

Coral Reefs in Honduras: Status after Hurricane Mitch

Introduction:

Reef corals from around the world were severely affected from bleaching by the large El Niño event in 1997-1998. Mass bleaching events occur when prolonged high sea-surface temperatures stress corals, causing the expulsion of symbiotic zooxanthellae (plant-like organisms living within the coral tissue). Extended periods of bleaching may lead to an increase in coral mortality. It is estimated that ~16% of the world's corals were destroyed from this single bleaching event in 1998 (Wilkinson, 2000). Unfortunately, coral reef environments along the north coast of Honduras were about to face additional problems. On October 25, 1998, Hurricane Mitch (Figure 1) had formed into the fourth strongest Atlantic hurricane on record; a category 5 hurricane with 180+ mph wind speed and estimated wave heights of 50 feet. Mitch turned out to be the deadliest hurricane since the great hurricane of 1780 (<http://www.ncdc.noaa.gov>).

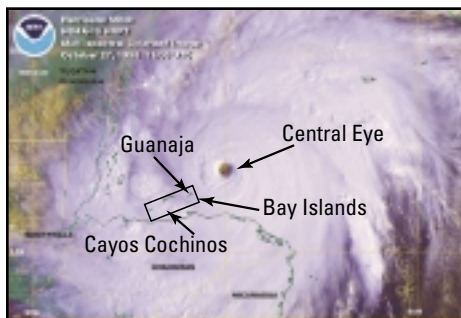


Figure 1. Satellite image of Hurricane Mitch on October 27, 1998 showing a very well developed central eye. Mitch was positioned just to the northeast of Guanaja, Honduras. Image provided by NOAA.



Figure 2. Index map (top) showing location of Cayos Cochinos and Roatán, Honduras and path of Hurricane Mitch. Aerial photograph of Cayos Cochinos (bottom) showing location of monitoring stations (red dots) and distribution of fringing coral reefs.

Mitch lost energy and became a category 4 hurricane on October 27 as it began to interact with the mountainous terrain on the Honduras mainland. Mitch passed over Roatán, Guanaja, and Cayos

Cochinos on October 27 & 28 (Figure 2) with 130-mph winds and caused severe damage to buildings and onshore habitats. Mitch dropped over 6 ft of rain on the mainland causing severe flooding,

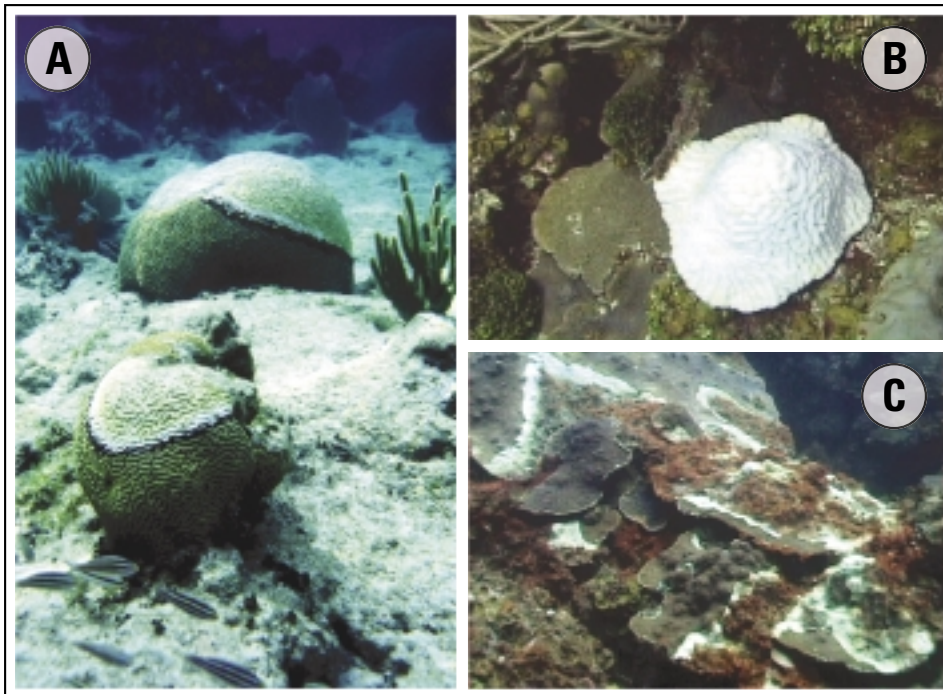


Figure 3. Photographs depicting various diseases observed throughout the Cayos region. (A) Black band disease on a brain coral (*Diploria* sp.). This disease typically begins at one location and spreads out very quickly killing the coral as it grows and leaving only bare skeleton in its path. (B) Bleached *Meandrina* sp. coral. (C) *Montastrea* sp. that has been partially killed by white plague or white band disease and the remaining skeleton colonized by red algae.

landslides, and mudflows. In its wake, Mitch left about 11,000 people dead and 2 million people homeless throughout the countries of Honduras, Nicaragua, El Salvador, and Guatemala. In response to this devastation, funding for the project was provided through the U.S. Agency for International Development (USAID), from a supplemental Congressional budget allocation to provide assistance to Mitch-affected countries. USAID also earmarked funds for use by the U.S. Geological Survey (USGS) to establish a network of early detection systems (stream gauges, maps of landslide-prone areas, etc), collection of water-quality information, and assessment of post-Mitch damage to coastal resources such as coral reefs, seagrass beds, and mangrove forests. This study focuses on the impact of Mitch on

the coral reef systems of Cayos Cochinos and Roatán, Honduras.

Study Location:

Four site visits were made between October 1999 and April 2001 to investigate and monitor the coral reefs around Cayos Cochinos and Roatán, Honduras (Figure 2). Cayos Cochinos Biological Reserve served as the primary study site with secondary efforts in the Roatán Marine Reserve. Cayos Cochinos is located on the continental shelf approximately 12 miles off the northern coast of Honduras and 18 mi south of Roatán in the Caribbean Sea. A deep trough (1400 ft) separates Cayos and Roatán.

Fringing coral reefs line the coasts of all the Bay Islands, providing protection from storms. This protection allows a tourism-based

economy, supplemented by sustenance fishing for the indigenous people. Though the reefs of Roatán and Cayos Cochinos share many similarities, there are important differences. Historically, Roatán has been bathed in clear water (100+ ft visibility), which is a result of relatively strong oceanic currents that sweep past the island. However, during the past decade poor land-use practices and development have resulted in increased runoff and sediment deposition on the reefs (Mehrtens, C.J. and others, in press). Cayos Cochinos, on the other hand, is located on the shallow continental shelf and is persistently influenced by runoff from mainland rivers that result in salinity, temperature, turbidity and water-quality fluctuations. Land clearing and deforestation on the Honduras mainland has probably accelerated sediment loading, nutrient content, and frequency of flood events that eventually impact the marine environments around Cayos Cochinos, and to a minor extent, other Bay Islands.

Purpose of Study:

Investigation of coral reef damage from Mitch involved: 1) assessing the amount of coral breakage and displacement that occurred as high waves and strong currents impacted the reef and 2) identifying the effects of increased coastal sedimentation and nutrient-enrichment, which resulted from flooding after Mitch moved onshore. Monitoring and evaluating the damage to the reefs from Hurricane Mitch involved installing instruments around Cayos Cochinos (Figure 2) and Roatán,

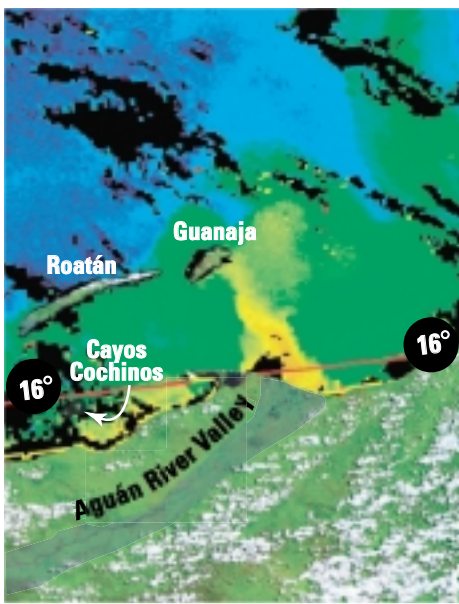


Figure 4. Color-enhanced satellite image (SeaWiFS) from November 1, 1998, showing the extent of the freshwater plume (yellow) that was induced by intense rainfall from Hurricane Mitch. SeaWiFS image provided by University of South Florida, St. Petersburg, Florida.

as well as photo documentation of coral disease, algae abundance, physical damage to corals, and overall reef health. Very little coral reef data exist for Cayos (e.g., Guzmán, 1998), so the data presented here are considered to be the first to be collected throughout the region.

Two instruments recording water salinity, temperature, and light intensity were installed on a shallow (-17 ft) reef at Cayos and Roatán. In addition, three sites throughout Cayos (Lions Head, Pelican Point and a shallow reef near the field station; red dots on Figure 2) were selected to house instruments measuring temperature only. These temperature loggers were placed on the reef in 17 ft and 66 ft water depths to measure upwelling events that might occur as a result of meteorologic or oceanographic changes and to measure extreme sea-surface temperatures on a shallow reef (-3 ft).

Status of Coral Reefs:

Physical damage to coral reefs from Hurricane Mitch may have been kept to a minimum because the reefs in this area are composed of robust head coral species such as brain coral (*Diploria* sp.) and star coral (*Montastrea* sp.). Sedimentation and freshwater runoff from the mainland most likely caused more damage to corals than did waves and currents. Divers observed widespread coral disease such as black band, white pox, and bleaching and an abundance of algae during the initial visit to Cayos in October 1999, one year after Mitch (Figure 3). The occurrence of these diseases and algae are thought to be a result of stress induced from a combination of pre-hurricane high sea-surface water temperatures, and post-hurricane high sedimentation and nutrient influx from the mainland. SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of view Sensor) satellite imagery (Figure 4) taken November 1, 1998, shows a large plume of sediment-laden, high-nutrient river water flowing from the engorged Aguán River Valley directly to Guanaja. Portions of this large plume eventually inundated the Cayos Cochinos region. Coral reef communities typically thrive in clear, low-nutrient oceanic water and therefore are affected when subjected to water that has lower-than-normal salinity, increased sedimentation, and additional nutrients. Cayos Cochinos is regularly influenced by all of these factors, especially during the rainy season (August – February).

It is probable that Hurricane Mitch prevented further bleaching damage to the corals throughout the Bay Islands (Roatán, Guanaja,

Utila, and Cayos Cochinos) during the fall of 1998. Upwelling of deep oceanic water lowered the surface temperatures by 4°F as Hurricane Mitch passed over the Bay Islands (Jennifer Keck, pers. comm.). The drop in surface temperature most likely had a positive effect by reducing the severity of coral bleaching, thereby preventing further coral mortality. In addition, during the past two years (1999-2000), summertime sea-surface temperatures throughout the

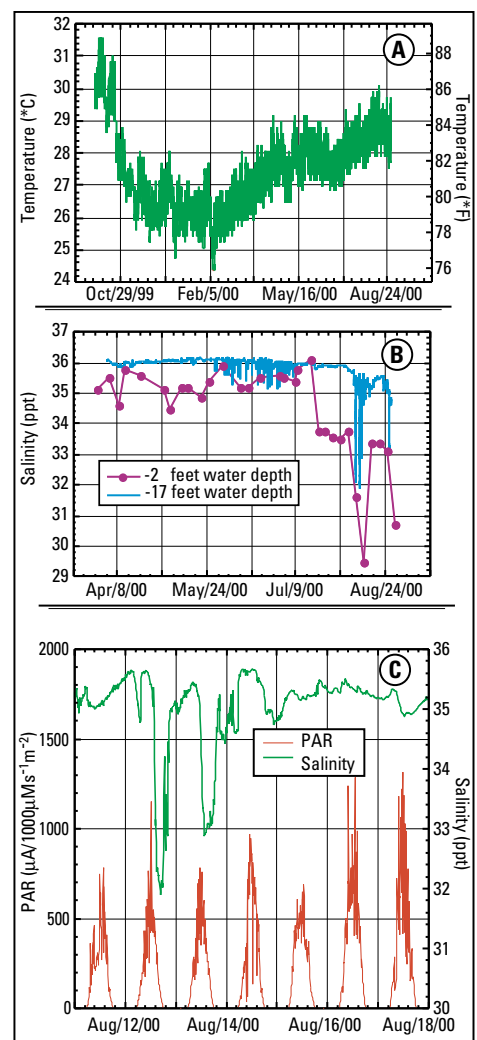


Figure 5. Examples of data collected at Cayos Cochinos. (A) 11-month record of sea-surface temperatures taken in a water depth of 5 ft. (B) Surface salinity recorded approximately once a week at the biological field station dock (-2 ft) on Cayos Pequeño and from the reef (-17 ft) at Pelican Point, which was collected at 15-minute intervals during the summer of 2000. (C) Light (PAR) record for a seven-day period showing decreasing light intensities with pulses of 'fresher' water.

Caribbean have receded below coral bleaching threshold temperatures (~86°F) (Hoegh-Guldberg, 1999). Temperature data at Cayos confirms a trend of lowered sea-

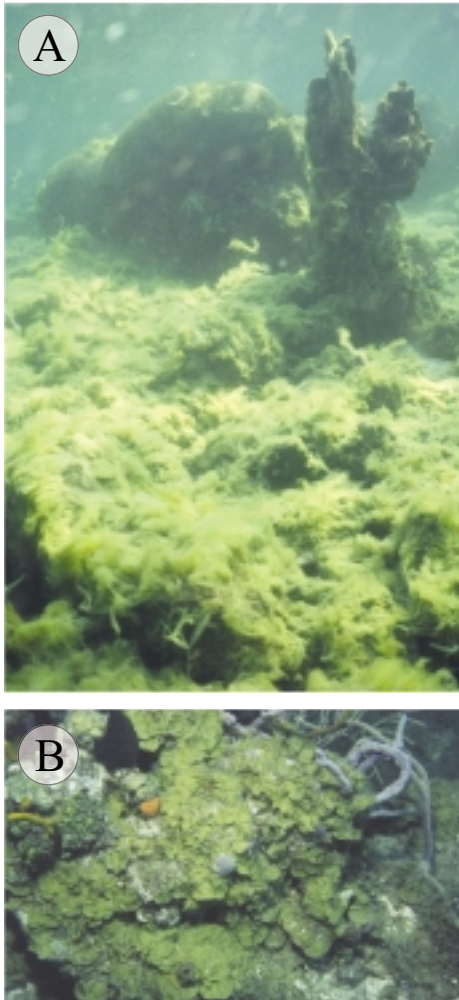


Figure 6. Photo depicting (A) a severe infestation of filamentous algae (species?) along the western side of Cayos Pequeño (photo taken October 1999). Infestation had disappeared by April 2000. (B) Fleshy algae (*Lobophora* sp.) are consistently present on all portions of the reef.

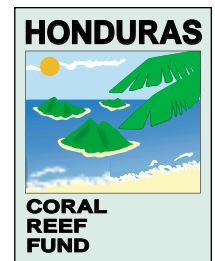
surface temperatures (Figure 5A). In October 1999 there was a brief period of high temperature (88°F) that did not cause severe widespread bleaching. A recovery period was continuing in 2000 as the high appeared to stay below 86°F.

Coral reefs at Cayos Cochinos displayed fewer diseased corals in October 2000 than the previous year. This is an encouraging sign that the corals are recovering from the stresses induced by Hurricane Mitch. However, widespread turf and fleshy algae are still present throughout the Bay Island archipelago (Figure 6). Observations by previous researchers (Guzmán, 1998) suggest that coral diseases and algae were present before Mitch. Coral diseases, however, were not well documented prior to Mitch. On the other hand, algal persistence around Cayos has been well documented and may have resulted from repeated nutrification of surface waters, whether from land clearing, agricultural runoff on the mainland, or from local human sources (Guzmán, 1998). River discharge can be monitored by looking for low-salinity spikes (~29 parts per thousand, ppt; Figure 5B) or decreased light levels (Figure 5C). Continued monitoring of these parameters

is essential to understanding the long-term impacts that sedimentation, nutrification and low-salinity events may have on coral reef health within the Cayos Cochinos Biological Reserve. Human impacts, such as over-fishing, poor sewage-disposal practices, and coral mining, though not investigated in this study, may also lead to the deterioration of coral reef environments.

Acknowledgments:

Much of this work could not have been accomplished without the assistance of several people: Carlos Garcia-Saez, Adoni Cubas and others at the Honduras Coral Reef Fund; Eliás Aguilar and others at the Cayos Cochinos Biological Field Station; Jennifer Keck at the Roatán Institute of Marine Science; and Frank Mueller-Karger and Serge Andrefouet at the University of South Florida in St. Petersburg, Florida.



References:

- Guzmán, H.M., 1998, Marine-terrestrial flora and fauna of Cayos Cochinos Archipelago, Honduras, *Rev. Biol. Trop.*, 46, Supl (4), 200p.
- Hoegh-Guldberg, O., 1999, Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, *Mar. Freshwater Res.*, 50, 839-866.
- Mehrtens, C.J., Young, R.S. and Rosenheim, B. (in press) Reef morphology and sediment attributes: Roatán, Bay Islands, Honduras. *Journal of Coastal Research*.
- Wilkinson, C., 2000, Status of coral reefs of the world: 2000, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), http://coral.aoml.noaa.gov/gcrmn/Status_2000.pdf.

For more information, contact:

Christopher Reich, Robert Halley or Don Hickey
 U.S. Geological Survey
 Center for Coastal Geology
 600 Fourth Street South
 St. Petersburg, Florida 33701
 727-803-8747
creich@usgs.gov
<http://mitchnts1.cr.usgs.gov/projects/coral.html>

Arrecifes coralinos en Honduras: Estado después del Huracán Mitch

Introducción:

Los arrecifes de coral alrededor del mundo fueron severamente afectados por blanqueamiento debido al gran fenómeno El Niño en 1997 y 1998. Los eventos de blanqueamiento masivo ocurren cuando altas temperaturas en la superficie del mar mantienen en estrés a los corales, provocando la expulsión de zooxantelado simbiótico (organismos tipo plantas que viven entre los tejidos del coral). Periodos extensos de blanqueamiento pueden provocar un aumento en la mortalidad de los organismos arrecifales. Se estima que aproximadamente un 16% de los corales del mundo fueron destruidos por este singular evento de blanqueamiento en el 1998 (Wilkinson, 2000).

Desafortunadamente, el medio ambiente del arrecife coralino a lo largo de la costa norte de Honduras está a punto de enfrentar problemas adicionales. El 25 de Octubre de 1998, el Huracán Mitch (Figura 1) se convirtió en el cuarto huracán atlántico más fuerte del que se tenga registro; un huracán cate-goría 5 con vientos de más de 180 mph y con olas estimadas en 50 pies de altura. Mitch

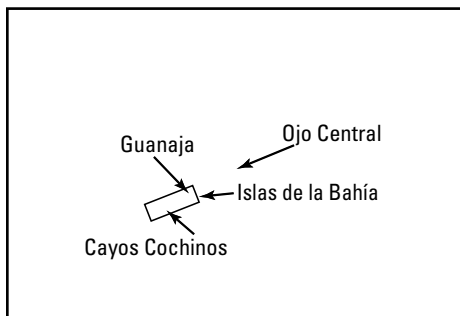


Figura 1: Imagen de satélite del Huracán Mitch tomada el 27 de Octubre de 1998, mostrando un ojo muy bien desarrollado. Mitch estaba ubicado justo al noreste de Guanaja, Honduras. Imagen provista por NOAA.

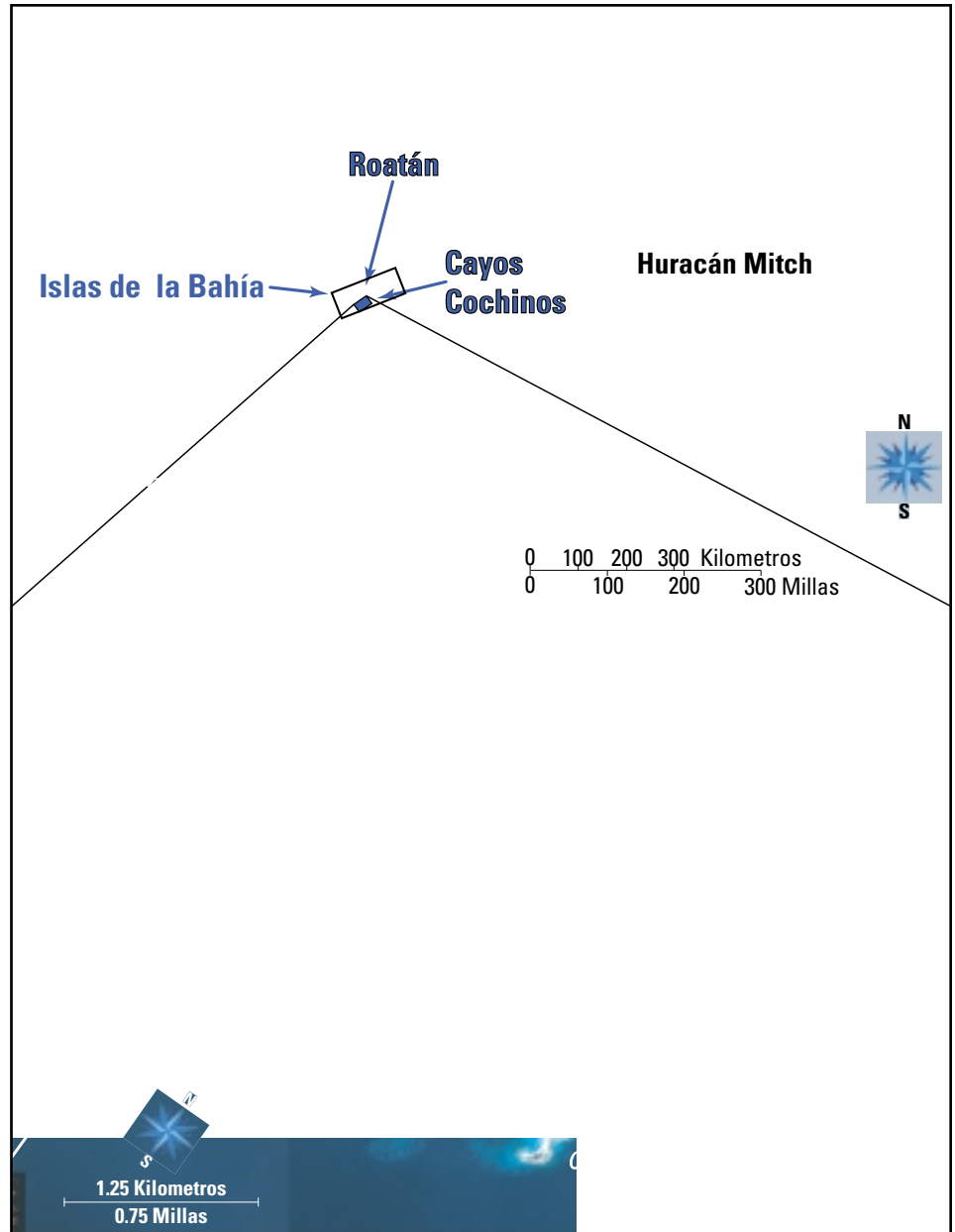


Figura 2: Mapa índice (arriba) mostrando la localización de Cayos Cochinos y Roatán, Honduras y la ruta tomada por el Huracán Mitch. Fotografía aérea de Cayos Cochinos (abajo) mostrando la localización de las estaciones de monitoreo (puntos rojos) y distribución del arrecife coralino.

pasó a ser el huracán más devastador desde el gran huracán del 1780 (<http://www.ncdc.noaa.gov>).

El 27 de Octubre Mitch perdió energía y se convirtió en un huracán categoría 4 al comenzar a interactuar con el terreno montañoso de

Honduras. Este pasó sobre Roatán, Guanaja y Cayos Cochinos en Octubre 27 y 28 (Figura 2) con vientos de 130 mph y ocasionó severos daños a las estructuras y hábitats costeros. Mitch dejó a su paso más de seis pies de lluvia, provocando inundaciones



Figura 3: Fotografías presentando varias de las enfermedades observadas en la región de Cayos. (A) Enfermedad de bandas negras en un coral cerebro (*Diploria* spp.) Esta enfermedad comienza típicamente en un lugar y se espere muy rápidamente matando el coral según este crece y va dejando atrás un esqueleto desnudo. (B) Blanqueamiento Coral *Meandrina* spp. (C) *Montastraea* spp. que ha sido parcialmente aniquilado por una plaga blanca o enfermedad de banda blanca y el esqueleto remanente ha sido colonizado por algas.

severas, deslizamientos de tierra y corrientes de lodo. Alrededor de 11,000 personas murieron y dos millones quedaron sin hogar en los países de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala. En respuesta a esta devastación, la Agencia Federal para el Desarrollo Internacional (USAID) suministró fondos para un proyecto, de un presupuesto Congressional suplementario, que provee asistencia a los países afectados por Mitch. La USAID también reservó fondos para el uso del Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS) con el propósito de establecer una red de sistemas para la detección temprana (termógrafos, indicadores de corrientes, mapas de áreas susceptibles a deslizamientos, etc), colección de información sobre la calidad del agua y la evaluación del daño a los recursos costeros, tales como los arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos y manglares, provocados por Mitch. Este estudio se enfoca en el impacto del Huracán Mitch en el sistema de

arrecifes coralinos de Cayos Cochinos y Roatán, Honduras.

Ubicación del estudio:

Se hicieron cuatro visitas al sitio de estudio entre Octubre de 1999 y Abril de 2001 para evaluar y monitorear los arrecifes coralinos alrededor de Cayos Cochinos y Roatán, Honduras (Figura 2). La Reserva Biológica de Cayos Cochinos sirvió como principal foco de estudio, con esfuerzos secundarios concentrados en la Reserva Marina de Roatán. Cayos Cochinos se localiza en la plataforma continental, aproximadamente a 12 millas de la costa norte de Honduras y a 18 millas al sur de Roatán en el Mar Caribe. Un bajo profundo (1,400 pies) separa a Cayos de Roatán.

A lo largo de toda la costa de las Islas de la Bahía hay una franja de arrecifes coralinos que proveen protección contra tormentas. Esta protección permite una economía basada en el turismo, suplementada

por la pesca de subsistencia de la población indígena. Aunque los arrecifes de Cayos Cochinos y Roatán tienen muchas similitudes, también existen diferencias importantes. Históricamente, la costa de Roatán es bañada por aguas cristalinas (visibilidad de 100+ pies), resultado de corrientes oceánicas relativamente fuertes a lo largo del litoral de la isla. Sin embargo, durante la pasada década, prácticas inadecuadas de uso del terreno y el desarrollo costero han tenido como resultado un incremento de escorrentías y depósito de sedimentos en el área arrecifal (Mehrtens, C.J. and others). Por otra parte, Cayos Cochinos se encuentra ubicado en una plataforma continental poco profunda. Esta recibe con frecuencia la inyección de las aguas desbordadas por los ríos lo que resulta en fluctuaciones de salinidad, temperatura, turbidez y calidad de las aguas. Posiblemente la deforestación y explotación de los recursos naturales en tierra firme han incrementado la carga de sedimento, contenido de nutrientes y la frecuencia de inundaciones que eventualmente impactan el ambiente marino de Cayos Cochinos, y en menor grado, de otras Islas de la Bahía.

Propósito del Estudio:

El estudio del daño al arrecife coralino provocado por Mitch involucra: (1) evaluar la cantidad de fracturas y desplazamiento de coral ocurrido por las grandes olas y fuertes corrientes que impactaron físicamente el arrecife y (2) identificar los efectos del incremento de nutrientes y niveles de sedimentación costera que resultaron de las inundaciones provocadas por Mitch. El monitoreo y evaluación del daño a los arrecifes como resultado del huracán requirió la instalación de instrumentos alrededor de Cayos Cochinos (Figura 2) y Roatán, así como documentación fotográfica de las enfermedades

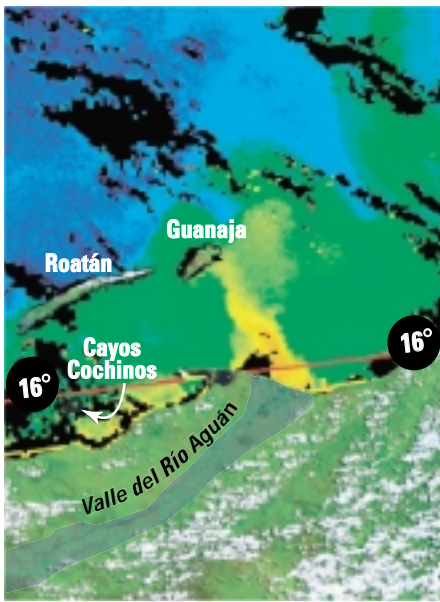


Figura 4: Imagen de satélite de color realizado (SeaWiFS) tomada el 1 de Noviembre, de 1998, mostrando la extensión del flujo de agua dulce que fue inducida por las intensas lluvias del Huracán Mitch. La imagen de SeaWiFS provista por la Universidad del Sur de Florida, San Petersburgo, Florida.

coralinas, abundancia de algas, daño físico al coral y salud general del arrecife. Existe muy poca información sobre el arrecife coralino en Cayos (e.g. Guzmán, 1998) razón por la cual los datos presentados en este informe se consideran los primeros en ser colectados en toda la región.

Se instalaron dos instrumentos para registrar salinidad, cambios térmicos e incidencia solar en arrecifes de aguas someras (-17 pies) en Cayos y Roatán. En adición a estos, se seleccionaron tres lugares en Cayos (Cabeza de León, Punta Pelicano y un arrecife poco profundo cerca de la estación de estudio; puntos rojos en la Figura 2) para albergar sólo termógrafos. Los termógrafos se colocaron en el arrecife a 17 y 66 pies de profundidad para medir eventos de movimiento ascendente de aguas que pudiera inducirse como resultado de cambios oceanográficos o meteorológicos y también para medir temperaturas extremas en los estratos superiores de la columna de agua en un arrecife a nivel poco profundo (-3 pies).

Estado del Arrecife Coralino:

El daño físico en el arrecife provocado por el Huracán Mitch pudo haberse mantenido al mínimo debido a que los arrecifes en esta zona están compuestos de especies robustas de cabezas de coral como el coral cerebro (*Diploria* spp.) y el coral de estrella (*Montastraea* spp.). Es muy probable que el sedimento y la escorrentía de agua dulce hayan causado más daño a los corales que las olas y las corrientes. Los buzos observaron enfermedades bastante extendidas en el coral, entre ellas: bandas negras, bandas blancas y blanqueamiento. Además encontraron abundancia de algas durante la visita inicial a los Cayos en Octubre de 1999, un año después de Mitch (Figura 3). La presencia de estas enfermedades y del alga se cree que es el resultado del estrés provocado por una combinación de altas temperaturas en la superficie del mar prehuracán, y el flujo posthuracán de sedimentos y nutrientes provenientes de tierra firme. Las imágenes del satélite SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of view Sensor) (Figura 4), tomadas el 1 de Noviembre de 1998 muestran un gran flujo cargado de sedimentos y corrientes de agua de río con alto contenido de nutrientes fluyendo desde el congestionado Valle del Río Aguán directamente a Guanaja. Parte de este gran flujo eventualmente inundó la región de Cayos Cochinos. Típicamente, las comunidades del arrecife coralino crecen en aguas oceánicas cristalinas y con bajo contenido de nutrientes, por lo que se ven afectadas cuando reciben agua de salinidad más baja que lo normal, aumento de sedimento y nutrientes adicionales. Con regularidad Cayos Cochinos es influenciado por todos estos factores, en especial durante la época de lluvias (Agosto-Febrero).

Es posible que el Huracán Mitch haya prevenido un mayor daño por blanqueamiento a los corales a lo

largo de las Islas de la Bahía (Roatán, Guanaja, Utila y Cayos Cochinos) durante el otoño de 1998. El afloramiento de aguas desde estratos intermedios hacia la superficie oceánicas bajó la temperatura de la superficie en 4°F según el Huracán Mitch pasó sobre las Islas de la Bahía (Jennifer Keck, com. pers.). La caída de la temperatura en la superficie pudo haber tenido un efecto positivo al reducir la severidad del blanqueamiento, a la vez que evitó una

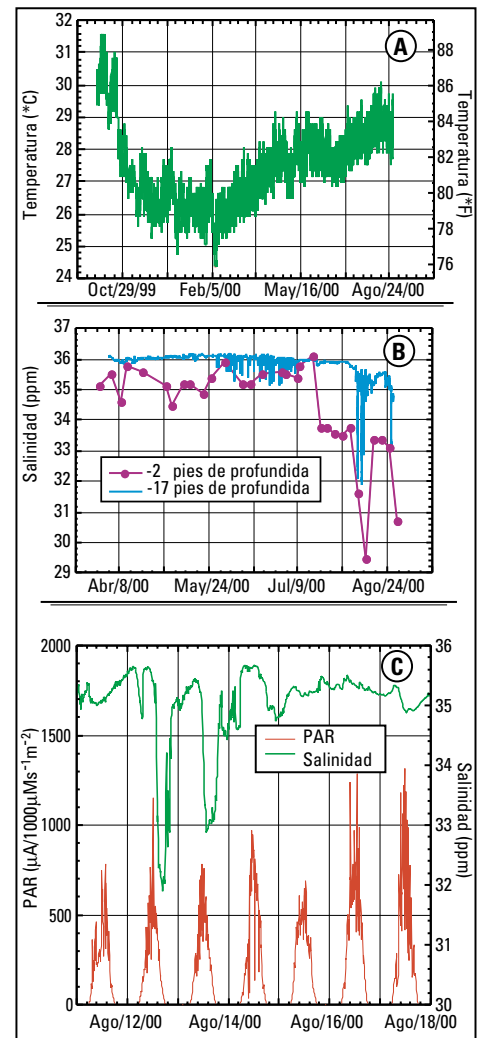


Figura 5: Ejemplos de los datos colectados en Cayos Cochinos. (A) Registro térmico de un periodo de 11 meses en la superficie del mar tomados a una profundidad de 5 pies. (B) Salinidad superficial colectada aproximadamente una vez por semana en el muelle de la estación biológica (-2 pies) en Cayo Pequeño y desde el coral (-17 pies) en Punta Pelicano, éstas fueron colectadas a intervalos de 15 minutos durante el verano del 2000. (C) Registro de incidencia de luz (PAR) para un periodo de siete días, mostrando la disminución en la intensidad de luz a cada pulsación de agua "dulce".



Figura 6: Foto mostrando (A) Una infestación severa de alga filamentosa a lo largo de la parte oeste de Cayo Pequeño (foto tomada en Octubre de 1999). La infestación desapareció para Abril del 2000. (B) Alga parda (*Lobophora* spp.) la cual esta presente consistentemente en todos los puntos del arrecife.

mayor mortalidad del coral. En adición a esto, durante el verano de los pasados dos años (1999-2000), la temperatura de la superficie se ha mantenido por debajo del umbral para el blanqueamiento del coral en todo

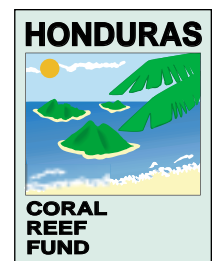
el Caribe (~86°F) (Hoegh-Guldberg, 1999). Los datos de temperatura en Cayos confirman una tendencia a temperaturas más bajas en la superficie (Figura 5A). En Octubre de 1999 hubo un corto periodo de altas temperaturas (88°F) que no provocó una extensión severa de blanqueamiento. En el 2000 hubo un periodo de recuperación debido a que las temperaturas altas se mantuvieron por debajo de los 86°F.

Los arrecifes coralinos de Cayos Cochinos mostraron menos individuos enfermos para Octubre del 2000 en comparación con el año anterior. Esta es una señal alentadora de que los corales se están recuperando del estrés inducido por Mitch. Sin embargo, el cespced marino y el alga filamentosa siguen presentes a lo largo de todo el archipiélago de las Islas de la Bahía (Figura 6). Observaciones hechas por investigadores anteriores (Guzmán, 1998) sugieren que las enfermedades del coral y las algas estaban presentes antes de Mitch. Sin embargo, las enfermedades del coral no estaban bien documentadas antes del Huracán. Por otra parte, la persistencia de algas alrededor de Cayos ha sido bien documentada y puede ser el resultado de la adición repetida de nutrientes a aguas superficiales, ya sea por la tala de árboles, la escorrentía promovida por la actividad agrícola en tierra firme o por fuentes antropológica locales (Guzmán, 1998). La descarga de los ríos puede ser monitoreada observando los puntos de baja salinidad (~29 partes por miles, ppm: Figura 5B)

o disminución en niveles de luz (Figura 5C). Un monitoreo continuo de estos parámetros es esencial para comprender el impacto que la sedimentación a largo plazo, eventos de fluctuaciones en nutrientes y baja salinidad, podrían causar a la salud de los arrecifes coralinos en la Reserva Biológica de Cayos Cochinos. El impacto humano, tal como la sobre pesca, el pobre servicio sanitario, y la mina de corales, aunque no investigados en este estudio, podrían también ser factores que promueven el deterioro del ambiente coralino.

Reconocimientos:

Gran parte de este trabajo pudo lograrse gracias a la ayuda de varias personas: Carlos García-Saez, Adoni Cubas and otras en la Fundación del Arrecife de Coral en Honduras; Eliás Aguilar y otros en la Reserva Biológica de Cayos Cochinos; Jennifer Keck en el Instituto de Ciencia Marina de Roatán; Frank Mueller-Karger y Serge Andréfouët en la Universidad del Sur de la Florida en St. Petersburg, y las mas sinceras gracias a Damaris Torres-Pulliza, del USGS en Saint Petersburg, por traducir este reporte.



Referencias:

- Guzmán, H.M., 1998, Marine-terrestrial flora and fauna of Cayos Cochinos Archipelago, Honduras, *Rev. Biol. Trop.*, 46, Supl (4), 200p.
- Hoegh-Guldberg, O., 1999, Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, *Mar. Freshwater Res.*, 50, 839-866.
- Mehrtens, C.J., Young, R.S. and Rosenheim, B. (in press) Reef morphology and sediment attributes: Roatán, Bay Islands, Honduras. *Journal of Coastal Research*.
- Wilkinson, C., 2000, Status of coral reefs of the world: 2000, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), http://coral.aoml.noaa.gov/gcrmn/Status_2000.pdf.

Para más información, contactar a:

Christopher Reich, Robert Halley o Don Hickey
 Servicio Geológico de los EE.UU.
 Centro para Estudios Marinos
 600 Fourth Street South
 St. Petersburg, Florida 33701 USA
 727-803-8747
creich@usgs.gov
<http://mitchnnts1.cr.usgs.gov/projects/coral.html>