

## Abstract

Multivariate analysis techniques have been tested for their ability to discriminate patterns of temporal variation in the coral reef community structure within the Luis Peña Channel Marine Fishery Reserve (LPCMFR), Culebra Island, PR. Line-intercept video-transects were used to address ecological change between years 1997 and 2002. There was a +6 to -40% change in coral species richness, a +8 to -58% change in colony abundance, a 37 to 55% decline in the % of coral cover, a 12 to 107% increase in the % of total algal cover, a -22 to +560% change in the % of macroalgal cover, and a -2 to +3200% change in the % of benthic filamentous cyanobacterial cover. An alarming 7 to 11% annual rate of coral decline has been observed. This ranks among the fastest decline rates ever documented in the entire Caribbean region, and ranks as the highest coral reef decline ever documented in the northeastern Caribbean sub-region. A significant difference between years in the reef epibenthic community structure was observed when using multi-dimensional scaling ordination (stress 0.04-0.08). A 2-way crossed ANOSIM test showed that there were significant differences in the community structure between years and a significant interaction between years and depth. Community structure was more significantly different with increasing time. A major coral decline has occurred independently of depth. The key taxa mostly responsible for these differences included total algae, macroalgae, filamentous algae, and cyanobacteria. A Caswell's neutral model test showed significant differences in the coral species diversity through time suggesting major disturbance effects. Major causes of coral mortality included Caribbean-wide factors such as recurrent White Plague Type II outbreaks, in combination with local factors, mostly algal overgrowth following disease-related coral mortality. It is suggested that slowly, but chronic change in water quality is affecting coral reef decline and remains to be studied. The combination of low herbivory levels (associated to the still low densities of the Long-Spined Sea Urchin, *Diadema antillarum*, and the still moderate to low herbivory of parrotfishes, Scaridae), and increasing nutrient concentrations resulting from remote raw sewage pollution and highly-sedimented runoff from uncontrolled land-clearing activities could be contributing to the major increase in algal and cyanobacterial biomass. Despite de no take Natural Reserve designation, coral reefs within the LPCMFR are declining at an alarming rate and models predict a major reef collapse within the next decade or two unless major management and restoration activities are implemented. Priority recommendations include: 1) major patrolling and enforcement of existing no fishing regulations; 2) DNER should assign a higher budget and additional patrolling and management personnel for Culebra Island; 3) develop an experimental research program to understand the mechanisms of coral reef decline; 4) develop a long-term water quality monitoring program; 5) develop a coral propagation program to re-introduce rare or nearly-endangered coral species such as *Acropora palmata* and *A. cervicornis*; 6) develop a management plan for the LPCMFR that should be focused as a Culebra-Island wide management plan; and 7) establish a co-management model for the management of the LPCMFR to ensure community-based participation (e.g., Culebra Island Fishermen Association, NGOs, etc.). Time is running out and we are losing one of the most beautiful and biologically diverse coral reefs of the entire Puerto Rican archipelago and the wider Caribbean at one of the most alarming rates ever documented. Action is immediately needed. Understanding these variation patterns will

be the first step towards linking these patterns to environmental variation and to management-linked influences.

## Resumen

Se probó la habilidad de las técnicas de análisis multivariantes para discriminar patrones de variación temporal en la estructura de la comunidad de los arrecifes de coral localizados dentro de la Reserva Pesquera Marina del Canal de Luis Peña (RPMCLP), Isla de Culebra, P.R. Se utilizaron video transectos de línea-intercepto para evaluar los cambios ecológicos ocurridos entre los años 1997 al 2002. Se observó una fluctuación de +6 a -40% en la riqueza de especies de corales, de +8 a -58% en la abundancia de colonias, una reducción de 37 a 55% en el % de cobertura de corales, un incremento de 12 a 107% en el % de cobertura total de algas, un cambio de -22 a +560% en el % de cobertura de macroalgas, y un cambio de -2 a +3200% en el % de cobertura de las cianobacterias bénticas filamentosas. Además, se documentó una tasa anual alarmante de reducción de corales de 7 a 11%. Ésta constituye una de las tasas más rápidas jamás documentada para todo el Caribe y, a su vez, constituye la tasa más alta jamás documentada para la sub-region noreste del Caribe. Un análisis de ordenación de escalas multi-dimensionales demostró que las comunidades arrecifales resultaron significativamente diferentes a través de los años (nivel de estrés 0.04-0.08). Un análisis ANOSIM de 2 vías demostró diferencias significativas en la estructura de las comunidades entre los años, y en la interacción entre años y profundidad. Las diferencias entre las estructuras de las comunidades se tornaron más significativas a medida que aumentó el tiempo. La reducción de corales observada ha ocurrido independientemente de la profundidad. Los taxones principalmente responsables para las diferencias observadas incluyen las algas (totales), macroalgas, algas filamentosas y las cianobacterias bénticas filamentosas. Una prueba del modelo neutral de Caswell demostró diferencias significativas en la diversidad de especies de corales a través del tiempo, lo que sugiere un incremento en los efectos de las perturbaciones. Las causas principales de la mortalidad de corales incluyen factores regionales que han afectado a todo el Caribe, como los brotes recurrentes de la Enfermedad de la Plaga Blanca Tipo II, en combinación con factores locales, principalmente, el sobrecrecimiento de las algas luego de mortalidad de corales asociada a la enfermedad. Además, se sugiere que la degradación lenta, pero crónica, de la calidad del agua está afectando también la pérdida de corales. Sin embargo, ésto requiere estudiarse en más detalle. La combinación entre los niveles bajos de herbivoría (asociado a las densidades aún bajas del Erizo Gigante, *Diadema antillarum*, y a la aún moderada a baja herbivoría por los peces cotorros, Scaridae), y los incrementos en las concentraciones de nutrientes disueltos provenientes de la descarga remota de aguas usadas crudas y de la escorrentía altamente sedimentada consecuencia de la deforestación sin control, podrían estar contribuyendo al gran incremento observado en la biomasa de algas y de cianobacterias. A pesar de la designación como una Reserva Natural de no captura, los arrecifes de coral dentro de la RPMCLP están perdiéndose a una tasa alarmante, tanto que los modelos predicen un colapso de proporciones mayores en sus arrecifes dentro de solo una o dos décadas a menos que se implementen actividades importantes de manejo y de restauración. Las recomendaciones prioritarias incluyen: 1) un aumento en los esfuerzos de patrullaje y enforzamiento de las restricciones a la pesca; 2) el DRNA debe asignar un presupuesto mayor, así como más personal de vigilancia y manejo para la Isla de Culebra; 3) desarrollar un programa de investigación experimental para comprender los mecanismos

de degradación arrecifal; 4) desarrollar un programa de monitoreo permanente a largo plazo de calidad de agua; 5) desarrollar un programa de propagación de corales para reintroducir especies raras o cerca de estar en peligro de extinción, tales como *Acropora palmata* y *A. cervicornis*; 6) desarrollar un plan de manejo para la RPMCLP cuyo enfoque incluya el manejo de toda la Isla de Culebra; y 7) establecer un modelo de co-manejo para el manejo de la RPMCLP que asegure la participación de las comunidades de base (ej. Asociación de Pescadores de la Isla de Culebra, ONGs, etc.). El tiempo continua corriendo y estamos perdiendo uno de los arrecifes de coral más hermosos y biológicamente diversos de todo el archipiélago puertorriqueño y de todo el Caribe, a una de las tasas más alarmantemente rápidas jamás documentadas. Se requiere acción inmediata. El comprender estos patrones de variación sera el primer paso hacia el conectar estos patrones a las influencias asociadas a la variación ambiental y a las actividades de manejo.