fimbriatus**
FAMILIA Leucosiidae: *Ebalia* sp., *Randallia* sp.*
FAMILIA Majidae: *Herbstia tumida*, *Lissa tuberosa*, *Microphrys* sp., *Rochinia*, *Teleophrys cristulipes*, *Tyche galapagensis**
FAMILIA Parthenopidae: *Parthenope triangulata*

FAMILIA Portunidae: *Thalamita* sp.*

FAMILIA Xanthidae: *Globopilumnus xantusii*, *Lophoxanthus lamellipes*, *Microcassiope xantusii*, *Nanocassiope polita*, *Pilumnus pygmaeus*, *Platyactaea dovii*

FAMILIA Grapsidae: *Pachygrapsus transversus*

FAMILIA Pinnotheridae: *Parapinnixa cortesi*, *Pinnixa* sp.; *Tetrias scabripes*

FAMILIA Ocypodidae: *Uca panamensis*

Subclase Eumalacostraca, Superorden Peracarida, Orden Amphipoda

FAMILIA Caprellidae: varias especies de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

Varias especies de este Orden que no se han podido indentificar a familia, mucho menos a género o especie.

Subclase Eumalacostraca, Superorden Peracarida, Orden Isopoda

FAMILIA Cirolanidae: una especie de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Sphaeromatidae: *Exosphaeroma* sp.

FAMILIA Anthuridae: *Mesanthura* sp.; más varias especies de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Corallanidae: una especie de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Idoteidae: una especie de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Janiridae: *Ianiropsis* sp.; más varias especies de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Paranthuridae: varias especies de esta familia que no se han podido indentificar a género, mucho menos a especie.

FAMILIA Gnathiidae: *Gnathia* spp.

FAMILIA Joeropsididae: *Jaeropsis* sp.

FAMILIA Munnidae: *Munna* sp.

FAMILIA Santiidae: *Santia* sp.

Subclase Eumalacostraca, Superorden Peracarida, Orden Mysidacea

Varias especies de este Orden que no se han podido indentificar a familia, mucho menos a género o especie.

Subclase Eumalacostraca, Superorden Peracarida, Orden Tanaidacea

Varias especies de este Orden que no se han podido indentificar a familia, mucho menos a género o especie.

COMENTARIOS (Rita Vargas Castillo)

- El género *Thalamita* es del Indo-Pacífico al igual que otros que se deben confirmar su identificación.
- Todos los isópodos, tanaidáceos, misidáceos y casi todos los anfípodos son informes nuevos ya que nunca se había reportado para la Isla del Coco.
- *Parapinnixa cortesi*: se ha recogido material adicional, solo se contaba con la hembra (holotipo), ahora se tiene un macho.
- Queda mucho por hacer.

4.3 PLANCTON DE LA ISLA DEL COCO: COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA, BIOMASA Y DISTRIBUCIÓN.

COORDINADOR: ÁLVARO MORALES RAMÍREZ

COLABORADORES: Maribelle Vargas, Anne-Marie Gavlas, Hans Hartmann, Marcela Ballester, Delia Zelaya, Pablo Gutiérrez, Octavio Esquivel

Programa de muestreo y actividades

Durante las expediciones, el plancton (bacterioplancton, nanoplancton, fitoplancton, microzooplancton y zooplancton) fue muestreado en 6 estaciones de muestreo alrededor de la Isla (Fig. 21). Se utilizó una botella de Niskin (Fig. 22) para bacterias, nanoflagelados y ciliados, así como redes de diferente poro (20 μm , 100 μm , 200 μm y 500 μm) para el microfitoplancton y zooplancton. Los muestreos fueron verticales hasta una profundidad de 60-70 m. Adicional al muestreo alrededor de la Isla del Coco, se realizó toma de muestras en las bahías de Chatham, Wafer y Weston, especialmente sobre parches de arrecife coralino. Durante la primera expedición se realizaron muestreos en los ríos y quebradas de la Isla, y se tomaron muestras de suelo conteniendo cianobacterias para su posterior cultivo. En las expediciones I y II se estableció una estación de muestreo de zooplancton (red 200 μm) para un ciclo diurno estratificado, determinando primero la profundidad de la termoclina y luego estableciendo 3 estratos de muestreo, utilizando un mecanismo de cierre, como se muestra en la Figura 17. El Cuadro 3 indica el número de muestras de los diferentes componentes del plancton colectadas durante las tres expediciones científicas realizadas a la Isla del Coco.

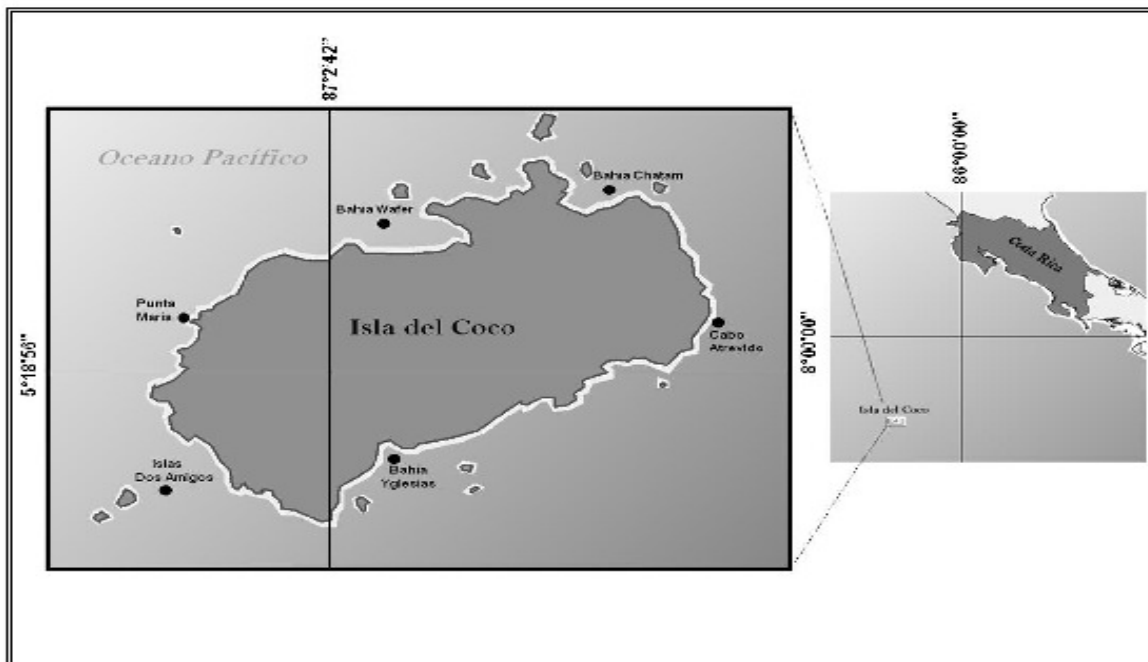


Figura 21. Mapa de la Isla del Coco mostrando las estaciones de muestreo.



Figura 22. A) Red de fitoplancton. B) Red de zooplancton mostrando el mecanismo de cierre. C) Botella Niskin. D) Perfil de la termoclina.

Cuadro 3. Número de muestras de los diferentes componentes del plancton colectado durante las tres expediciones a la Isla del Coco, Pacífico de Costa Rica.

GRUPO	CIMAR-COCO-I (9-20.X.2007)	CIMAR-COCO-II (2-13.IV.2008)	CIMAR-COCO-III (27.II-8.III.2009)	MÉTODO DE MUESTREO
Zooplankton	69 (incluye 10 muestras de aguas dulce)	58 (solo muestras marinas, incluye muestras tomadas en buceos sobre parches de coral)	36 (solo muestras marinas, incluye muestras tomadas en buceos sobre parches de coral)	Red (500, 200 y 100 μm)
Phytoplankton	86 (incluye 28 muestras de agua dulce y bentónicas)	51 (solo muestras marinas)	110 (incluye muestras de agua dulce y bentónicas, y 10 muestras de aguas oceánicas)	Red (20 μm) y botella Niskin
Nanoflagelados	-	61	24	Botella Niskin
Ciliados	-	61	24	Botella Niskin
Bacterias	-	61	24	Botella Niskin
Clorofila total	-	40	58	Filtración a vacío

Durante las expediciones II y III se realizaron experimentos de alimentación mediante la técnica de incubación y experimentos de dilución (Fig. 23 A, B, C, D, E). De muestras de zooplankton vivo, se separaron hembras de especies de copépodos (microcrustáceos) que fueron mantenidas en frascos con agua filtrada. Una vez terminada la separación, en el campo, las botellas experimentales fueron llenadas con muestras de agua conteniendo fitoplancton y luego se agregaron los copépodos. Las botellas experimentales y controles fueron colocadas en una roseta y la misma fue suspendida en la columna de agua por 24 horas. Pasado este tiempo, la roseta fue retirada del agua y las botellas filtradas. La determinación de clorofila en las botellas experimentales y control permite calcular las tasas de ingestión de las especies incubadas. Para corregir el efecto de alimentación por parte de nanoflagelados heterótrofos y ciliados herbívoros, luego de cada experimento de incubación, se realizó un experimento de dilución, el cual consiste en el mismo procedimiento anterior, con la diferencia de que en las botellas experimentales no se incluyen copépodos y la muestra de agua con fitoplancton se diluyó a diferentes porcentajes.

Una vez en los laboratorios, las muestras de zooplankton han sido analizadas para su abundancia, composición, biomasa (método gravimétrico de peso seco) y diversidad, las muestras de clorofila total analizadas y el fitoplancton examinado mediante microscopía electrónica

(Expediciones CIMAR-COCOS I, II y III).

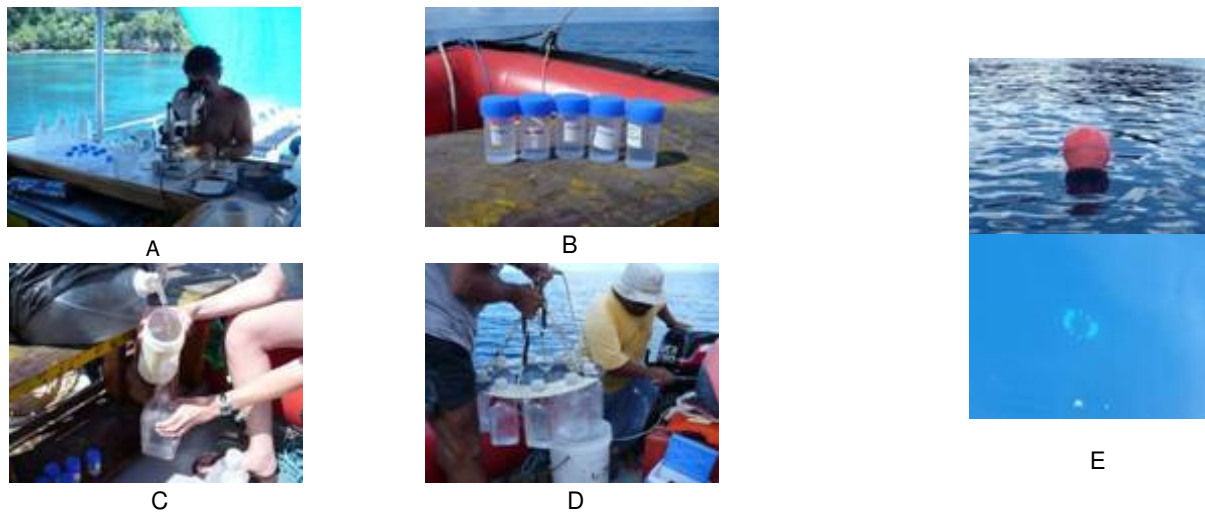


Figura 23. A) Separación de organismos para experimentos. B) Viales conteniendo agua filtrada más organismos. C) Llenando las botellas experimentales con la comunidad natural de fitoplancton (CNF). D) Rosetta con botellas experimentales y controles. E) Roseta suspendida a la profundidad del 50% de penetrancia de luz por 24 horas.

RESULTADOS PRELIMINARES

Es importante antes de la presentación de los resultados, decir que toda la información expuesta en esta sección es nueva para Costa Rica, dado que estos son los primeros trabajos que se llevan a cabo sobre el plancton asociado a las aguas de la Isla del Coco.

A. FITOPLANCTON

Preliminarmente se obtuvieron algunos resultados observando las muestras abordo con un microscopio de luz portátil Motic. Las aglomeraciones cafés sobre las rocas en Bahía Chatham son producidas por largas cadenas de diatomeas bentónicas del grupo de las centrales, donde estas a su vez tenían otras especies de diatomeas adheridas. Se encontraron especies de diatomeas de los géneros *Lithodesmium*, *Odontella*, *Amphora* y *Coconeis*, entre otros. Asimismo, se encontró al dinoflagelado *Ostreopsis* sp. adherido a Rhodophytas encontradas en las rocas en la zona de entre mareas. Este grupo de dinoflagelados están reportados como especies bentónicas productoras de toxinas del tipo de las ciguatoxinas. En la muestra de arena bajo la cascada en Bahía Chatham se observó una gran cantidad de Euglenophytas las cuales fueron fijadas con glutaraldehído al 2% para ser procesadas y observadas al microscopio electrónico. En las muestras de buceo de macroalgas entre 6 y 12 metros de profundidad se encontró al dinoflagelado tóxico *Gambierdiscus toxicos*, cuya importancia para las aguas de la Isla del Coco es relevante ya que esta especie es la principal causante de toxinas ciguatericas que se asocian a la enfermedad conocida como ciguatera que afecta a los humanos por la ingestión de peces herbívoros de arrecife. Este es el primer reporte de esta especie en aguas de Costa Rica, siendo asimismo, el primer

reporte para América Central.

El fitoplancton planctónico contenía gran variedad de especies principalmente de dinoflagelados con placas de celulosa y de origen oceánico (Figs. 24-25). Muchos de estas especies no poseen cloroplastos por lo que su alimentación es heterotrófica mediante la ingestión de partículas. Se observó en gran cantidad varias especies bioluminiscentes, entre las que destacan los géneros *Ornithocercus* y *Ceratocorys*, los cuales no tienen cloroplastos pero tienen simbiontes fotosintéticos, en algunos casos cianobacterias, ubicados en su parte apical. Además, alrededor de 25 especies del género *Ceratium* el cual tiene especies bioluminiscentes y cuyos organismos en su mayoría poseen cloroplastos pero también fagocitan, están compuestos por placas celulósicas, tienen un cuerno apical y generalmente dos antiapicales de diversas formas y tamaños. Se encontraron varias especies del género *Protoperidinium*, el cual está compuesto por dinoflagelados con placas celulósicas, tienen alta variabilidad en cuanto a tamaño, muchas especies tienen cuernos y espinas apicales y antiapicales y son heterotróficos y bioluminiscentes también. Se han encontrado varias especies de los géneros *Phalacroma* y *Dinophysis* cuya característica principal es que no son fotosintéticas y la mayoría de las especies son oceánicas. Finalmente, se encontró en forma abundante a la diatomea *Planctoniella sol*.

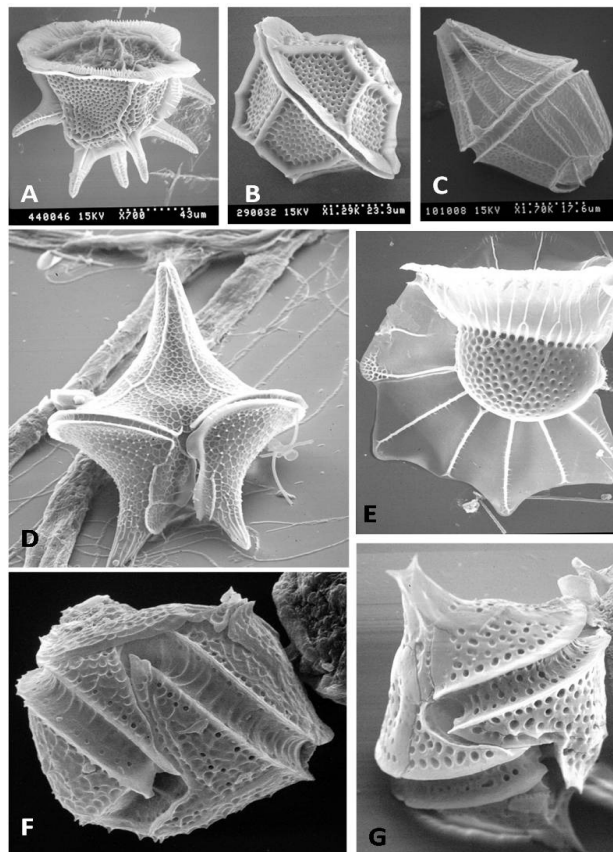


Figura 24. Descripción de algunas especies de dinoflagelados pelágicas encontradas en la isla del Coco, algunas especies son tóxicas y producen bioluminiscencia: A) *Ornithocercus horrida*, B) *Lingulodinium polyedrum* (tóxica), C) *Gonyaulax polygrama* (tóxica), D) *Protoperidinium steinii*, E) *Ornithocercus steinii*, F) *Gonyaulax spinifera* (tóxica), G) *Gonyaulax digitale* (tóxica).

Imágenes por Maribelle Vargas.

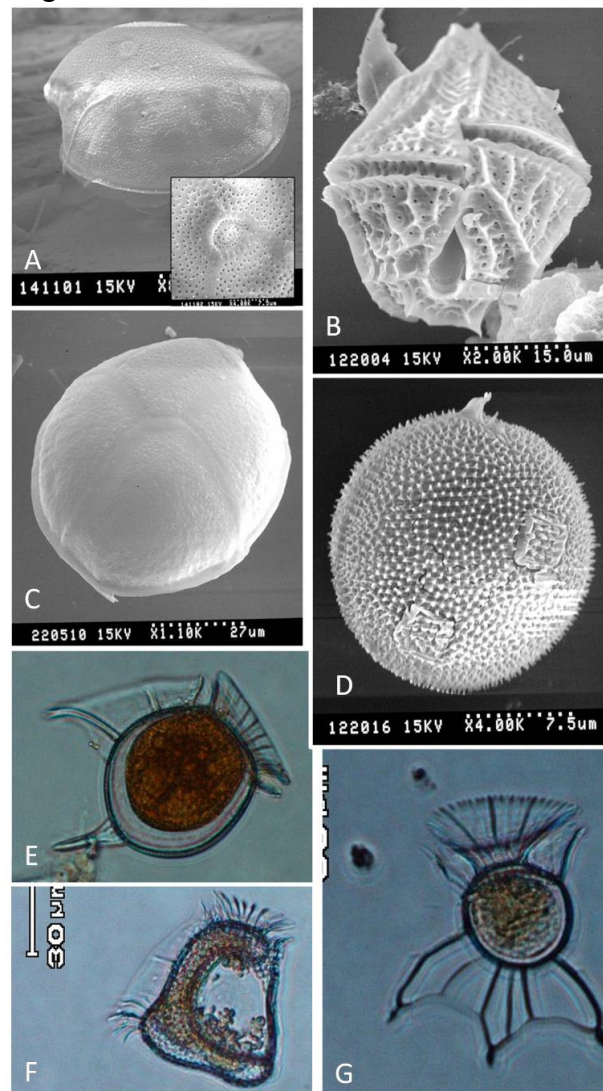


Figura 25. Algunas especies de dinoflagelados de la Isla del Coco, todas son especies tóxicas: A) *Gambierdiscus toxicus*, B) *Lingulodinium polydrum*, C) *Ostreopsis siamensis*, D) *Prorocentrum minimun*, E) *Dinophysis hastata*, F) *Citharistes apsteinii*, G) *Ornithocercus magnificus*. Imágenes y fotografías por Maribelle Vargas.

En términos generales y del análisis del material colectado durante las 3 expediciones científicas con una red de 25 μm , se han observado 17 especies de diatomeas, 95 de dinoflagelados y 8 especies de otros grupos planctónicos como Euglenophyta y silicoflagelados para un total de 120 especies identificadas, número que podría aumentar conforme se procesen más muestras. En las bahías de Chatham, Wafer y Weston las especies de *Ornithocercus*, *Ceratocorys*, *Ceratium*, *Dinophysis* y *Protoperidinium* fueron predominantes, y estuvieron asociadas a especies de los géneros *Podolampas*, *Pyrocistis*, *Pyrophacus* y la diatomea *Planktoniella sol*, presente en todas

las muestras. Especies de *Ceratium* fueron más abundantes en bahía Chatham y *Pyrophacus* en Isla Manuelita. En los alrededores de Isla Manuelita se observaron especies indicadoras de condiciones oligotróficas, las cuales están altamente adaptadas para obtener los nutrientes limitantes. Estas especies son pequeñas y delgadas para poder capturar esos nutrimentos en condiciones de elevada turbulencia. En abril 2008 y marzo 2009 los dinoflagelados fueron más abundantes que en octubre 2007, mes en el que fueron más abundantes las diatomeas, seguramente como respuesta a una mayor precipitación y turbulencia, con incrementos en la concentración de nutrimentos.

B. ZOOPLANCTON

El Cuadro 4 muestra los valores obtenidos de biomasa, en las estaciones alrededor de la Isla del Coco, utilizando redes de 200 y 500 μm . Mayores biomásas se obtuvieron, en general, con la red de 200 μm (14.18-50.00 mg DW/m³), mientras que menores valores se obtuvieron con al red de 500 μm (4.01-14.38 mg DW/m³). Sin embargo, no hubo diferencias significativas (ANOVA) entre los sitios, ni entre los sitios y los meses, es decir la biomasa es igual en todos los sitios y en los meses de muestreo, tanto para la red de 200 μm como para la red de 500 μm . En las Figuras 26 y 27 se observan los resultados de biomasa comparando los dos meses de expedición, octubre 2007 y abril 2008 para las dos redes. La mayor biomasa fue obtenida durante los muestreos de abril 2008, en la estación de Dos Amigos. Los valores absolutos de biomasa con al red de 200 μm triplican aquellos de la red de 500 μm , lo que pareciera indicar, que la biomasa para el sistema probablemente esté sostenida en los espectros de tamaño más pequeños, con altas tasas de retorno. Esto se puede apreciar muy bien en la Figura 28, con el aporte de biomasa del zooplancton capturado con red de 100 μm , donde solo en Dos Amigos y en Chatham, se obtuvieron menores biomásas que con la red de 200 μm .

Cuadro 4. Biomasa del zooplancton en las estaciones alrededor de la Isla del Coco (mg PS/m³), para octubre 2007 y abril 2008.

Estación	200 μm		500 μm	
	Octubre 2007	Abril 2008	Octubre 2007	Abril 2008
Punta María	19.77	14.18	4.01	7.98
Bahía Wafer	29.96	15.75	11.26	8.99
Dos Amigos	24.02	50.00	6.47	10.46
Punta Atrevido	44.99	31.41	14.38	11.84
Bahía Yglesias	20.20	20.88	5.98	6.28
Bahía Chatham	22.08	21.39	5.67	5.69

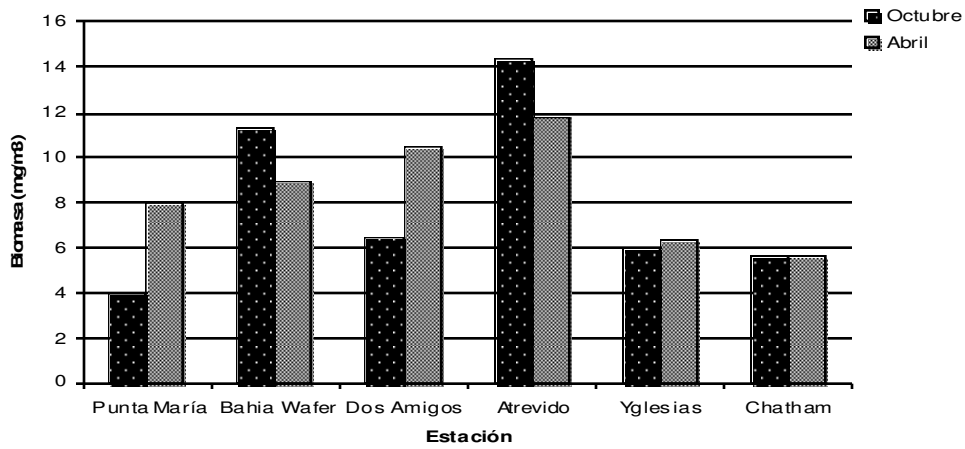


Figura 26. Biomasa del zooplancton obtenidos de la red de 500 μm , en octubre 2007 y abril 2008 en la Isla del Coco.

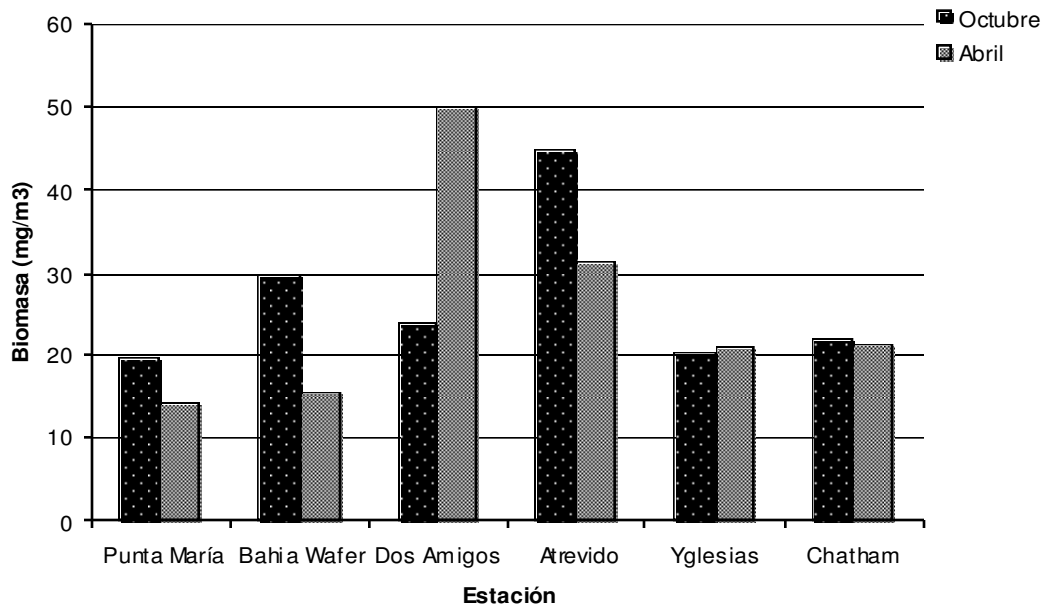


Figura 27. Biomasa del zooplancton obtenidos de la red de 200 μm , en octubre 2007 y abril 2008 en la Isla del Coco.

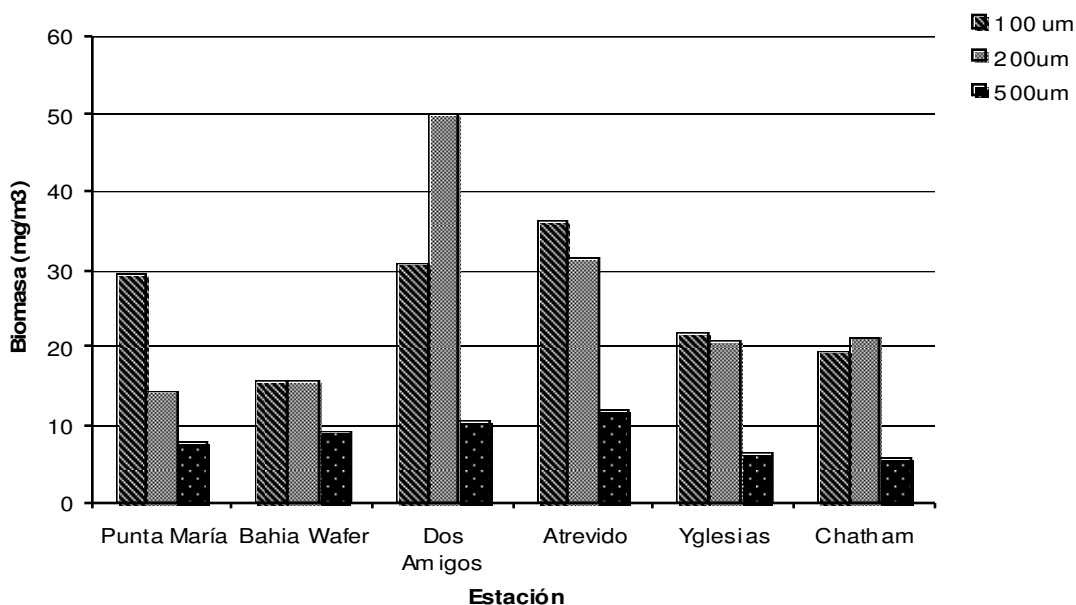


Figura 28. Biomasa comparativa del zooplankton durante el muestreo de abril 2008, en la Isla del Coco, usando las redes de 100, 200 y 500 μm .

Los cuadros 5 y 6 comparan las biomazas obtenidas con las redes de 200 y 500 μm durante las 3 expediciones realizadas a la Isla del Coco. Las biomazas (200 μm) de marzo 2009 son similares a las obtenidas los meses anteriores, excepto en Wafer que disminuyó en casi 75% y 50% con respecto a los valores de octubre 2007 y abril 2008. Sin embargo, hubo un aumento en marzo en Punta María. Para la red de 500 μm hubo incrementos significativos en las estaciones de Punta María y Bahía Yglesias. De igual manera, se dieron disminuciones significativas en Bahía Waffer. El análisis de la composición y abundancia del zooplankton nos permitirá analizar con precisión estas diferencias.

Cuadro 5. Biomasa del zooplankton con red de 200 μm , ($\text{mg PS}/\text{m}^3$), Isla del Coco, durante las 3 expediciones.

Estación	Octubre 2007	Abril 2008	Marzo 2009
Punta María	19.77	14.18	28.44
Bahía Wafer	29.96	15.75	7.30
Dos Amigos	24.02	50.00	11.21
Atrevido	44.99	31.41	38.54
Yglesias	20.20	20.88	20.20
Chatham	22.08	21.39	14.52

Cuadro 6. Biomasa del zooplancton con una red de 500 μm (mg PS/m^3), Isla del Coco, durante las 3 expediciones.

Estación	Octubre 2007	Abril 2008	Marzo 2009
Punta María	4.01	7.98	22.54
Bahia Wafer	11.26	8.98	2.84
Dos Amigos	6.47	10.46	6.92
Atrevido	14.37	11.84	11.46
Yglesias	5.98	6.28	17.32
Chatham	5.67	5.69	7.85

Con respecto a las abundancias, ya se tiene completado el análisis cuantitativo y cualitativo del zooplancton en las estaciones alrededor de la Isla del Coco y en los muestreos verticales de la expedición de octubre 2007, así como una revisión general de las muestras de zooplancton tomadas en los parches de arrecife. Los Cuadros 7-11, resumen, en términos generales, los porcentajes de contribución al zooplancton, ya sea dividiendo el zooplancton en gelatinoso y no gelatinoso, calánidos (un orden de copépodos) o de acuerdo con la contribución de diferentes especies de los géneros *Oncaea* y *Corycaeus*. Aquí es oportuno resaltar el hallazgo del género *Monstrillopsis* (Monstrilloidea: Copepoda) no reportado para Costa Rica, con una especie nueva para la ciencia (*Monstrillopsis cocoensi*) e igualmente una especie nueva del género *Cymbassoma*, *C. cocoensi*, (Suárez-Morales y Morales-Ramírez 2009), género ya descrito para Costa Rica (Suárez-Morales y Morales-Ramírez 2006). También se encontró el ejemplar del género *Lepeoptheirus* (Caligidae: Siphonostomatoida: Copepoda), parásito de peces, y que corresponde al primer hallazgo de este género en aguas costarricenses. Igualmente, se encontró el copépodo *Aetideus giesbrechti* (Aetidae: Copepoda), no reportado anteriormente para aguas nacionales. Es claro el dominio de los copépodos en la composición del zooplancton, es el grupo con el mayor número de especies (69), seguido por los anfípodos (20), moluscos planctónicos (9), y quetognatos y sifonóforos (7 c/u).

Cuadro 7. Porcentaje de copépodos más abundantes en la estación de Punta Ulloa, Isla del Coco, septiembre 2007.

Estacion	Arrastre	Grupo	(%)
Punta Ulloa	Horizontal	Calánidos	36.12
Punta Ulloa	Horizontal	<i>Corycaeus</i> sp.	16.96
Punta Ulloa	Horizontal	<i>Oncaea</i> sp.	16.96
Punta Ulloa	Horizontal	Otros	29.96

Cuadro 8. Porcentaje de zooplancton más abundante en la estación Bahía Yglesias, Isla del Coco, septiembre 2007.

Estación	Arrastre	Grupo	(%)
Bahía Yglesias	Vertical	Copépodos	61.64
Bahía Yglesias	Vertical	Zooplancton gelatinoso	6.01
Bahía Yglesias	Vertical	Otros	32.35

Cuadro 9. Porcentaje de copépodos más abundantes en la estación de Bahía Yglesias, Isla del Coco, septiembre 2007.

Estación	Arrastre	Grupo	(%)
Bahía Yglesias	Vertical	Calánidos	41.70
Bahía Yglesias	Vertical	Copepoditos	8.30
Bahía Yglesias	Vertical	<i>Oncea</i> sp.	29.88
Bahía Yglesias	Vertical	Otros	20.12

Cuadro 10. Porcentaje de zooplancton más abundante en la estación de Punta María, Isla del Coco, septiembre 2007.

Estación	Arrastre	Grupo	(%)
Punta María	Vertical	Copépodos	57.41
Punta María	Vertical	Zooplancton gelatinoso	6.17
Punta María	Vertical	Otros	36.42

Cuadro 11. Porcentaje de copépodos más abundantes en la estación de Punta María, Isla del Coco, septimebre 2007.

Estación	Arrastre	Grupo	(%)
Punta Maria	Vertical	Calánidos	37.42
Punta Maria	Vertical	<i>Oncaea</i> sp.	24.52
Punta Maria	Vertical	<i>Corycaeus</i> sp.	10.11
Punta Maria	Vertical	Otros	27.96

De un primer análisis, el número de especies de zooplancton es alto (136: Morales-Ramírez 2008); grupos como las apendicularias o en algunos casos los misidáceos o pterópodos, podrían ser abundantes. También es importante informar que en muestras tomadas en el 2007 fue encontrado un picnogónido (Picnogonida: Aracnida, Fig. 29A) y una pequeña colonia de organismos del orden Pyrosomatida (probablemente del género *Pyrosoma* sp.) de la clase Thaliacea (Urochordata, Fig. 29B). Otros grupos del zooplancton encontrados en las aguas de la Isla del Coco se muestran en la Figura 30.

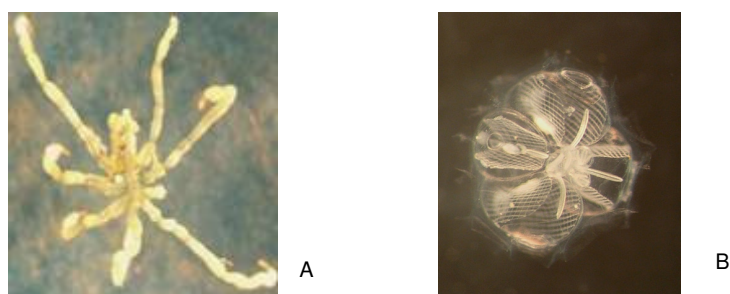


Figura 29. A) Pignogónido (Aracnida). B) Pyrosomátido (Uroichordata).



Figura 30. De izquierda a derecha: arriba: larva de poliqueto, larva de pez, anfípodo (microcrustáceo) y salpa (Urochordata); abajo: larva de cangrejo, eufáusidos (krill), copépedo y caracoles planctónicos (pterópodos).

C. EXPERIMENTOS DE FORRAJEJO

Se realizaron experimentos de forrajeo durante la expedición de abril 2008 y febrero 2009. La Figura 31 muestra el perfil de clorofila de la estación en Chatham en abril 2008, de donde se obtuvieron las muestras vivas de zooplancton para los experimentos. Un máximo de clorofila se encontró alrededor de los 6 m de profundidad. El fitoplancton estuvo dominado por células mayores de 30 μm de la superficie a los 9 m, sin embargo a los 12 m dominó la fracción <30 μm . Se calcularon las tasas de filtración de varios géneros de copépodos que fueron utilizados en experimentos de herbivoría en la expedición de abril 2008. El Cuadro 12 resume esos valores. Las tasas de filtración fueron relativamente altas para *Oncaea*, durante el primer día de los

experimentos, ya que se incubaron hembras con sacos de huevos, lo cual aumenta su actividad de alimentación, sin embargo muy bajas y negativas durante el experimento siguiente. Esta inconsistencia puede obedecer, entre otras cosas, a las pocas réplicas experimentales que se realizaron y a la baja concentración de clorofila, algo típico de las aguas adyacentes a la Isla del Coco.

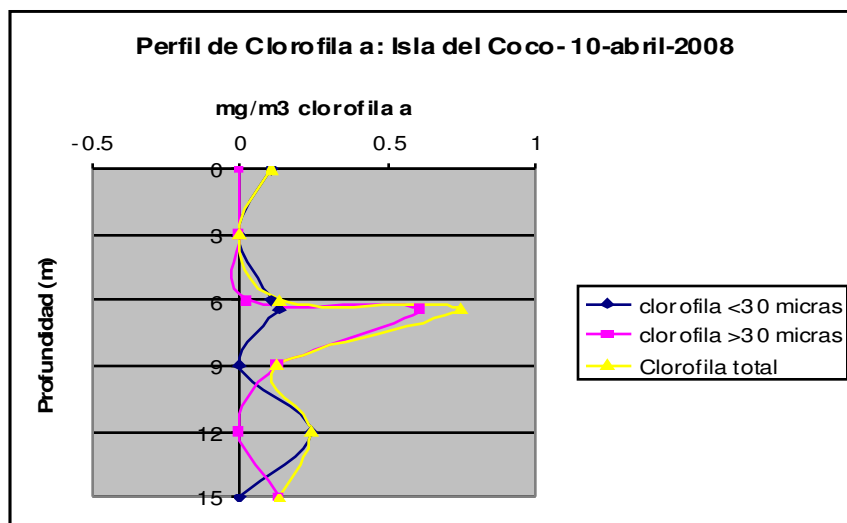


Figura 31. Perfil de la clorofila fraccionada ($> 30 \mu\text{m}$ $<$) en Bahía Chatham, Isla del Coco, abril 2008.

Cuadro 12. Resumen de los experimentos de alimentación, Isla del Coco, abril 2008.

7-8 abril 2008

Experimento de alimentación

2:21 pm - 3:00 pm

# de botella	Tratamiento	n	F (ml/ind/hr)
1	<i>Paracalanus</i>	5	9.63612
2	<i>Paracalanus</i>	4	-0.8386
3	<i>Scolicithrix</i>	2	-3.42146
4	<i>Oncaea</i>	3 hembras + sacos de	28.03566
5	<i>Oncaea</i>	huevos	18.26044
6	Control		
7	Control		
8	Control		

Cuadro 12. Continuación.

10-11 abril 2008

Experimento de alimentación

4:00 pm – 6:00 am

# de botella	Tratamiento	n	F (ml/ind/hr)
1	<i>Oncaea</i>	5	-5.87572
2	<i>Oncaea</i>	5	-5.96683
3	<i>Clausocalanus</i>	5	4.560312
4	<i>Clausocalanus</i>	5	-5.86786
5	<i>Clausocalanus</i>	5	-12.8137
6	control		
7	control		

La figuras 32 y 33 muestran los perfiles de clorofila fraccionada en la estación de Bahía Chatham durante los experimentos en la expedición de febrero-marzo 2009. Para el 1 de marzo (Fig. 32), la fracción dominante es la de $<30 \mu\text{m}$, los valores totales son muy superior a los valores del 5 de marzo, resaltando la enorme variabilidad que existe en el plancton. Sin embargo, esos valores corresponden a una cuarta parte de los valores obtenidos en abril 2008. Durante el 5 de marzo (Fig. 33), los valores obtenidos fueron extremadamente bajos, hasta 10 o más veces los valores calculados en abril 2008. Valores negativos son consecuencia de los bajos valores de absorbancias, y que de manera matemática se expresan en el momento de realizar los cálculos como valores negativos. Contrario a lo obtenido en abril 2008, la fracción $<30 \mu\text{m}$ dominó en la superficie, sus valores fueron 0 después de los 4 m, y la fracción $>30 \mu\text{m}$ domina la clorofila hasta los 14 m de profundidad.

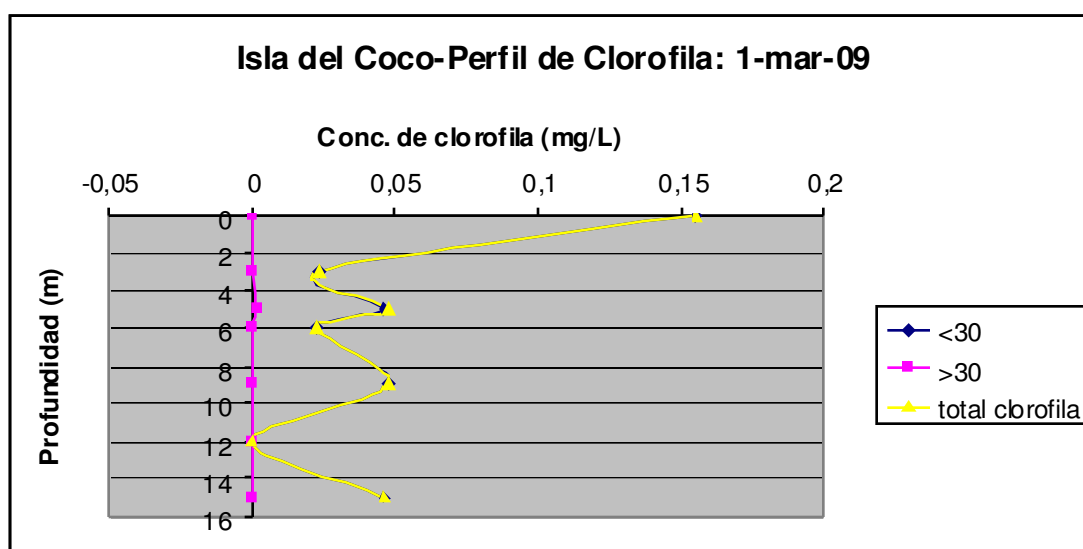


Figura 32. Perfil de la clorofila fraccionada ($> 30 \mu\text{m}$ $<$) en Bahía Chatham, Isla del Coco, 1 de marzo 2009.

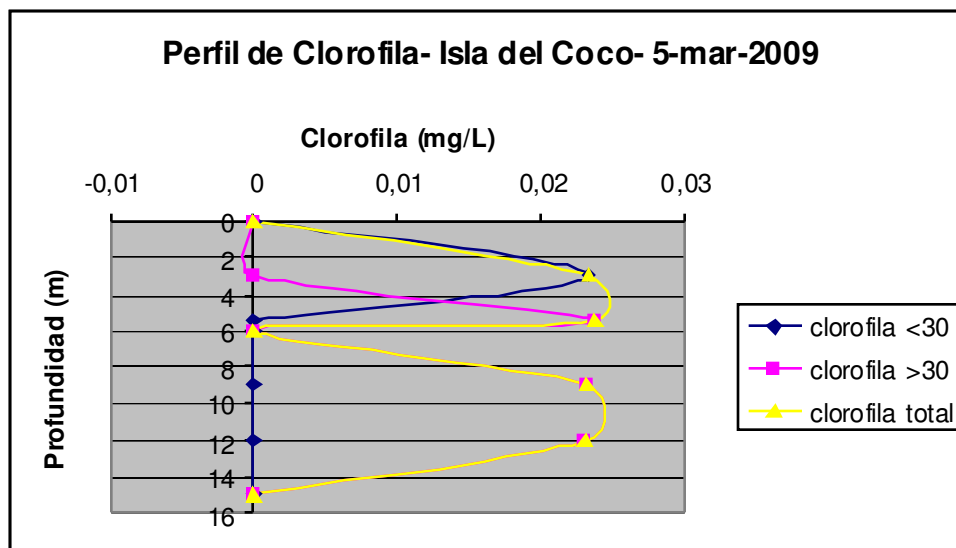


Figura 33. Perfil de la clorofila fraccionada (> 30 μm <) en Bahía Chatham, Isla del Coco, 5 de marzo 2009.

Con respecto a los experimentos de alimentación, todos los valores de a alimentación obtenidos fueron negativos, tanto para *Oncaea mediterranea* como para *Cosmocaluns darwinii*. El Cuadro 13 resume las tasas de filtración obtenidas de estos experimentos. Estos resultados pueden ser producto de las bajas concentraciones de clorofila determinadas durante este viaje.

Cuadro 13. Resume las tasas de filtración obtenidas en los experimentos.

5-6 Mar-2009			
Experimento de Alimentación			
24 hrs			
# de botella	Tratamiento	Número de individuos (n)	F (ml/ind/hr)
1	<i>O. mediterranea</i>	5	-0.063779669
2	<i>O. mediterranes</i>	5	-0.158459543
3	<i>O. mediterranea</i>	5	-0.193033588
4	<i>O. mediterranea</i>	5 (una hembra con huevos)	-0.095686409
5	<i>C. darwinii</i>	5	-0.045392182
6	<i>C. darwinii</i>	3	-0.156551729

OTRAS ACTIVIDADES

Se han tomado aproximadamente 600 fotografías digitales de zooplancton y aproximadamente 200 imágenes con microscopio electrónico de dinoflagelados, diatomeas, silicoflagelados y cocolitofóridos con el fin de resaltar varios aspectos de los organismos planctónicas. Esto forma parte de un proceso para generar un banco de fotos que eventualmente se utilizarían junto con aquellas del componente de fitoplancton, para generar un Atlas del Plancton de la Isla del Coco (Anexo 1). El enfoque de estas fotografías ha sido, principalmente, los comportamientos exhibidos por las posiciones y posturas de los organismos fijados. Entre ellos, se enfatizaron los comportamientos relacionados con la alimentación, la depredación, el apareamiento e interacciones entre especies (cuando ha sido evidente que un organismo estuvo copulando o alimentándose). También se ha destacado fotos que muestran aspectos importantes del ciclo de vida de varias de las especies, tales como los huevos, estadíos larvales, características de la anatomía durante el desarrollo e información relacionada con aspectos de los procesos reproductivos, especialmente en aquellas especies con un marcado dimorfismo sexual, como es el caso de la familia de copépodos Euchaetidae.

Publicaciones citadas:

- Morales-Ramírez, A. 2008. Caracterización cualitativa del zooplancton del Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC), Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Suppl. 2): 159-169.
- Suárez-Morales, E. & A. Morales-Ramírez. 2003 A new species of *Cymbasoma* (Copepoda: Monstrilloida) from the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Proc. Biol. Wash. Soc.* 116: 206-214.
- Suárez-Morales & A. Morales-Ramírez. 2009. New species of Montrilloida (Crustacea: Copepoda) from the Eastern Tropical Pacific. *J. Nat. His.* 43: 1257-1271.

ANEXO 1

Guía para la identificación del plancton marino de la Isla del Coco en preparación por parte de
Álvaro Morales Ramírez y Maribelle Vargas Montero.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)
Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC)

GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL PLANCTON MARINO

Dr. rer. nat. Alvaro Morales R.
M.Sc. Maribel Vargas M.

Indice	
Introducción.....	3
Importancia del plancton.....	4
¿Cómo se estudia el plancton?.....	5
Fitoplancton.....	7
Diatomeas marinas.....	8
Dinoflagelados	17
Otros flagelados marinos.....	23
Floraciones algales nocivas.....	24
Especies de fitoplancton comunes en aguas de la Isla del Coco.....	26
Zooplancton.....	27
Holozooplancton.....	28
Merozooplancton.....	37
Ictioplancton.....	41
Referencias.....	44

4.4 CLIMATOLOGÍA Y VARIABILIDAD INTERANUAL DE PARÁMETROS ATMOSFÉRICOS Y OCEANOGRÁFICOS.

COORDINADOR: ERIC J. ALFARO

INVESTIGADOR ASOCIADO: Omar G. Lizano

COLABORADOR: José L. Vargas

Actividades:

Se recolectaron los registros meteorológicos de las estaciones que funcionaron en la Isla del Coco, Costa Rica, pertenecientes a una estación meteorológica automática del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y a dos pluviógrafos, uno del IMN y otro del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), para el periodo 1997-2005. También se obtuvieron las series de tiempo de diferentes registros históricos y de los puntos de rejilla más cercanos a la isla de distintas bases de datos geofísicas públicas. Se hizo énfasis en la recolección de registros de precipitación, viento, radiación, humedad relativa, temperatura superficial del aire y del mar. Para todas las variables con registros de datos horarios, se obtuvieron sus ciclos diarios y anuales y se estudió sus características intra-estacionales, tales como máximos, mínimos y épocas de transición; y se hizo la comparación de los registros de precipitación de las estaciones con los registros de las bases de datos con mayor escala espacial. Se observó que las variaciones estacionales en la Isla del Coco están asociadas a la migración meridional de la Zona de Convergencia Inter-Tropical, ya que la isla se encuentra bajo su influencia prácticamente desde la primavera hasta el otoño boreal (Alfaro 2008).

Para lidiar con los problemas de datos faltantes encontrados en las diferentes estaciones meteorológicas usados, Alfaro y Soley (2009) elaboraron dos metodologías para el rellenado de datos ausentes, enfocadas hacia su uso en series de tiempo geofísicas. La primera se basa en la descomposición en componentes principales de la matriz de correlación de datos de una misma variable entre estaciones cercanas y en periodos de tiempo comunes. Este método multivariable permite incorporar en los valores rellenados los fenómenos de mayor escala a partir de la información de las estaciones cercanas. El segundo método es para ser utilizado cuando no hay estaciones cercanas y el rellenado se debe hacer con la información de la misma estación. Consiste en ajustar un modelo autorregresivo a la serie de tiempo y utilizar ese modelo como estimador de los datos ausentes. Se evaluaron dos algoritmos para calcular los coeficientes autorregresivos: el estimador de Burg y el propuesto por Ulrych y Clayton. El primero es apropiado para procesos estocásticos y el segundo para series determinísticas. Las dos metodologías descritas en este trabajo son recursivas: se hace una primera estimación a los datos ausentes corriendo el algoritmo ignorando los datos ausentes si es posible o aproximándolos de forma grosera. El algoritmo se continúa ejecutando con los nuevos valores sustituyendo los valores estimados en la corrida anterior. La ejecución termina cuando la diferencia máxima de los valores estimados entre dos corridas sucesivas es menor que un valor fijado de antemano por el usuario. Los datos rellenados conservan la media y la desviación estándar original de la serie de tiempo. Estos algoritmos se adaptaron y modificaron, por medio del uso de Interfaces Gráficas con el usuario, para su uso en SCILAB, que es una plataforma similar a MATLAB pero de fuente abierta y que corre indistintamente en Windows y Linux.

Durante las expediciones CIMAR-COCO-II y III, en abril 2008 y febrero-marzo 2009, se instalaron dos estaciones automáticas en la isla, una en Bahía Chatham y otra en Bahía Wafer,

además de una tercera estación se instaló en el barco fondeado en Bahía Chatham. Durante CIMAR-COCO-I, octubre 2007, sólo se realizaron mediciones en Bahía Chatham. Las variables que se midieron con estas estaciones fueron: Temperatura Superficial del Aire, Humedad Relativa, Radiación Solar, Precipitación, Rapidez del Viento, Dirección de la Velocidad del Viento y Presión Superficial. La medición de las variables se realizó en la mayoría de los casos cada 5 minutos.

Se realizaron también mediciones del viento en altura por medio del lanzamiento de globos piloto desde Bahía Chatham durante CIMAR-COCO-I y II, a los cuales se les dio seguimiento por medio de un teodolito meteorológico.

Adicionalmente, durante los dos primeros cruceros, se corrió el modelo numérico MM5 en el cluster del Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica (CIGEFI-UCR), para 4 dominios de 90, 30, 10 y 3.3 km de resolución y con doble dirección de información entre los dominios anidados. Los datos recolectados por las estaciones automáticas y los globos piloto serán también de mucha ayuda para la validación del modelo (Fig. 34). Los resultados de este modelo ayudaron también en la planificación de las actividades durante la presente expedición y a que se contó con una página web diseñada para acceder la salida del modelo desde la Isla del Coco, <http://cigefi.ucr.ac.cr/~isla-coco/> (Fig. 34). Para esta actividad se contó con el valioso apoyo de las siguientes personas: Dr. Jorge Amador, director del CIGEFI, M.Sc. Erick Rivera, B.Sc. Ana Durán, B.Sc. Marcela Ulate la estudiante de meteorología Blanca Calderón. Cabe destacar que el B.Sc. Tito Maldonado correrá el modelo *a posteriori* para el tercer crucero, con el fin de realizar las comparaciones respectivas entre el mismo y las mediciones *in situ* realizadas durante CIMAR-COCO-III.

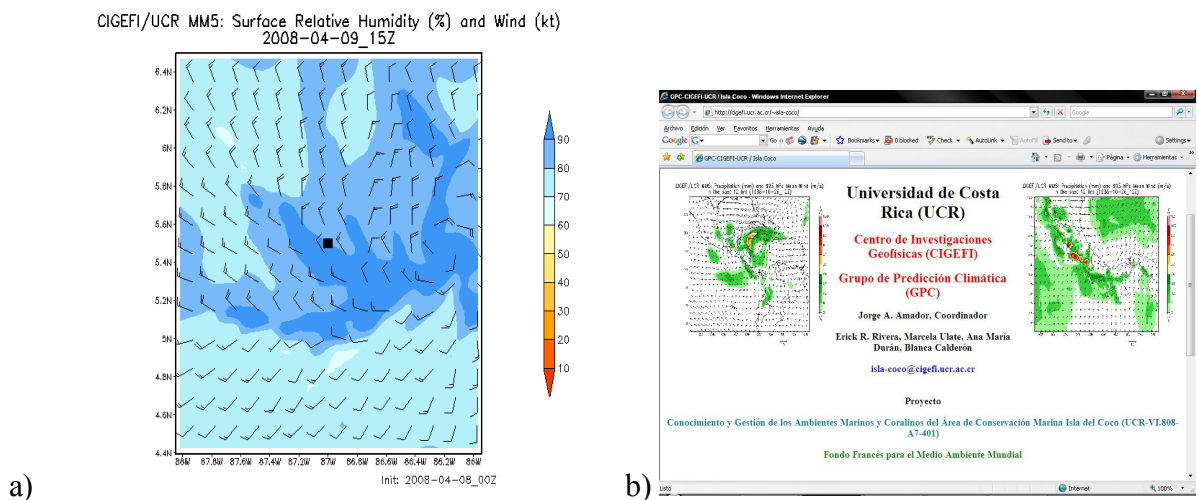


Figura 34. a) Pronóstico del viento superficial (nudos) y humedad relativa (%) del modelo MM5 para el 09/04/2008 a las 15z hrs usando un dominio espacial con resolución de 3.3 km. (9 a.m. del 09/04/2008, hora local), el modelo se inició con los datos del 08/04/2008 a las 00z hrs (6 p.m. del 07/04/2008, hora local) y b) página web diseñada para acceder la salida del modelo desde la Isla del Coco, ver: <http://cigefi.ucr.ac.cr/~isla-coco/>.

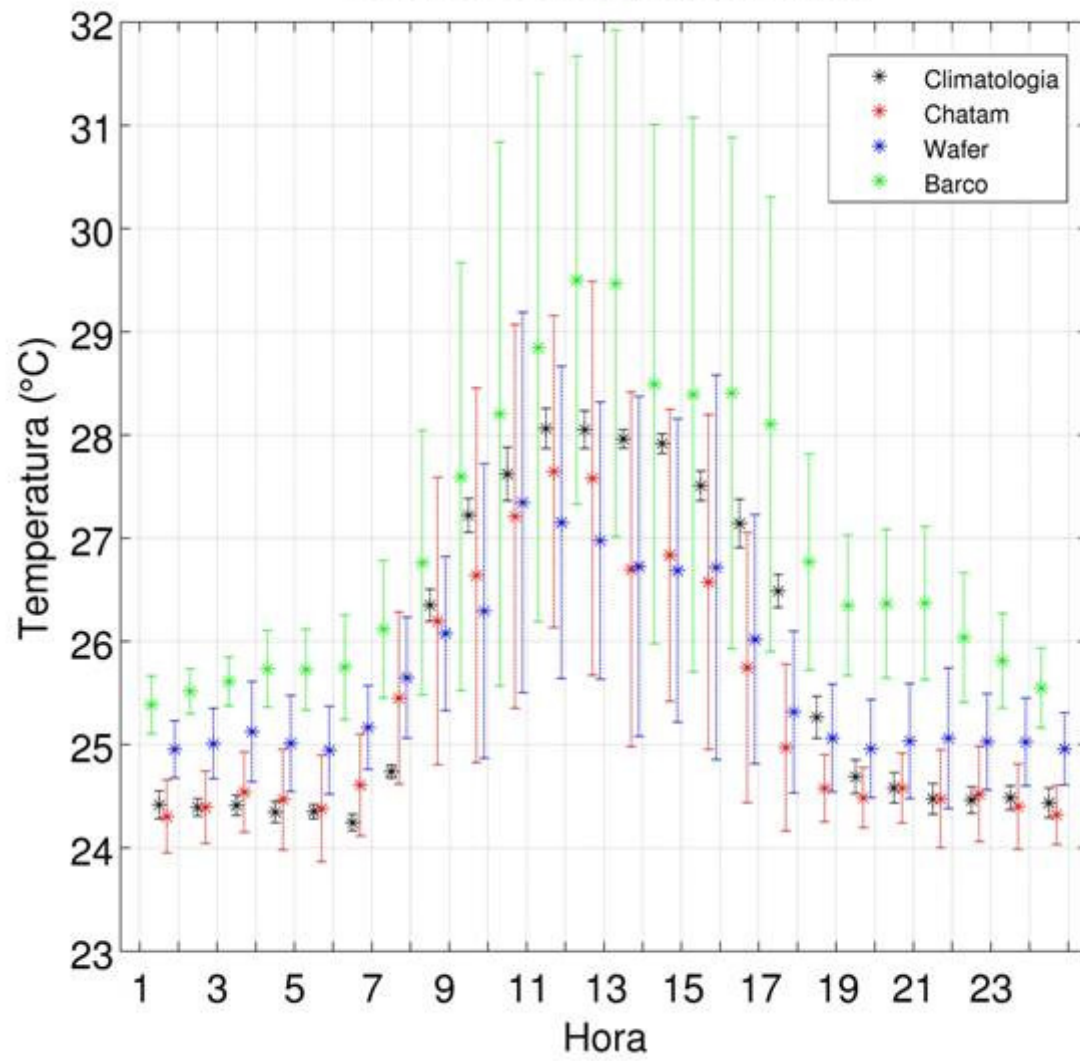
Como una primera aproximación a la generación de escenarios climáticos, se están analizando también las salidas de un modelo numérico, el PRECIS. Este modelo hace un ajuste de escala dinámico de las salidas del Modelo de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) HadAM3H (mayores detalles pueden ser consultados en <http://precis.insmet.cu/Precis-Caribe.htm>), y reduce la escala a una resolución de 0.5 ° de latitud x 0.5 ° de longitud. El punto utilizado para el análisis fue el de 5.5°N, 87°W que cubre el área 5.25-5.75°N, 86.75-87.25°W.

También se realizó un ajuste de escala estadístico para la precipitación diaria por medio de la herramienta Statistical DownScaling Model o SDSM (mayores detalles pueden ser consultados en <https://co-public.lboro.ac.uk/cocwd/SDSM/> y <http://www.cics.uvic.ca/scenarios/>). La serie de tiempo utilizada como período base fue la del punto localizado en 5.5°N, 87°W que cubre el área 5.25-5.75°N, 86.75-87.25°W, utilizando como período base 1961-2000. Los GCM utilizados fueron el HadCM3 para los escenarios socioeconómicos A2 y B2 y el CGCM1 para el escenario socioeconómico A1. Los predictores se escogieron utilizando los datos del re-análisis del NCEP/NCAR. La variable identificada como mejor predictor en ambos casos fue la humedad específica en superficie. La ventaja del uso de esta técnica es que permite identificar cuáles de los meses del año es en donde se registrarán los mayores cambios en el ciclo anual de la precipitación.

Por último, se realizó la creación de los escenarios mensuales de cambio climático con la herramienta MAGICC/SCENGEN. Las salidas de los modelos utilizados fueron las sugeridas por Alvarado *et al.* (2005). Los modelos sugeridos fueron CCC1TR, CSI2TR, CSI2TR, ECH3TR, ECH4TR, GISSTR, HAD2TR y HAD3TR utilizados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC (mayores detalles sobre estos modelos pueden consultarse en IPCC, 2 <http://www.ipcc-data.org> y en <http://www.ipcc.ch>). La resolución de estos modelos fue de 2.5° de latitud por 2.5° de longitud. Como horizonte de tiempo se estableció 2070-2100 y los escenarios socioeconómicos fueron A2-ASF y B2-MESSAGE, los cuales fueron sugeridos por Echeverría (2004) como los escenarios marcadores pesimista y optimista, respectivamente, en América Central.

Resultados preliminares: En la Figura 35 se presentan los ciclos diarios de las series de tiempo de las estaciones automáticas de temperatura superficial y de humedad relativa del aire durante CIMAR-COCO-III y II, respectivamente. Las componentes del viento en altura se presentan en la Figura 36. Los datos tomados *in situ* fueron comparados por los generados por el Modelo MM5 para determinar las desviaciones (Figura 38).

CIMAR-COCO III, Marzo 2009



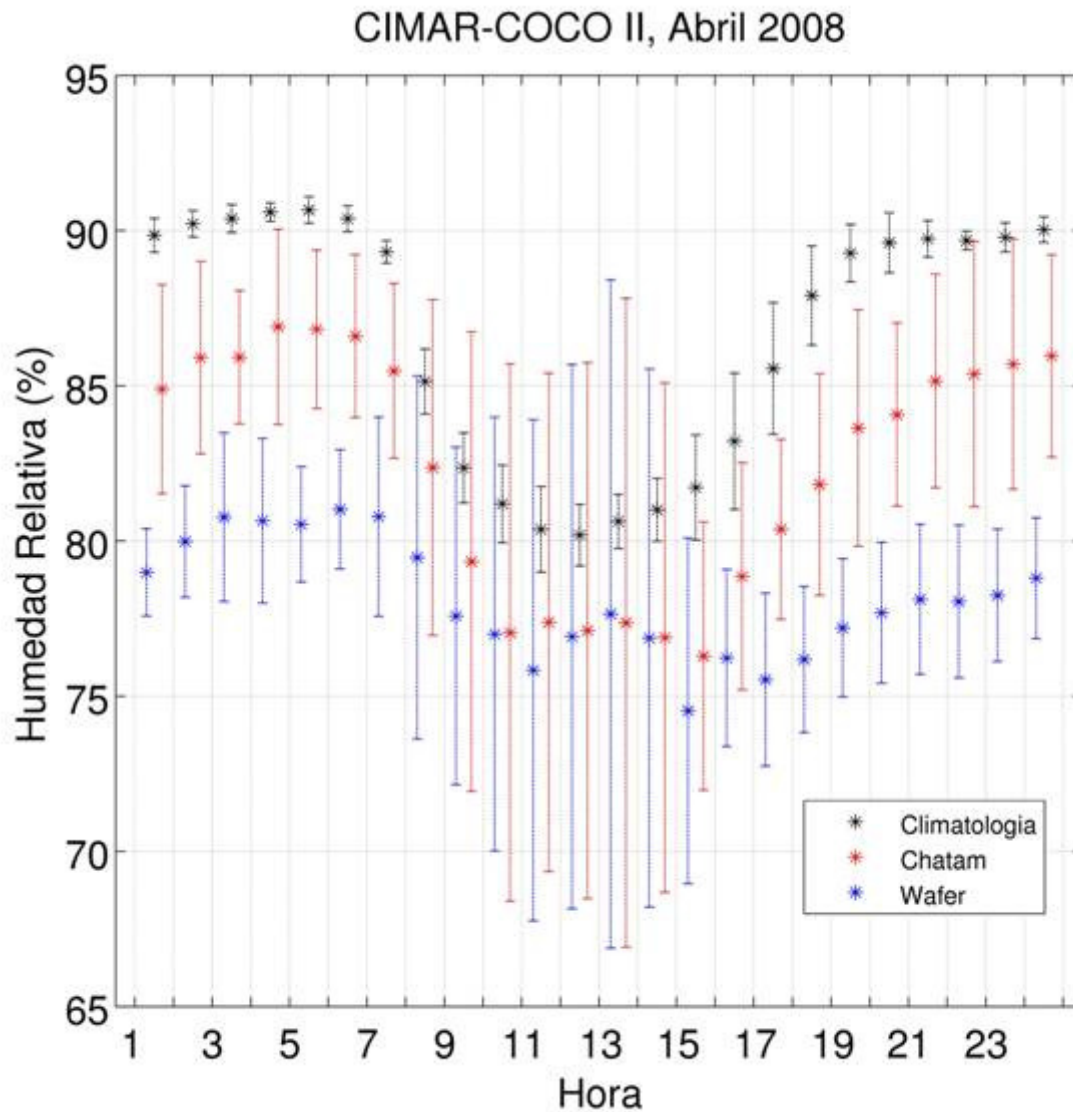


Figura 35. Ciclo diario de las Series de tiempo de: Temperatura Superficial (arriba) y Humedad Relativa del Aire (abajo) durante CIMAR-COCO-III y II, respectivamente. Los asteriscos muestran el valor medio y las barras muestran una desviación estándar alrededor de ese valor. Se incluye el valor climático de la estación automática del IMN para su comparación (ver Alfaro (2008) para más detalles).

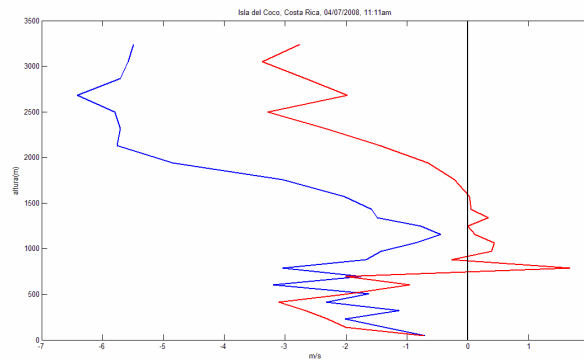


Figura 36. Componente zonal, u (azul), y meridional, v (rojo), del viento en altura. El sitio del lanzamiento fue Bahía Chatham, $5^{\circ} 32' 52.2''$ N, $87^{\circ} 02' 32.1''$ W, a nivel del mar. Estas mediciones fueron hechas el 07/04/2008, a las 11:11 a.m.

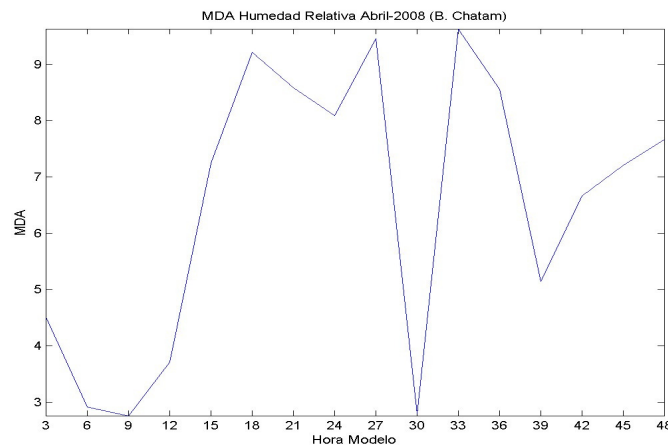


Figura 37. Desviación media absoluta entre los datos de la Estación Automática ubicada en Bahía Chatham y las diferentes horas de predicción del modelo MM5 para el dominio de 3.3 km durante el crucero científico a la Isla del Coco llamado CIMAR-COCO-II, 2-13 de abril, 2008.

Los resultados de densidad de probabilidad (pdf) de la salida del modelo regional PRECIS se presentan en la Figura 38, utilizando el escenario socioeconómico A2 de la IPCC. Se muestra que el cambio hacia una mayor temperatura se deberá a cambios tanto en su media como en su variabilidad (Fig. 38a), mientras que los asociados a la precipitación será principalmente por cambios en la variabilidad (Fig. 38b). La predicción en el cambio en el ciclo anual de la precipitación y temperatura en la Isla del Coco se presenta en las Figuras 39 y 40.

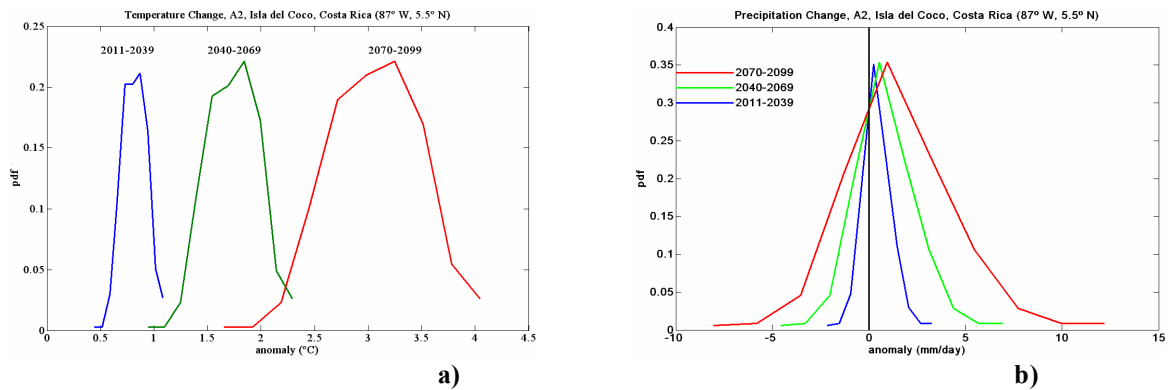


Figura 38. Función de densidad de probabilidad empírica de la salida del modelo regional PRECIS. Los escenarios de cambio climático para la Isla del Coco son de a) la precipitación y b) la temperatura. El escenario socioeconómico A2. Los valores representan el cambio con respecto a la línea base de 1961-1990. El punto utilizado para el análisis fue el de 5.5°N, 87°W que cubre el área 5.25-5.75°N, 86.75-87.25°W.

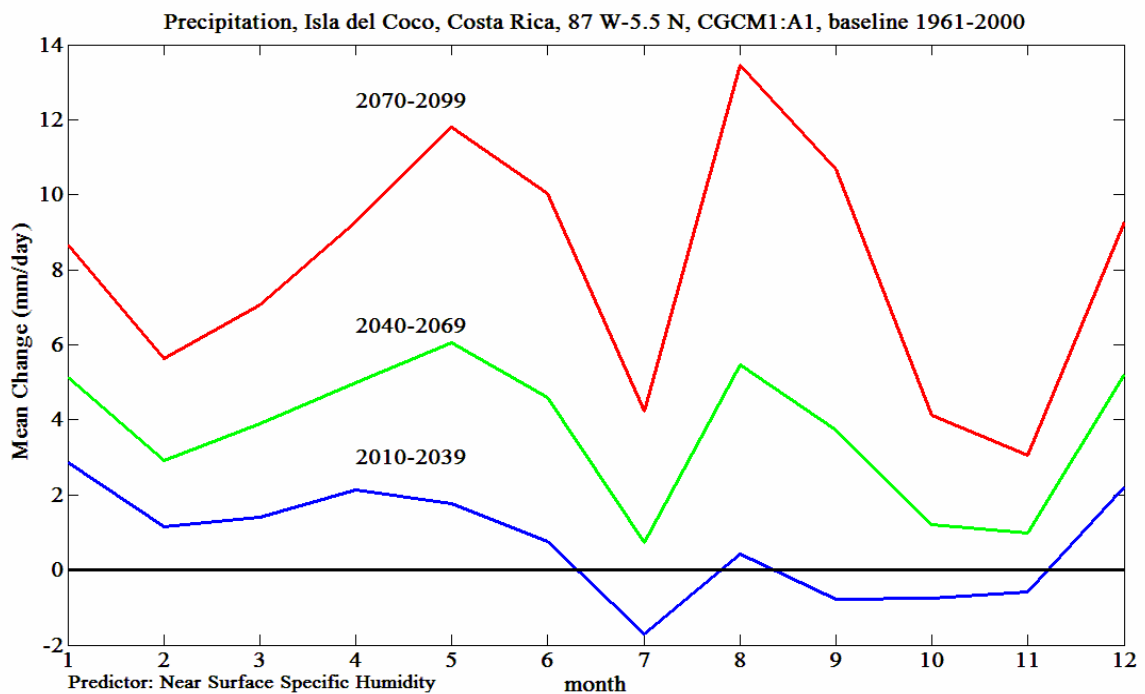


Figura 39. Cambio en el ciclo anual de la precipitación en la Isla del Coco. La serie de tiempo utilizada como período base fue la del punto localizado en 5.5°N, 87°W que cubre el área 5.25-5.75°N, 86.75-87.25°W utilizando como período base 1961-2000. El GCM empleado fue el CGCM1 para el escenario socioeconómico A1. Los predictores se escogieron utilizando los datos del re-análisis del NCEP/NCAR. La variable identificada como mejor predictor fue la humedad específica en superficie.

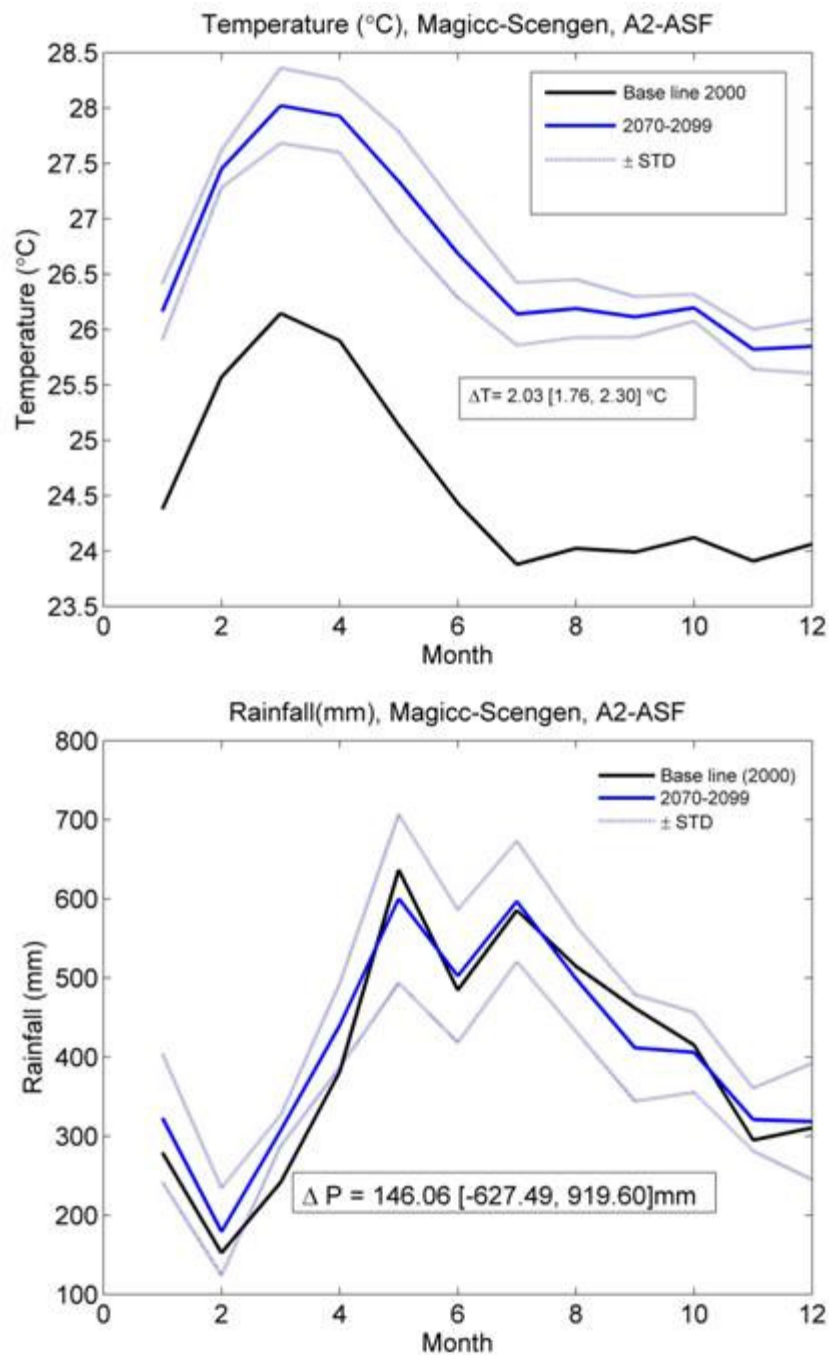


Figura 40. Ciclo anual de la temperatura (arriba) y la precipitación (abajo) obtenidos del Magicc_Scengen para el horizonte de tiempo 2070-2099 (línea azul). La línea negra representa la línea base de la estación meteorológica automática del IMN para el año 2000 (ver Alfaro (2008) para más detalles). Las líneas grises representan una desviación estándar del horizonte calculado. En el recuadro se detalla el cambio anual promedio de la temperatura y del acumulado anual en la precipitación, así como la dispersión de dicho valor dado por una desviación estándar. El escenario socioeconómico utilizado fue el A2-ASF.

Aspectos adicionales:

Los radionucleídos naturales y artificiales de los sedimentos marinos fueron estudiados por Lizano *et al.* (2008) en Bahía de Culebra y en el Golfo de Nicoya, ambos en la costa Pacífica de Costa Rica. Muestreos en un humedal y en la Isla del Coco, fueron usados como sitios de referencia. La concentración de los elementos radiactivos originados durante la formación de nuestro planeta disminuye en los bloques continentales viejos. Dado que la Isla del Coco es de formación más joven, se espera encontrar altas concentraciones de estas sustancias, como muestran los resultados de ese estudio. Los ámbitos de estos elementos son considerados normales según los informes globales. Algunos, como el Potasio-40, parecieran tener una contribución antropogénica en el Golfo de Nicoya, posiblemente relacionada a las actividades que se desarrollan en sus cuencas hidrográficas adyacentes. En todos los sitios de muestreo, la concentración del elemento artificial Cesio-137 se ha detectado dentro de ámbitos normales y sus valores son muy similares a los medidos en la costa y en el interior del país en estudios anteriores.

PROPUESTA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

La recomendación aquí presentada está basada en la “GUIA DE INSTRUMENTOS Y PRACTICAS DE OBSERVACION” preparado en 1996 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM 1996), sin embargo, mucho de este material es ya público en diferentes sitios en Internet (ver abajo), herramienta con la cual cuentan los Guardaparques en la Isla del Coco. Lo anterior tiene implícito la colaboración del personal de Guardaparques de la isla para la recolección de las observaciones y además la coordinación con la institución que acopiaría y analizaría los datos.

El monitoreo de parámetros atmosféricos comprende básicamente dos aproximaciones. La primera aproximación y cuantitativa, podría hacerse por medio del emplazamiento de una estación meteorológica, lo cual es lo más recomendable. Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Dentro de las estaciones, podemos distinguir las tradicionales, que requieren la existencia de un encargado que las visite diariamente a horas fijas para la toma de medidas, y las automáticas, en las que el registro de datos se hace automáticamente y prácticamente en continuo. A partir de los datos obtenidos en estas estaciones, se van formando sucesivamente las series de tiempo de datos horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales en las que se basan los estudios climáticos.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas están automatizadas (E.M.A.) requiriendo un mantenimiento ocasional. Una estación meteorológica automática es una versión autónoma automatizada de las tradicionales, preparada tanto para ahorrar labor humana, o realizar mediciones en áreas remotas o inhóspitas. El sistema puede reportar en tiempo real, tener enlace de microondas, o salvar los datos para posteriores recuperaciones. Las variables básicas que se puede medir con una EMA son: temperatura del aire, viento en superficie, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar y lluvia

Actualmente, las tecnologías de paneles solares, generador eólico, teléfono e internet hacen posible las EMA inalámbricas. Las estaciones meteorológicas deben estar situadas en lugar llano y libre de obstáculos que puedan afectar a las observaciones. Siempre que sea posible, el suelo

deberá estar cubierto de césped, al menos en una superficie de 10x10 m, o mejor, de 50x50 m, y el recinto deberá estar acotado para evitar el paso de animales.

La segunda forma de monitoreo y cualitativa, se podría realizar por medio de la observación sin instrumentos de diferentes aspectos del sistema climático.

Es esta sección se indican algunas sugerencias presentadas por Pérez-Puebla (2007) sobre algunas observaciones meteorológicas que pueden ser hechas sin instrumentos, experiencia desarrollada por el Instituto Nacional de Meteorología de España. Dicha experiencia se podría adaptar a la realidad de la Isla del Coco si se considerara pertinente. En adelante, se procede a realizar una descripción de los detalles del Cuadro 14 propuesto por Pérez-Puebla (2007):

- AÑO, MES, PUEBLO, PROVINCIA, OBSERVADOR. Nunca se omitan estos datos en cada cuadro.
- SENSACION DE TEMPERATURA – Cada día se marcaran en su columna respectiva dos puntos: uno en la casilla correspondiente a la sensación notada en las primeras horas de la mañana, y otro en la correspondiente a la experimentada en las primeras horas de la tarde. A fin de mes se unen con una línea todos los puntos de la tarde y con otra los de la mañana. Se han establecido diez grados de sensación, los cuales, si se tuviera un termómetro, se vería que corresponde, aproximadamente, a los siguientes intervalos: tórrido (más de 35° C), mucho calor (30 a 35° C), calor (25 a 30°C), calorcito (20 a 25°), agradable (15 a 25°), fresquito (10 a 15°), Frío (0 a 5°), helando (5° bajo cero a 0°), glacial (menos de 5° bajo cero).
- CANTIDA DE PRECIPITACION (LLUVIA, GRANIZO) – Se indica por barras verticales, que serán de la altura de una casilla si la lluvia del día ha sido ligera, de dos si ha sido moderada y de tres si fue copiosa.
- VIENTO - Se anotará de dónde soplabla el dominante durante el día, o el que produjo lluvia, nevada o tormenta. Se utilizaran las iniciales internacionales siguientes: N (del Norte), NE (del Nordeste), Este (del Este, levante), SE (del Sudoeste), S (del Sur), SW (del sudeste), W (del oeste) y NW (del Noroeste). Si vario mucho póngase una V.
- INTENSIDAD DEL VIENTO – Si ha sido fuerte póngase una f, si moderado m y si débil d. Cuando hay calma una c.
- ESTADO DEL CIELO – se anota llenando totalmente el circulito o sólo su mitad, o dejándolo en blanco, según que el día se haya generalmente cubierto o sólo medio nuboso o despejando o casi despejado.
- CLASES DE NUBES DOMINANTES – Pueden ser nubes altas (A), o nubes medias (M), o nubes bajas (B).
 - Las nubes altas están a seis kilómetros o más de altura. Son blanquísimas y finas como plumas. Otras veces forman velos muy tenues que originan halos alrededor del Sol o de la Luna; es decir aros irisados grandísimos.
 - Las nubes medias se hayan a dos kilómetros o mas de altura. Forman rollos o cielo enlosado, o cielo aborregado o constituyen un cielo gris que produce coronas borrosas ceñidas al Sol o a la Luna.
 - Las nubes bajas se producen muchas veces por la mañana y crecen hasta medio día, pudiéndose convertir en tormentosas.
 - En otras ocasiones masas claras, o muy espesas y oscuras que originan, quizá lluvia.

- Si varían mucho las nubes durante el día póngase una V.
- DE DONDE VIENEN LAS NUBES – Se anota este dato con las mismas iniciales que los vientos. Es importantísimo para la predicción del tiempo.
- FENOMENOS METEOROLOGICOS – Se anota cada día el principal, valiéndose de los signos que van al pie del cuadro.
- EFECTOS DEL TIEMPO EN LA VIDA – Si ha habido heladas dañinas o inundaciones o rayos o granizadas, etc., o cualquier otro hecho relacionado con el tiempo, se anotará con su fecha, en las líneas en blanco. Dígase en que sitio.
- RESUMEN DEL MES - La rosa de los vientos que esta abajo a la derecha sirve para obtener un resumen gráfico e intuitivo del mes. Para ello, se pone cada día en el radio correspondiente a la dirección del viento dominante en él una puntita de flecha dirigida hacia el círculo central. Dentro de este se anota el número de días de calma. Junto a cada una de estas puntitas de flecha se anota, por medio de un signo, el fenómeno dominante del día (lluvias, tormenta, etc.).

Efectuando diariamente estas operaciones, se ve a fin de mes cuales han sido los vientos más frecuentes en él y los fenómenos que cada uno suele producir: dato importante para la predicción local del tiempo.

Publicaciones citadas:

- Alfaro, E. 2008. Ciclo diario y anual de variables troposféricas y oceánicas en la Isla del Coco, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 56 (Supl.2): 19-29.
- Alfaro, E. & J. Soley, 2009: Descripción de dos métodos de relleno de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. Rev. Mate.: Teor. Aplic. 16: 59-74.
- Alvarado, L.F., M. Campos, E. Zárate, P. Ramírez & A. Bonilla. 2005. Escenarios de Cambio Climático para Centroamérica. Documento Técnico, CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06. San José, Costa Rica.
- Echeverría, B.J. 2004. Selección de escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero para desarrollar escenarios de cambio climático en Centroamérica. Documento Técnico, CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06. San José, Costa Rica.
- Lizano, O., L. Loria, E. Alfaro & M. Badilla. 2008. Distribución espacial de radionucleidos en sedimentos marinos de Bahía Culebra y el Golfo de Nicoya, Pacífico, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 56 (Supl. 4): 83-90.
- OMM-Organización Meteorológica Mundial. 1996. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. 1996.
- Pérez-Puebla, F. 2007. Divulgación y enseñanza en Meteorología e Hidrología (Experiencias en España). Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, España. En: Jornadas Internacionales de Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamiento. Sao Carlos, Brasil, del 14 al 19 de mayo, 2007.

Algunos sitios en internet que divulgan la información compilada por OMM (1996) y fáciles de entender son:

- http://www.wmo.int/pages/themes/observations/index_es.html
- <http://www.meteobunvol.com/Archivos%20meteorologia/Manual%20observador.htm>
- <http://www.am.ub.es/mastermeteo/programes/desc07.html>
- http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/instrumentos.htm
- http://www.portal-patagonico.com.ar/paginas/2007/09/60/la_dura_tarea_de_entender_el_clima/
- <http://www.cm.colpos.mx/meteoro/agm620/AGM620.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci3n_meteorol3gica
- http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci3n_meteorol3gica_autom3tica

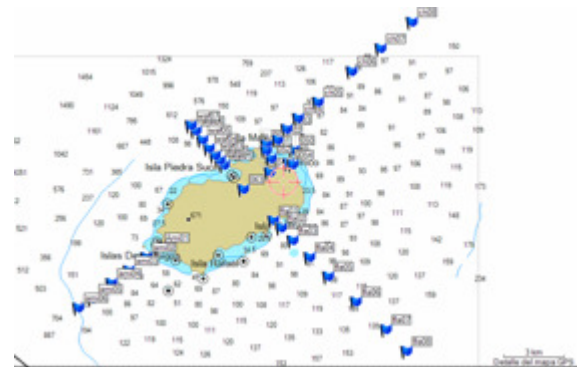
4.5 DINÁMICA OCEANOGRÁFICA ALREDEDOR DE LA ISLA DEL COCO.

COORDINADOR: OMAR G. LIZANO

COLABORADORES: Eric Alfaro, Carlos Brenes

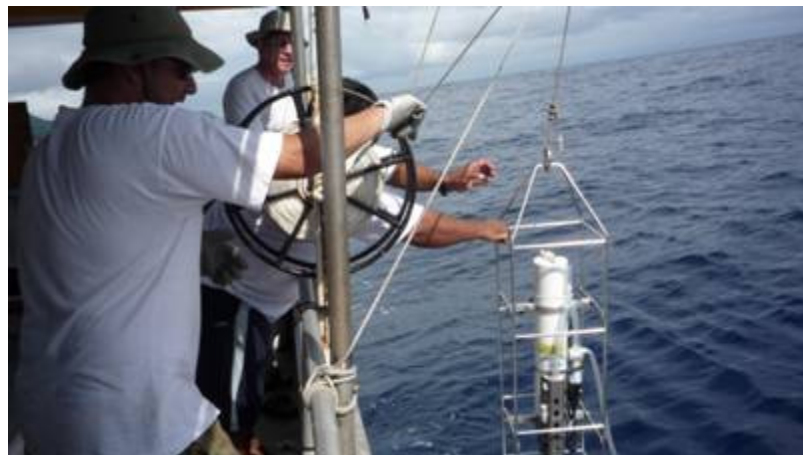
Actividades

- 1- Se usó un programa de batimetría que contiene a la Isla del Coco para seleccionar los transeptos y las posiciones de cada muestreo para las tres expediciones a la isla.
- 2- El 11 de octubre del 2007 durante el CIMAR-COCO-I, se anclaron dos

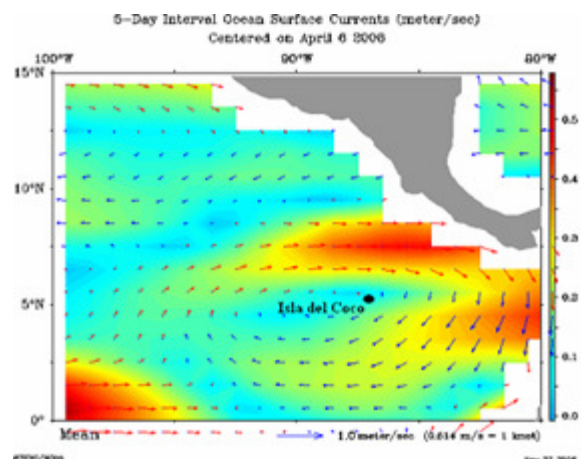


correntímetros en Bahía Waver. Uno en la superficie y otro en el fondo. Se mantuvieron hasta el 15 de octubre y luego fueron transferidos a Bahía Chatham por los próximos dos días.

- 3- Durante la expedición CIMAR-COCO-II (Abril 2008) perfiles de salinidad y temperatura fueron realizados a lo largo de los transeptos escogidos utilizando un CTD (Conductivity Temperature and Depth).

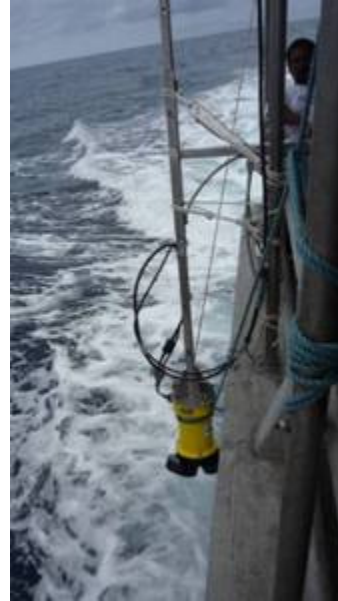


- 4- Para cada expedición (antes y durante ellas) se consultaron parámetros oceanometeorológicos desde las redes de Internet públicas y privadas, como corrientes, temperatura, salinidad, mareas, etc. Pronósticos de viento y olas se



consultaron desde la NOAA para identificar las condiciones durante el trayecto a la isla y cuando se muestreaba alrededor de la misma. Información actualizada fue bajada desde la red de Internet que se tienen en la isla.

- 5- Durante CIMAR-COCO-III (Febrero del 2009), planearon cuatro transeptos adicionales a los mostrados en la primera figura con la intención de definir mejor espacialmente los parámetros muestreados. Sin embargo, la falta de un malacate eléctrico para bajar y subir el equipo hasta 200 m de profundidad, principalmente el CTD, solo permitió adicionar dos transeptos más.
- 6- Durante el CIMAR-COCO-III, se usó un Perfilador Acústico Doppler de Corrientes (ADCP, en inglés: Acoustic Doppler Current Profile) para estudiar la estructura vertical de las corrientes alrededor de la Isla del Coco. También realizaron mediciones de CTD en esta ocasión, en las mismas estaciones anteriores y en los nuevos transeptos.



se

se

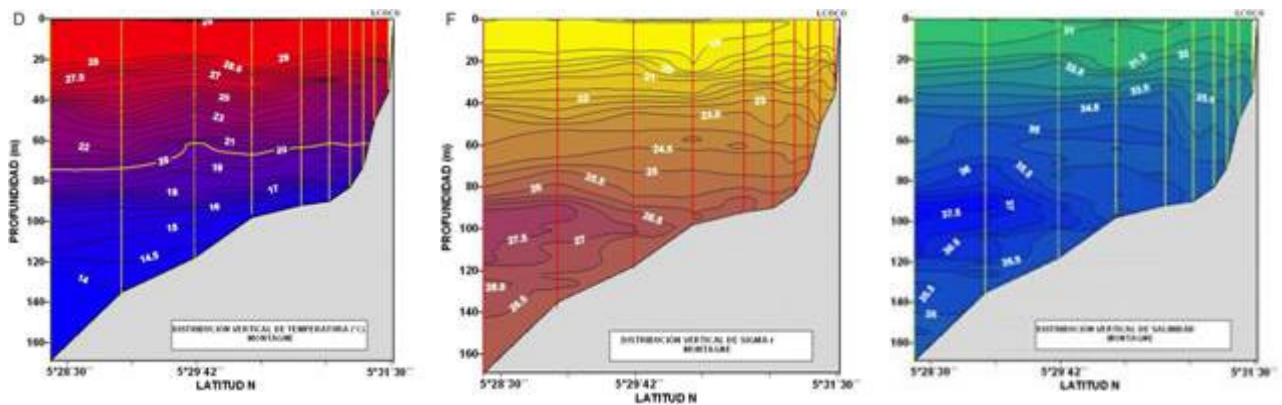
Resultados:

- 1- La figura a la derecha muestra la posición del muestreo frente a Bahía Wafer durante CIMAR-COCOS I. También se muestran las direcciones promedio del flujo de agua encontrado en esta ocasión. Su dirección predominante es hacia el Este, lo cual es coherente con el patrón de corrientes esperado para esta época, y que también es consistente con las observaciones que los buzos reportan en esta zona. Se encontró también, que las corrientes superficiales oscilan según la marea. Cambian según el estado de esta. Sin embargo, este comportamiento no se nota en las corrientes del fondo, que apuntan en todas direcciones sin seguir un patrón determinado. Las temperaturas superficiales responden al ciclo solar diurno, mientras que las temperaturas en el fondo oscilan según la marea. La magnitud máxima de las corrientes superficiales fue de 37.6 cm/seg y en el fondo de 26.6 cm/seg. Varias de estas mediciones de corrientes máximas

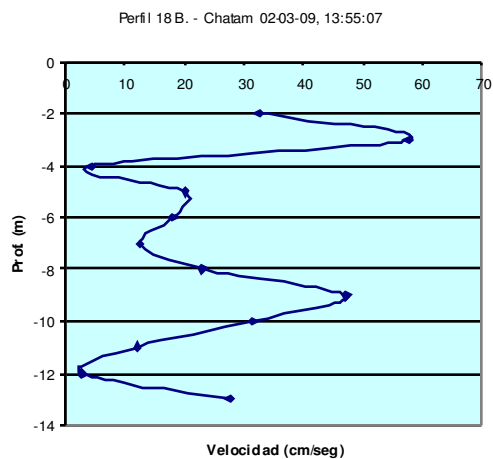


se alcanzan justamente durante el mínimo de la marea baja.

- 2- Durante CIMAR-COCO-II, el uso del CTD y programas especializados permitió integrar los valores de salinidad, temperatura y densidad a lo largo del transecto. Los siguientes gráficos son un ejemplo de los resultados obtenidos al frente de la Isla Montagne, al sureste de la isla. Se encontraron diferencias en la estructura de la columna de agua al norte y al sur de la isla. Rasgos interesantes de identificaron alrededor de la isla. Por ejemplo, las figuras anteriores muestran un núcleo inestable de agua alrededor de los 100 m de profundidad. Esto posiblemente indica una corriente alcanzando la isla desde el sureste, lo cual también es coherente con el patrón de corrientes que señalaban los modelos numéricos para esos días.

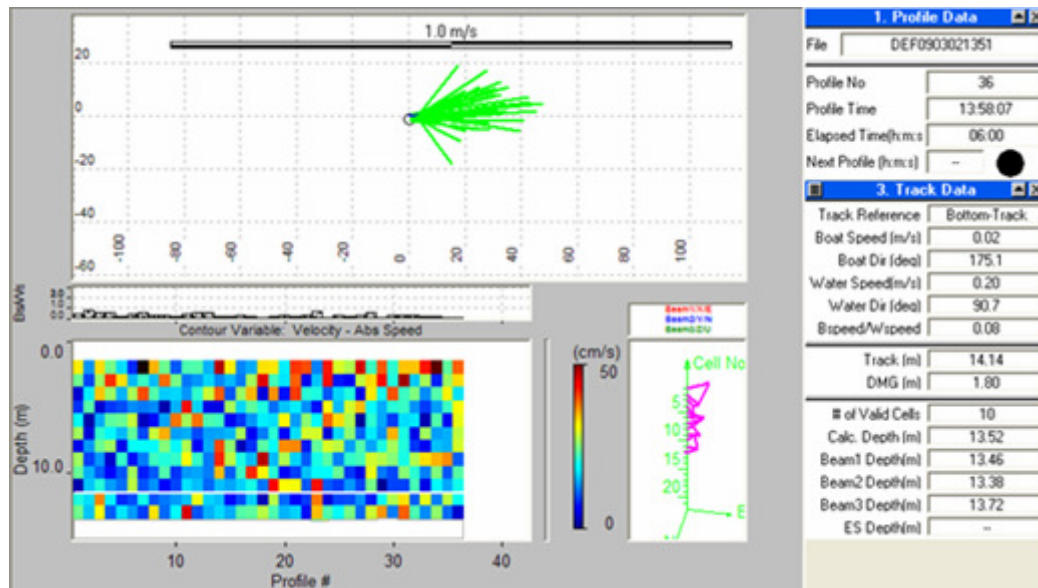


- 3- Durante el CIMAR-COCO-III, el estudio de corrientes con el ADCP generó una enorme cantidad de información que necesita ser analizada en los próximos meses. Luego de esto, se podrá conocer el patrón promedio de las corrientes alrededor de la isla. Un ejemplo de esta información, que se tiene cada segundo de la columna de agua, se muestra en la siguiente figura.

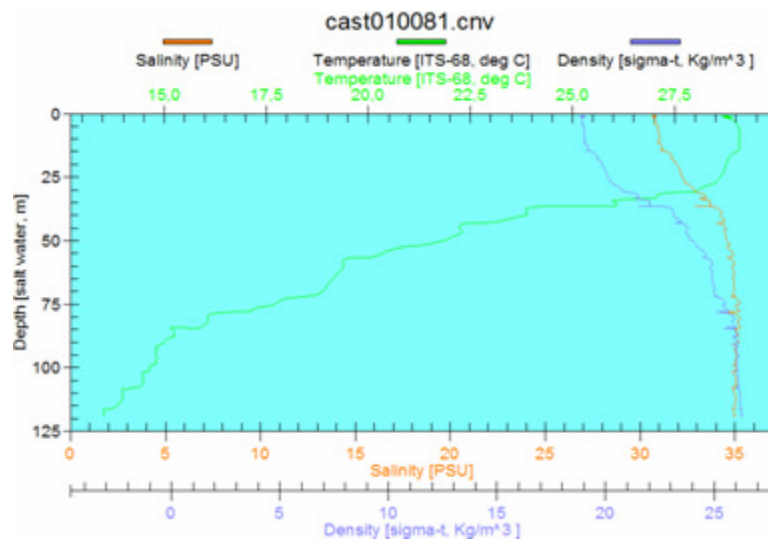


La resolución que muestra este perfil es extraordinaria, pues define varios máximos relativos a través de la profundidad. Estas características no son resueltas por los equipos

convencionales, que en la mayoría de los casos, muestran resultados promedios en el tiempo. Otro ejemplo del tipo de registro que hace un ADCP se muestra en la siguiente figura. Perfiles por 13:58:07 segundos son guardados por el instrumento y pueden ser revisados hacia atrás y hacia adelante e integrar el perfil durante el tiempo de muestreo.



- 4- Durante el CIMAR-COCO-III se realizaron perfiles de CTD a lo largo de 6 transeptos. La figura a la derecha muestra un ejemplo al sur de la isla.



- Una termoclina muy fuerte se identifica en esta estación, mediciones que pueden ser importantes para las otras disciplinas que participan en el proyecto. Por ejemplo, que pueden explicar el comportamiento de la dinámica de algunas distribuciones de organismos marinos como el coral o el plancton.
- 5- La información generada con el CTD y el correntímetro en estas expediciones está siendo analizada. Una vez procesada, se resumirán los principales resultados en un artículo. Algunos datos de posible interés, o que pueden apoyar a otras disciplinas, podrá ser subida a la página Web del Programa de la Isla del Coco del CIMAR.

4.6 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ALREDEDOR DE LA ISLA DEL COCO.

COORDINADOR: JENARO ACUÑA GONZÁLEZ

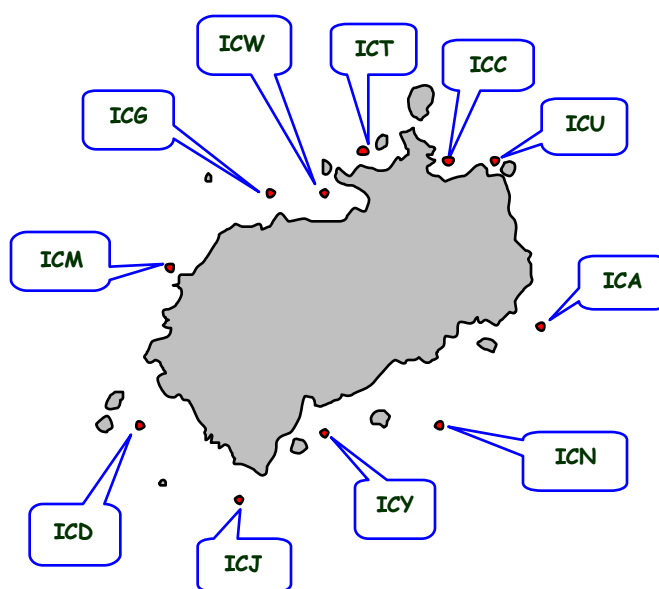
COLABORADORES: Eddy Gómez Ramírez, Jairo García Céspedes

Actividades

El trabajo de Oceanografía Química en las expediciones científicas a la Isla del Coco, realizadas bajo el auspicio de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y el Fondo francés para el ambiente mundial (FFEM, por sus siglas en francés), se organizó en diez procesos.

1. En el primer proceso, se establecieron 11 sitios para efectuar muestreos en la columna de agua, alrededor de la Isla:

1. ICU: Punta Ulloa
2. ICA: Cabo Atrevido
3. ICN: Bajo Alcyone
4. ICY: Bahía Yglesias
5. ICJ: Aleta de Tiburón
6. ICD: Dos Amigos
7. ICM: Punta María
8. ICG: Punta Gissler
9. ICW: Bahía Wafer
10. ICT: Bahía Weston
11. ICC: Bahía Chatham



2. En el segundo proceso, se definieron los siguientes 5 parámetros para su medición in situ, en cada uno de los sitios escogidos, en la superficie y cerca del fondo:

- a) Profundidad de la columna de agua.
- b) Temperatura del agua.
- c) Salinidad del agua.
- d) Concentración de oxígeno disuelto.
- e) Profundidad de penetración del disco de Secchi.



Disco de Secchi

3. En el tercer proceso, se extrajeron muestras de agua en cada uno de los sitios escogidos, en la superficie y cerca del fondo, por medio de una botella de Niskin de 5 L de capacidad, y se colocaron en recipientes limpios (botellas de 1,0 ó 2,5 L), identificados, registrados y protegidos de la luz. En estas muestras se determinó en el laboratorio la concentración de:

- a) Nutrientes: fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y amonio.
- b) Clorofila-*a*.
- c) Materiales en suspensión.



Extracción de agua con la botella de Niskin.



4. En el cuarto proceso, se sacaron muestras de agua a 1,0 m de profundidad, en siete de estos sitios, en sendas botellas de vidrio ámbar limpio. El propósito fue llevar a cabo a bordo del barco, la extracción de los hidrocarburos de petróleo disueltos y dispersos en el agua, por medio de disolventes inmiscibles (agua/hexano). Los extractos hexánicos se colocaron en frascos de vidrio, a los que se les agregó un material secante (sulfato de sodio). Ya en el laboratorio, se les determinó la concentración de hidrocarburos de petróleo disueltos / dispersos, fracción fluorescente y referida a un patrón de criseno, mediante la técnica espectrofluorométrica.



Sistema para el muestreo de hidrocarburos.



Etapas de agitación.



Etapas de extracción de la fase hexánica y de colocación del extracto en un frasco de vidrio para almacenarlo.

5. Dentro de lo que constituye el quinto proceso del trabajo, se filtraron las muestras de agua a bordo del barco. Se empleó una bomba de vacío y un equipo de filtración Millipore de acero inoxidable, acoplado a frascos cónicos plásticos. El procedimiento contempló tres etapas:

a) Se filtraron dos porciones de agua de alrededor de 1000 mL, a través de sendos filtros GF/C prepesados. Se midió cada volumen y cada filtro fue doblado a la mitad y fue conservado en bolsas plásticas, etiquetadas adecuadamente. Los filtros se mantuvieron en refrigeración durante la travesía y hasta llegar al laboratorio del CIMAR, donde se les determinó la masa equivalente a materiales en suspensión, mediante la técnica gravimétrica.

b) Se filtraron dos porciones de agua de alrededor de 1000 mL, primero por medio de un tamiz de 62 μm , para retener restos de hojas, otros materiales y plancton grande, y luego a través de sendos filtros GF/C sin pesar. Se midió cada volumen y cada filtro con su material retenido, fue doblado a la mitad y conservado en bolsas plásticas, etiquetadas adecuadamente. Se mantuvieron en refrigeración durante la travesía y hasta llegar al laboratorio del CIMAR, donde se les determinó la concentración de clorofila-*a*, mediante la técnica espectrofotométrica.

c) De las porciones de agua ya filtradas, se llenaron con ellas tres botellas ámbar, plásticas y etiquetadas adecuadamente, para destinarlas a la determinación de la concentración de nutrientes mediante la técnica espectrofotométrica. Se mantuvieron en congelación durante la travesía y hasta llegar al laboratorio del CIMAR.

6. En el sexto proceso, se extrajeron sedimentos y algunos gusanos (sipuncúlidos) de las bahías de Chatham y de Wafer. En estas muestras se determinó en el laboratorio la concentración de:

- a) Varios metales: Fe, Al, Cd, Ni, Sn, Pb, Zn, Cu, Mn.
- b) Plaguicidas organoclorados persistentes.



Banco de sedimento cerca de Chatham.



Algunos ejemplares de sipuncúlidos.

7. El séptimo proceso consistió en el experimento de productividad primaria. El procedimiento contempló tres etapas:

a) Se trabajó a 5 profundidades de la columna de agua. A cada profundidad se extrajo con la botella de Niskin, una cantidad de agua adecuada para llenar cuatro botellas claras y dos oscuras. A dos de las botellas claras se les agregaron inmediatamente los reactivos que fijan de manera equivalente al oxígeno disuelto en el agua. Las otras dos botellas claras y las dos oscuras, se sujetaron a una roseta plástica atada a un sistema de cuerdas, sostenido por un par de boyas y un ancla. Cuando el sistema de incubación con las cinco rosetas estaba completo con las botellas claras y oscuras, se liberó en el sitio de muestreo y se registró el tiempo para recoger las botellas a las tres horas.



b) En cada una de las 5 profundidades de la columna de agua, se extrajo agua con la botella de Niskin. Una vez que la botella de Niskin llegó a bordo, se midió la salinidad, la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto en el agua. El agua se utilizó para llenar varias botellas plásticas oscuras, con las cuales se repitió el procedimiento indicado en la quinta proceso: Filtración, conservación de filtros para la determinación de materiales en suspensión y la concentración de clorofila-*a*, almacenamiento de aguas filtradas para determinarles la concentración de nutrimentos.

c) Al cabo de las tres horas, se izó el sistema de incubación e inmediatamente a cada una de las botellas se les agregaron los reactivos que fijan de manera equivalente al oxígeno disuelto en el agua. Estas botellas se almacenaron etiquetadas en recipientes herméticos durante la travesía y hasta el laboratorio del CIMAR, donde se les determinó la concentración de yodo, equivalente a la concentración de oxígeno, que a su vez se transformó en una expresión de productividad primaria, con las unidades de $\text{mgC}/\text{m}^3\text{año}$.

8. El octavo proceso reúne la preparación y presentación de conferencias, las cuales se pueden separar en tres ciclos:

- a) A bordo del barco en ambos trayectos de ida y regreso.
- b) En la Isla, a los Guardaparques y voluntarios.

c) Dentro de las actividades de la Universidad de Costa Rica, a estudiantes y público en general, en conferencias programadas.

9. El noveno proceso comprende todos los trabajos realizados en los laboratorios del CIMAR y del CICA. Esta función contempló cinco etapas:

a) Preparación de los materiales, disoluciones y equipos para la campaña.

Se prepararon protocolos de operación normalizados para las determinaciones que se llevarían a cabo. Basándose en ellos, se preparó un protocolo con la lista de materiales, disoluciones y equipos que se necesita llevar a la Isla. Por ejemplo, se realizaron los cálculos con respecto al número de filtros GF/C necesarios para recolectar las muestras. Un grupo de ellos fue secado durante 24 horas a 60 °C y luego se pesó y, de manera individual, cada filtro fue colocado en una bolsa plástica sellada y etiquetada adecuadamente. Otro grupo de filtros se mantuvo en sus cajas originales y se prepararon bolsas plásticas para cada uno de ellos. Se lavaron todas las botellas plásticas, se lavaron y hornearon las botellas de vidrio. Se midió el volumen de cada frasco con tapa esmerilada que se emplearía en la determinación de productividad primaria. Se prepararon las disoluciones para la productividad primaria. Se calibraron el oxímetro y el salinómetro. Se empacaron de manera adecuada todos los materiales, disoluciones y equipos requeridos, y se les identificó apropiadamente.

b) Clasificación y medición de la basura marina.

La basura marina fue recogida en la Isla por los Guardaparques y voluntarios. En el CIMAR fue clasificada, pesada o medida. Luego se preparó el registro correspondiente. En la siguiente foto se muestra la manera en que se procedió con los materiales recolectados.



c) Análisis químicos realizados en el CIMAR:

- i) Determinación de la concentración de nutrimentos.
- ii) Determinación de la concentración de clorofila-*a*.
- iii) Determinación de la concentración de materiales en suspensión.
- iv) Determinación de la concentración de hidrocarburos de petróleo.

Para cada uno de estos parámetros, se cuenta con un protocolo de operación normalizado, que fue desarrollado en el CIMAR. Se adaptaron metodologías usuales a las condiciones del laboratorio y cada vez que se realizan los análisis, se verifican algunos parámetros de mérito como los límites de detección y los límites de cuantificación. Las medidas se hacen por triplicado en la mayoría de los casos y se obtiene el promedio o la mediana, con su desviación estándar.

d) Análisis químicos realizados en el CICA.

- i) Determinación de la concentración de metales traza: Fe, Al, Cd, Ni, Sn, Pb, Zn, Cu, Mn.
- ii) Determinación de la concentración de plaguicidas persistentes.

Estos análisis se realizaron en el CICA, que es un laboratorio que cuenta con más de 100 protocolos acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación.

e) Cálculos, actualización de la base de datos, preparación de informes y artículos. Una vez realizados los análisis químicos, se procede a incorporar la información en la base de datos, preparada por uno de los participantes en esta investigación.

Resultados

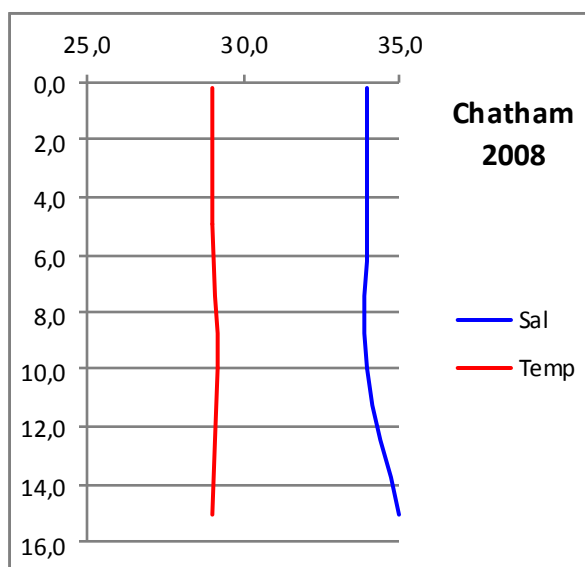
En esta sección se indican solo resultados parciales, pues la intención es solo documentar parte del trabajo realizado. Posteriormente, se prepararán artículos. El Cuadro 15 muestra los detalles de un muestreo de marzo 2009; el Cuadro 16 es un ejemplo de un despliegue de la base de datos, elaborada por uno de los participantes de este grupo de investigadores (Jairo García). Luego, en las Figuras 41-45, se ofrecen los perfiles de distribución vertical de algunos parámetros en las bahías de Chatham y de Wafer, correspondientes a la campaña del año 2008.

Cuadro 15. Sitios de muestreo en la columna de agua para la determinación de nutrientes, clorofila-*a*, materiales en suspensión, temperatura del agua, oxígeno disuelto y salinidad, en el fondo (F) y en la superficie (S), alrededor de la Isla del Coco, 3 de marzo de 2009.

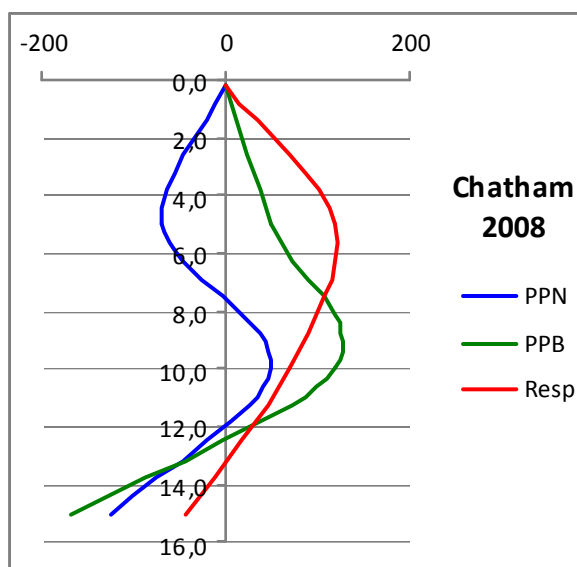
Sitio	Localidad	Hora	Latitud Norte	Longitud Oeste	Temperatura	Oxígeno disuelto	Salinidad
					(°C) F/S	(mg/L) F/S	(ups) F/S
1 ICU	Punta Ulloa	9:20	05°32,5993'	087°01,6333'	25 m: 27,7 Sup.: 29,1	6,00 6,40	32 29
2 ICA	Cabo Atrevido	10:02	05°30,8557'	087°01,1840'	95 m: 17,1 Sup.: 28,8	2,30 5,00	35 31
3 ICN	Bajo Aleyone	11:05	05°29,9188'	087°01,1818'	100 m: 16,5 Sup.: 28,8	1,20 5,30	35 31
4 ICY	Bahía Yglesias	11:42	05°30,773'	087°03,0906'	80 m: 18,1 Sup.: 29,0	2,10 5,20	35 30
5 ICJ	Aleta de Tiburón	12:50	05°29,0436'	087°04,2780'	97 m: 17,3 Sup.: 29,9	2,20 5,60	35 30
6 ICD	Dos Amigos	13:30	05°30,0909'	087°05,1281'	40 m: 23,0 Sup.: 29,3	4,40 5,30	35 31
7 ICM	Punta María	14:35	05°31,9238'	087°05,5594'	65 m: 23,2 Sup.: 28,7	4,40 5,20	35 31
8 ICG	Punta Gissler	15:09	05°32,425'	087°05,6758'	32 m: 25,8 Sup.: 29,0	5,40 5,80	31 34
9 ICW	Bahía Wafer	15:51	05°32,4158'	087°03,6812'	12 m: 28,3 Sup.: 28,8	5,20 6,20	31 32
10 ICT	Bahía Weston	16:28	05°33,1964'	087°03,1036'	10,5 m: 28,9 Sup.: 28,9	6,00 5,50	31 31
11 ICC	Bahía Chatham	8:40	05°33,496'	087°02,4310'	45 m: 24,0 Sup.: 28,2	6,00 6,60	34 31

Cuadro 16. Ejemplo de datos registrados en la Base de Datos del CIMAR, correspondientes a las campañas en la Isla del Coco.

N° LOQ	Código original	m		%	°C	mg/L	%	mgC/m ³			mg/m ³	mg/L	μmol/L					
		Z	Secchi	Sal	Temp	OxD	%Sat	PPN	PPB	Resp	Chla	MS	PO4	SiI	NH ₃	NO ₂	NO ₃	
08-0050	ICC-0	0,2	18,5	34,0	29,0	5,75	100	0	0	0	0,02	11,59	1,03	23,76	0,73	<	0,02	0,13
08-0051	ICC-5	5,0	18,5	34,0	29,0	5,80	101	-69	50	119	<0,00	11,29	0,15	<	0,57	0,67	<	<
08-0052	ICC-10	10,0	18,5	34,0	29,2	6,00	105	50	119	69	<0,00	12,93	0,09	<	0,57	0,38	<	<
08-0053	ICC-15	15,0	18,5	35,0	29,0	5,75	101	12 5	-168	-43	<0,00	13,49	0,12	1,49	0,49	<	0,02	0,08
08-0079	ICW-0	0,2	12,0	27,5	28,5	4,30	72	81	591	510	<0,00	11,53	0,09	1,47	0,49	<	0,02	0,10
08-0080	ICW-5	5,0	12,0	27,0	28,6	4,60	76	16 4	94	259	<0,00	12,38	0,06	<	0,57	0,33	<	<
08-0081	ICW-10	10,0	12,0	26,5	29,2	4,70	79	10 7	377	484	0,02	11,66	< 0,02	0,70	<	0,33	0,02	<
08-0082	ICW-15	40,0	12,0	26,0	29,2	4,95	83	10 7	-157	-264	0,04	12,46	0,04	<	0,57	0,33	<	0,02



(a)



(b)

Figura 41. a) Perfiles verticales de salinidad (ups) y temperatura (°C), en la Bahía de Chatham. Abril de 2008. b). Perfil de productividad primaria en la Bahía de Chatham, en abril de 2008.

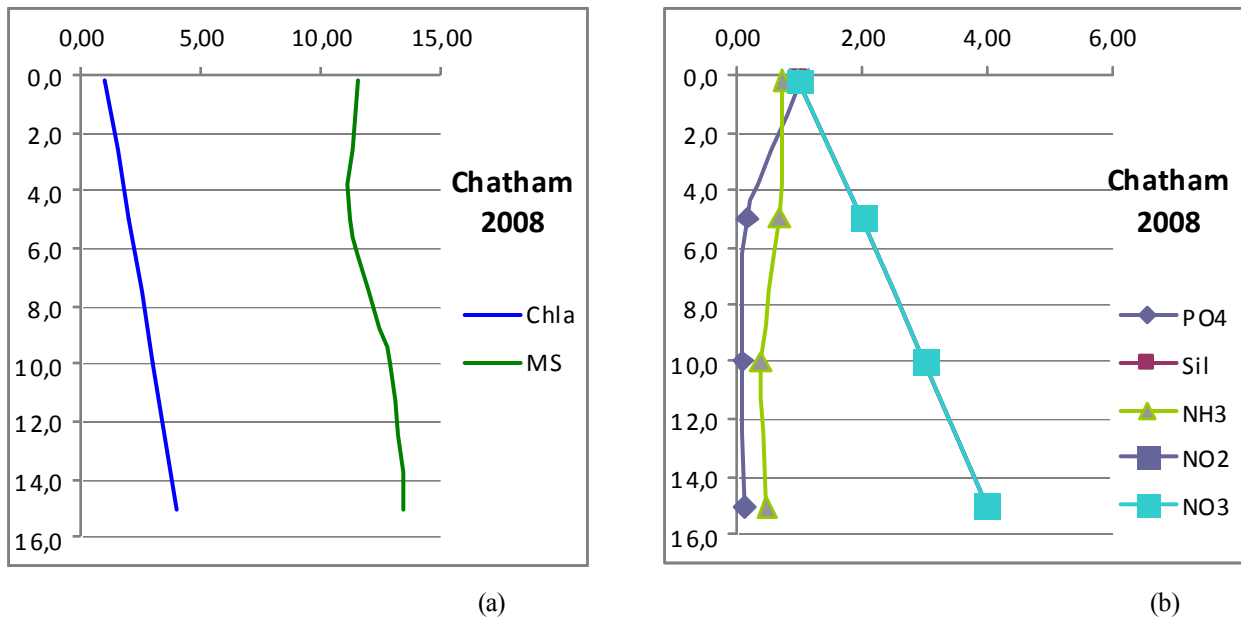


Figura 42. a) Perfiles verticales de la concentración de clorofila-*a* y materiales en suspensión en la Bahía de Chatham Bay. Abril 2008. b) Perfiles verticales de nutrientes en la Bahía de Chatham, en abril de 2008.

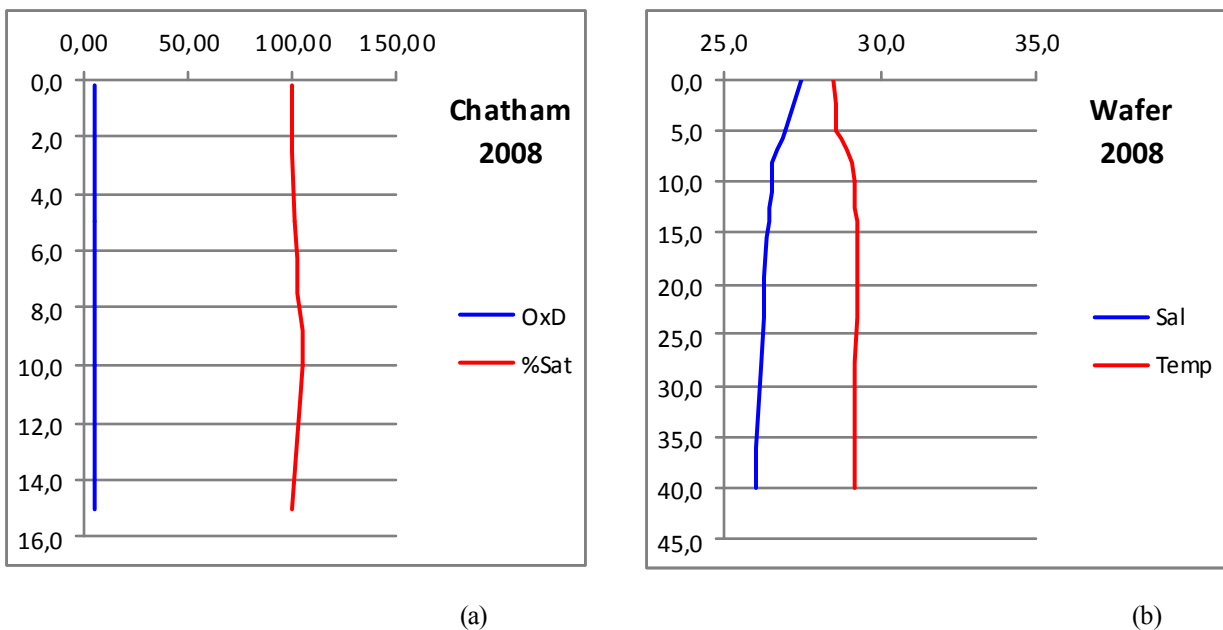


Figure 43. a) Perfiles verticales de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) y su correspondiente porcentaje de saturación en la Bahía de Chatham. Abril de 2008. b) Perfiles verticales de salinidad (ups) y temperatura (°C), en la Bahía de Wafer. Abril de 2008.

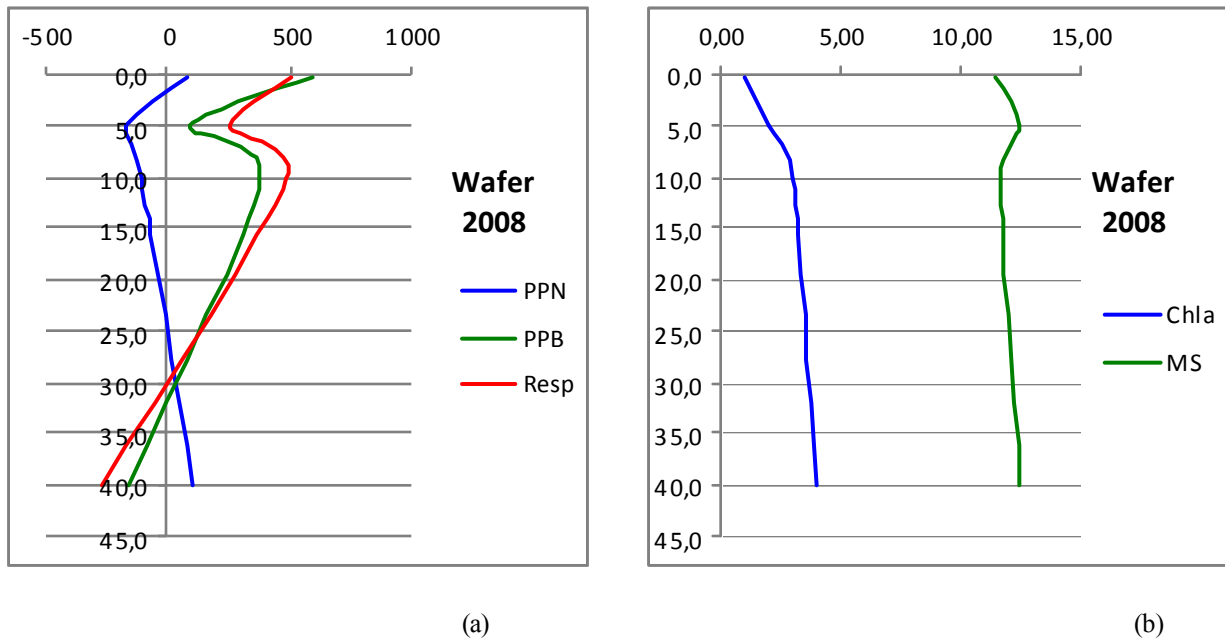


Figure 44. a) Perfil de productividad primaria en la Bahía de Wafer, en abril de 2008. b) Perfiles verticales de la concentración de clorofila-*a* y materiales en suspensión en la Bahía de Wafer. Abril de 2008.

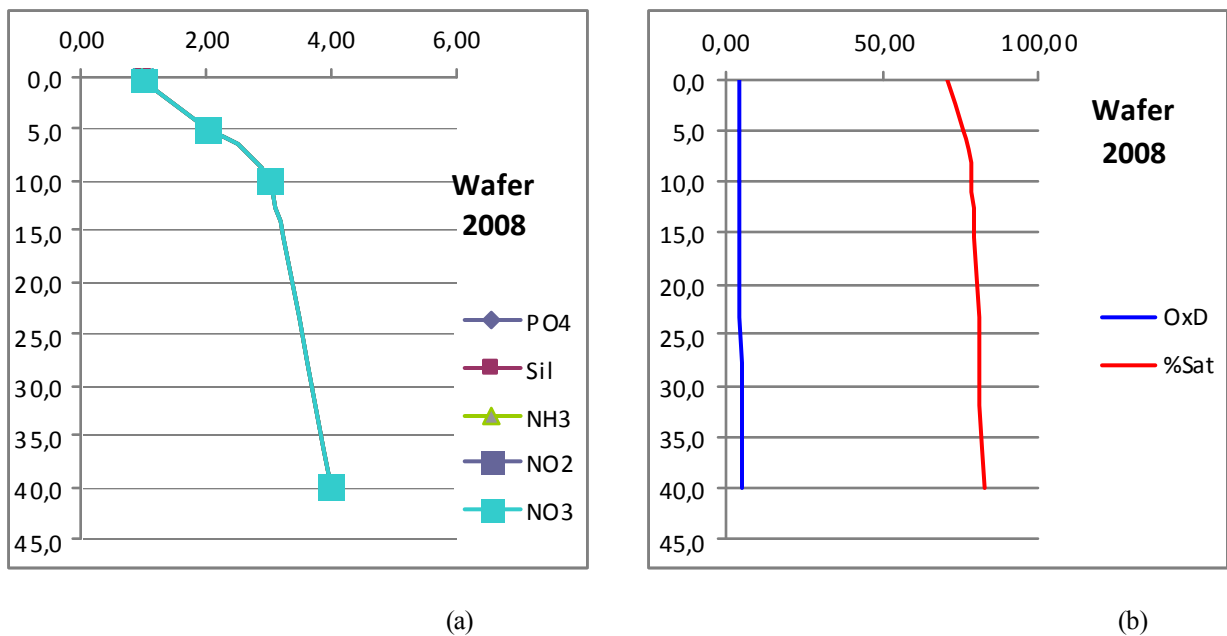


Figura 45. a) Perfiles verticales de nutrientes en la Bahía de Wafer. Abril de 2008. b) Perfiles verticales de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) y su correspondiente porcentaje de saturación en la Bahía de Wafer. Abril de 2008.

En la cuantificación de los desechos sólidos recolectados en la playa, destaca una mayor cantidad de plásticos. Los pocos trozos de madera registrados, sin embargo, proporcionan una mayor masa. En la Figura 46, el valor correspondiente a madera es 2,850 g, pero se dividió por 10 para poder observar la proporción de los otros desechos. En las Figuras 46 y 47 siguientes se muestra un ejemplo de la cuantificación por masa (en gramos) y número de objetos, respectivamente.

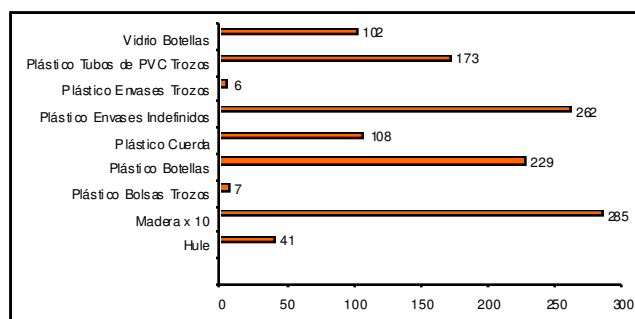


Figura 46. Cuantificación de los desechos sólidos por masa (en gramos) recolectados en la playa de Bahía Wafer. Nótese que la madera se dividió por 10.

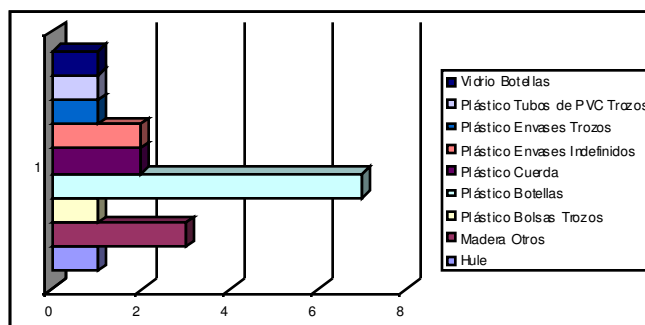


Figura 47. Cuantificación de los desechos sólidos por número de objetos recolectados en la playa de Bahía Wafer.

5. PARTICIPACIÓN DE ESTUDIANTES

- Juan José Alvarado Barrientos, Candidato para el doctorado en Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México. Investigación sobre el impacto del erizo de mar, *Diadema mexicanum*, en los arrecifes del Pacífico Tropical Oriental, incluyendo la Isla del Coco.
- Jeffrey Alejandro Sibaja Cordero, Candidato para el doctorado en Biología Marina, Universidad de Vigo, España. Su investigación se enfoca en la diversidad y estructura de las comunidades bénticas de fondos arenosos.
- Victoria Bogantes, Candidata a B.Sc. en Biología, Universidad de Costa Rica. Colabora en la separación de muestras y análisis de organismos de los sedimentos de la Isla del Coco.
- Cindy Fernández, Candidata para el doctorado en Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México. Realiza investigaciones sobre algas bénticas de Centro América, incluyendo la Isla del Coco.
- Jean-Baptiste Livenais, M.Sc. GIACT, Universidad de Costa Rica. Colaboró con el análisis de nutrientes, clorofila y sedimentos en suspensión.
- Alberto Solano Barquero, Candidato a la Licenciatura en Biología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. Investiga los organismos asociados a rodolitos de la Isla del Coco y de un sitio en la costa Pacífica de Costa Rica.
- Nicolás Duprey, Candidato a M.Sc. en Biología Marina, Universidad de La Rochelle, Francia. Está analizando los núcleos de coral de la Isla del Coco para determinar el crecimiento en el pasado y el efecto de características ambientales.
- Celeste Sánchez, Candidata a M.Sc. en Biología Marina, Universidad de Costa Rica. Estudia el crecimiento de corales de la Isla del Coco y su relación con parámetros ambientales.
- Pablo E. Gutiérrez, B.Sc. en Biología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica ha estado trabajando en el cultivo de las larvas de insectos de agua dulce de la Isla del Coco.
- Tito José Maldonado, Candidato a Maestría en Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Costa Rica. Ha colaborado en la construcción de la base de datos climáticos y en la comparación de los datos de las estaciones automáticas con las salidas del modelo MM5.
- B.Sc. Ana Durán, B.Sc. Marcela Ulate y Blanca Calderón, estudiantes de Meteorología, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. Han estado colaborando con las corridas del modelo climático MM5.

6. CAPACITACIONES

Durante las tres expediciones a la Isla del Coco, los coordinadores de cada componente dedicaron una mañana para presentar su componente y resultados preliminares al personal del Parque y voluntarios (Fig. 48). Además, se discutieron posibilidades de monitoreo a largo plazo y se dieron entrenamientos y demostraciones en la cualificación e identificación de la basura de la playa, como también del fito y zooplancton (Fig. 49). En dos oportunidades se llevó personal del Parque a los sitios de monitoreo de arrecifes para mostrarles lo que se hacía.



Figura 48. Presentación al personal y voluntarios del Parque Isla del Coco del componente de química por parte del M.Sc. Jenaro Acuña González .



Figura 49. Capacitación del personal y voluntarios del Parque Isla del Coco, por parte del Dr. Álvaro Morales Ramírez en la identificación del fito y zooplancton.

7. PRESENTACIONES DEL PROYECTO Y SUS RESULTADOS

Durante todas las expediciones se hicieron presentaciones en las noches de cada componente de investigación incluyendo los resultados más recientes, para la discusión con el resto del equipo de investigación (Fig. 50). Finalmente, una de las noches se le hacía una presentación a los tripulantes de los barcos que usamos (Fig. 51).

Otras presentaciones como individuos o como grupo se han hecho en la Universidad de Costa Rica (Fig. 52), en otras instituciones nacionales, y en simposios nacionales e internacionales.



Figura 50. Presentaciones por parte de los investigadores al equipo de la expedición sobre su componente. A la izquierda, la M.Sc. Maribelle Vargas Montero exponiendo sobre fitoplancton y a la derecha el Dr. Omar Lizano Rodríguez sobre oceanografía física.

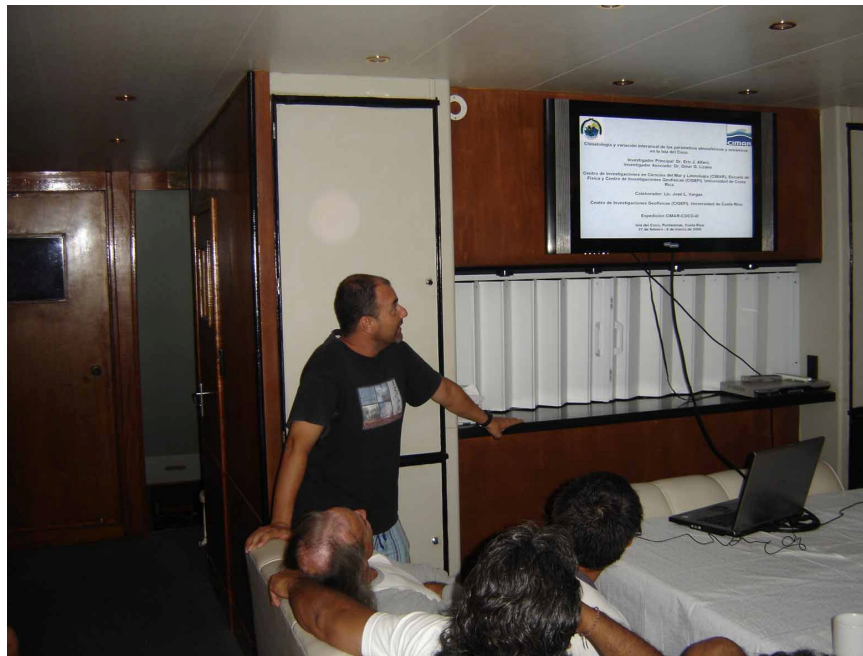


Figura 51. Presentación de su componente sobre la atmósfera por parte del Dr. Eric Alfaro Martínez a la tripulación del barco.



Figura 52. Presentaciones del proyecto y sus resultados en la Universidad de Costa Rica.

8. PUBLICACIONES

Acuña-González, J., J. García-Céspedes, E. Gómez-Ramírez, J.A. Vargas-Zamora & J. Cortés. 2008. Parámetros físico-químicos en aguas costeras de la Isla del Coco, Costa Rica (2001-2007). *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 49-56.

Alfaro, E. 2008. Ciclo diario y anual de variables troposféricas y oceánicas en la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 19-29.

- Alfaro, E. & J. Soley, 2009: Descripción de dos métodos de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. *Rev. Mate.: Teor. Aplic.* 16: 59-74.
- Alvarado, J.J. & A. Chiriboga. 2008. Distribución y abundancia de equinodermos de las aguas someras en la Isla del Coco, Pacífico Oriental, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 99-111.
- Amador, J. & E. Alfaro. 2009. Métodos de reducción de escala: Aplicaciones al clima, variabilidad y cambio climático. *REVIBEC* 11: 39-52.
- Breedy, O. & J. Cortés. 2008. Octocorals (Coelenterata: Anthozoa: Octocorallia) of Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Suppl. 2): 71-77.
- Cortés, J. 2008. Historia de la investigación marina de la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 1-18.
- Cortés, J. & S. Blum. 2008. Life to 450 m depth at Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 189-206.
- Fernández, C. 2008. Flora marina del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 57-69.
- Fernández, C. & J.J. Alvarado. 2008. Chlorophyta de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 4): 149-162.
- Lizano, O.G. 2008. Algunas características dinámicas de las aguas alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 31-48.
- Lizano, O.G., L.G. Loría, E.J. Alfaro & M. Badilla. 2008. Distribución espacial de radionucleídos en sedimentos marinos de Bahía Culebra y el Golfo de Nicoya, Pacífico, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 4): 83-90.
- Morales-Ramírez, A. 2008. Caracterización cualitativa del zooplancton del Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC), Océano Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 159-169.
- Sibaja-Cordero, J.A. 2008. Tendencias espacio-temporales de los avistamientos de fauna marina en los buceos turísticos (Isla del Coco, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 113-132.
- Sibaja-Cordero, J.A. 2008. Vertical zonation in the rocky intertidal at Cocos Island (Isla del Coco), Costa Rica: A comparison with other tropical locations. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 171-187.
- Sibaja-Cordero, J.A. 2009. Zonación vertical de organismos en los acantilados de la Isla del Coco, Costa Rica. Pp: 161-163. *In: J.S. Troncoso, I. Alejo & J. López (Eds.). Resúmenes II Simposio Internacional de Ciencias del Mar, 2009 (ISMS09), Vigo, España.*
- Suárez-Morales & A. Morales-Ramírez. 2009. New species of Montrilloidea (Crustacea: Copepoda) from the Eastern Tropical Pacific. *J. Nat. His.* 43: 1257-1271.
- Vargas-Castillo, R. & I.S. Wehrmann. 2008. Stomatopods and decapods from Isla del Coco, Pacific Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 79-97.

PUBLICACIONES EN PREPARACIÓN:

- Alfaro, E. Algunos escenarios de Cambio Climático en la Isla del Coco, Costa Rica.
- Alvarado, J.J., J. Cortés & H. Reyes-Bonilla. Modeling the bioerosion impact of *Diadema mexicanum* on Cocos Island, Costa Rica, over 20 years of studies.

- Cortés, J. Marine biodiversity of an Eastern Tropical Pacific oceanic island, Isla del Coco, Costa Rica
- Cortés, J. Literatura científica sobre biodiversidad marina de la Isla del Coco, Costa Rica.
- Cortés, J. Cocos Island marine ecosystems. *In*: M. Kappelle and L.D. Gómez P. (eds.). Costa Rican Ecosystems. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Dean, H.K., J.A. Sibaja-Cordero & J. Cortés. The occurrence of the phoronid *Phoronopsis albomaculata* in Cocos Island, Costa Rica.
- Dean, H.K., J.A. Sibaja-Cordero & J. Cortés. Polychaetes (Annelida: Polychaeta) of Isla del Coco, Pacific Costa Rica
- Gutiérrez, P. & M. Springer. Lista preliminar de los macroinvertebrados de agua dulce de la Isla del Coco, Costa Rica.
- Jiménez, C. & J. Cortés. Coral cover change at selected reefs of Cocos Island (Costa Rica), 1993 vs 2007.
- Jiménez, C., R. Rixen & J. Cortés. Environment isotopic signature in corals from Cocos Island (Costa Rica).
- Lizano, O.G. Algunas características dinámicas de la columna de agua alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica.
- Maldonado, T. & E. Alfaro. Algunas comparaciones de las salidas del modelo MM5 sobre la isla del Coco, Costa Rica. Con datos obtenidos in situ de estaciones automáticas.
- Morales-Ramírez, A. Composition, abundance, biomass and distribution of zooplankton associated to waters of Isla del Coco, Pacific Costa Rica.
- Morales-Ramírez, A. Some ecological notes of the demersal zooplankton from Isla del Coco, Pacific of Costa Rica.
- Morales-Ramírez, A. Diversity of copepods at Isla del Coco, a World Heritage Site on the Pacific Ocean of Costa Rica.
- Morales-Ramírez, A. & R. Gasca. Amphipods of Isla del Coco waters: diversity and ecological notes.
- Quirós-Badilla, E. & E. Alfaro. 2009. Algunos aspectos relacionados con la Variabilidad Climática en la Isla del Coco, Costa Rica. Enviado a Revista de Climatología.
- Sibaja-Cordero, J.A. & J. Cortés. Comparación temporal de la composición de organismos en el intermareal rocoso de la Isla del Coco. Costa Rica.
- Sibaja-Cordero, J.A. & J. Cortés. Presencia de turbelarios, nematodos y nemertinos en la Isla del Coco. Costa Rica.
- Sibaja-Cordero, J.A., J. Cortés & H.K. Dean. Polychaetes worms diversity in the sand bottom of Cocos Island, Pacific of Costa Rica.
- Sibaja-Cordero, J.A., V. Bogantes, R. Vargas & J. Cortés. Riqueza de poliquetos del fondo rocoso de la Isla del Coco, Pacific of Costa Rica.
- Sibaja-Cordero, J.A., J. Cortés, H.K. Dean & R. Vargas. Sipuncúlidos y equiúridos de la Isla del Coco. Costa Rica.
- Solano, A., J.A. Sibaja-Cordero & J. Cortés. Organismos asociados a rodolitos de la Isla del Coco, Costa Rica.
- Vargas-Castillo, R. Nuevos informes de crustáceos decápodos para la Isla del Coco, Costa Rica e implicaciones zoogeográficas.

Vargas-Castillo, R. & R. Heard. Crustáceos peracáridos (isópodos, tanaidáceos y misidáceos) de la Isla del Coco, Costa Rica.

Vargas-Montero, M. Diversidad y abundancia de dinoflagelados marinos sobre parches coralinos en la Isla del Coco, Pacífico de Costa Rica.

Vargas-Montero, M. Presencia de dinoflagelados tóxicos en la Isla de Coco, Costa Rica.

Vargas-Montero, M. Dinoflagelados de aguas profundas en la Isla del Coco, Costa Rica.

9. EXTENSIÓN Y DIVULGACIÓN

Información sobre el proyecto y sus resultados iniciales han sido pasados al público en general por varios medios. Varios artículos se han publicado en periódicos nacionales, que van desde el Semario Universidad hasta La República y La Nación. Se han dado varias entrevistas en radio y televisión.

Durante la EXPO-2009 (el principal evento de extensión social de la Universidad de Costa Rica) en abril pasado, tuvimos información del proyecto en el puesto del CIMAR. En noviembre tendremos un simposio en celebración del 30 Aniversario del CIMAR y allí se presentará resultados del proyecto financiado por el Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM).

Estos son algunos ejemplos de divulgación:

- La Isla del Coco...un bello y enorme laboratorio. Revista Crisol, Universidad de Costa Rica, No. 21, 2009, p. 7-10. También en Suplemento Crisol, No. 219, Semanario Universidad, del 19 al 25 de noviembre del 2008, Edición 1785, p. 2-3. Periodista: Roxana Grillo Rosanía. (<http://odi.ucr.ac.cr/crisol.php>)
- Expedición a la Isla del Coco: Científicos de la UCR, testigos de la vida. Revista Crisol, Universidad de Costa Rica, No. 19, 2008, p. 39-41. También en Suplemento Crisol, No. 208, Semanario Universidad del 15 al 21 de noviembre del 2007, Edición 561, Año XL, p. 2-3. Periodista Rocío Marín González. (http://www.odi.ucr.ac.cr/docs/crisol/revista_crisol_19.pdf, http://www.semanario.ucr.ac.cr/archivo_digital/nuevas_ediciones/ediciones2007/M11Noviembre_2007/1738_NOV15/index.htm)

Entrevistas:

- En la Academia, programa de la Vicerrectoría de Investigación en la Radio Universidad de Costa Rica, dirigido por Roberto Salom. Sobre la Isla del Coco. Grabado 14.V.2008, transmitido sábado 7.VI.2008, 19:00.
- Universidad y Sociedad, programa de CONARE en la Radio Universidad de Costa Rica, dirigido por Elberth Durán. Sobre el proyecto de investigación del CIMAR en la Isla del Coco. Grabado 21.VII.2008, transmitido martes 22.VII.2008, 17:00.

10. RECOMENDACIONES PARA EL ÁREA DE CONSERVACIÓN MARINA ISLA DEL COCO

INVESTIGACIÓN

- Mantener un programa de investigación integral, que reciba el aporte de las diferentes ciencias básicas: la biología, la física, la geología y la química, enmarcadas dentro de la especialidad de la Oceanografía.
- Investigar rasgos de mesoescala (variaciones de temperatura, salinidad, oxígeno, nutrimentos y corrientes alrededor de la Isla del Coco y asociarlos con presencia o ausencia de organismos marinos: peces, plancton, crustáceos, y otros).
- Determinar las relaciones biogeográfica de los principales grupos de organismos marinos de la Isla del Coco.
- Estudiar la conectividad entre poblaciones de la Isla del Coco y el continente americano, las otras islas oceánicas del Pacífico Tropical Oriental y con el Pacífico Oeste.
- Realizar estudios comparativos de los procesos que afectan el estado de los arrecifes coralinos en los ambientes insulares del Coco, Malpelo y Galápagos.
- Continuar con la exploración de nuevos sitios y profundidades en la Isla del Coco para completar el censo de biodiversidad, dando énfasis a grupos poco estudiados.
- Determinar cuáles Modelos de Circulación General (MCG) del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change-AR4) reproducen la variabilidad y la climatología de la región centroamericana y del Pacífico Tropical Este, con especial énfasis en la Isla del Coco y el Corredor de Conservación Marina.
- Determinar el ámbito proyectado de la variabilidad y el cambio climático para el subconjunto de modelos generales de circulación escogidos en el punto anterior.
- Estudiar la biodiversidad de la fauna de los sedimentos submareales alrededor de la isla incluyendo mayores profundidades que muy probablemente van a generar más registros nuevos y posiblemente especies nuevas.

MONITOREO

- Mantener un programa de monitoreo de los parámetros físico-químicos que caracterizan a las aguas alrededor de la Isla del Coco. Este programa consolidará una base de datos que es fundamental para describir las particularidades del sistema marino de la Isla, enfocado en sus propiedades químicas.
- Monitorear temperaturas de agua y aire, radiación solar, precipitación, oleajes y mareas para identificar cambios climáticos en la Isla del Coco.
- Analizar periódicamente los ecosistemas estudiados en este proyecto, el cual ha generado una línea base de información, para determinar cambios a corto, mediano y largo plazo.
- Incluir en los monitoreos análisis de la calidad del agua de mar considerando aspectos como nutrimentos, salinidad, productividad primaria, y comunidades planctónicas. Lo anterior se puede utilizar como base de comparación con las zonas costeras en proceso de eutroficación.
- Monitorear los contaminantes, representados por tres grandes familias: metales traza, plaguicidas e hidrocarburos de petróleo, es otro reto que se debe enfrentar, a pesar de lo oneroso que resulta, pero que es fundamental para tener un conocimiento de la salud del ecosistema actual y sus proyecciones al futuro.

- Continuar con la recolección, clasificación y cuantificación de basura marina, afianzar su compromiso y buscar la manera de llevar a cabo la cuantificación de los desechos.
- Mantener el registro de datos geofísicos *in situ* en la Isla del Coco principalmente por dos razones. La primera es que ellos permiten validar los datos obtenidos por medio de otras metodologías, e.g. sensores remotos, y la segunda es que estos son útiles a la hora de realizar análisis de ajuste de escala para estudios de impactos locales, principalmente para trabajos relacionados con el cambio y la variabilidad climática (IPCC 2007), debido a que los datos obtenidos con otras técnicas metodológicas son por lo general de una escala espacial y temporal mayor a la que se puede registrar por medio de una estación meteorológica emplazada en el lugar.
- Mantener una estación meteorológica en la Isla del Coco, con registros ininterrumpidos, como lo planteó Henri Pittier a finales del siglo XIX: “*Importante para la climatología del Océano Pacífico y de mucho interés práctico para Costa Rica sería la organización de un pequeño Observatorio en la isla.*” Por lo tanto, se deben realizar esfuerzos para realizar observaciones sistemáticas *in situ* de diferentes variables geofísicas en la Isla del Coco, que permitan la obtención de series de tiempo y ayuden al estudio del sistema climático.

MANEJO

- No permitir bajo ninguna circunstancia la pesca dentro del área protegida.
- Mantener los niveles y sitios de visitación existentes.
- Permitir la extracción de organismos con submarinos y/o vehículos de observación remota (ROVs) solamente para fines científicos con el permiso correspondiente.
- Establecer una metodología de trabajo que involucre a los Guardaparques y a los voluntarios, en aspectos manejo integral de la zona costera.
- Incorporar el tema de la variabilidad y del cambio climático en los futuros planes de manejo y conservación, en especial lo relacionado con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur y lo referente al tema del estudio de eventos climáticos extremos (diagnóstico y predicción).

11. PRESUPUESTO

Fondos externos provenientes del Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial (FFEM) y son administrados por FUNDEVI.