

Arrecifes de coral en transición: Oportunidades y retos de manejo colaborativo



Edwin A. Hernández-Delgado

Universidad de Puerto Rico
Centro para la Ecología Tropical Aplicada y la Conservación
Grupo de Investigación en Arrecifes de Coral

coral_giac@yahoo.com

Segunda Reunión de la Alianza Regional Oceánica del Caribe
DRNA/PMZC, San Juan, PR
19 de septiembre de 2013



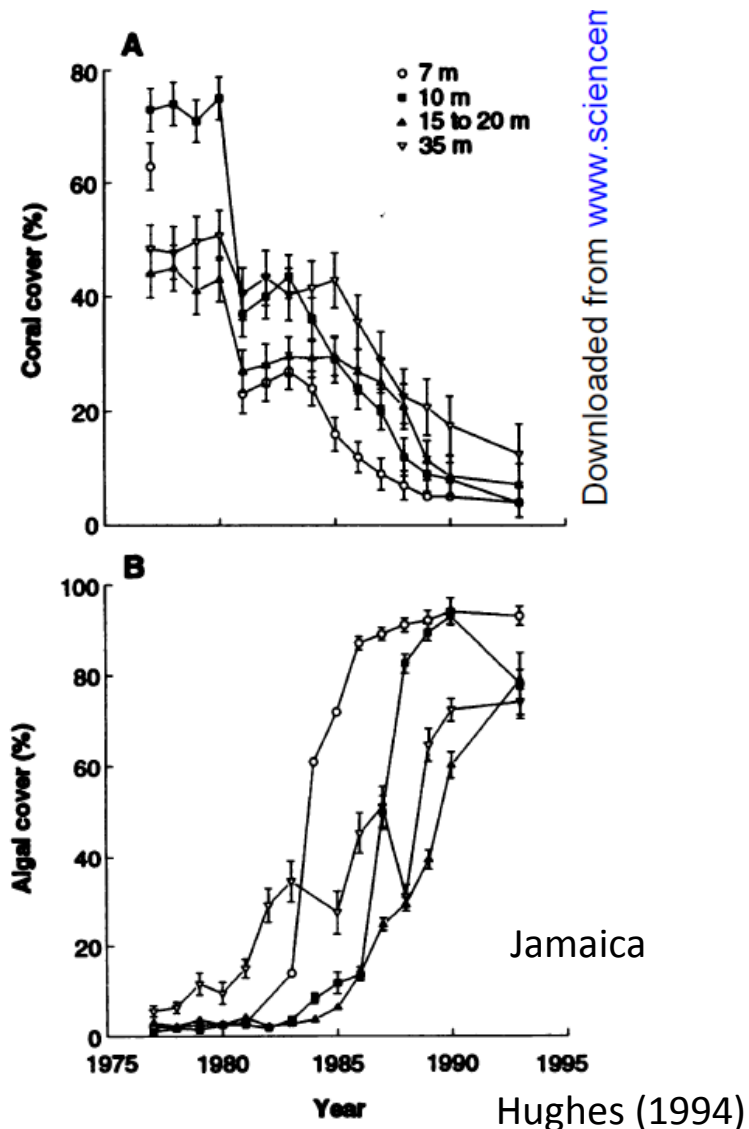
Objetivos

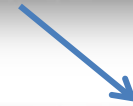
- Cambios ecológicos graduales en los ecosistemas en transición.
- Implicaciones de una gobernanza débil en el manejo de los ecosistemas en transición.
- Discutir algunos casos de estudio en Puerto Rico sobre arrecifes de coral en transición.
- Ejemplos de estrategias alternativas de manejo participativo y colaborativo para la rehabilitación de los ecosistemas en transición.
- Prioridades apremiantes para el manejo de ecosistemas en transición.



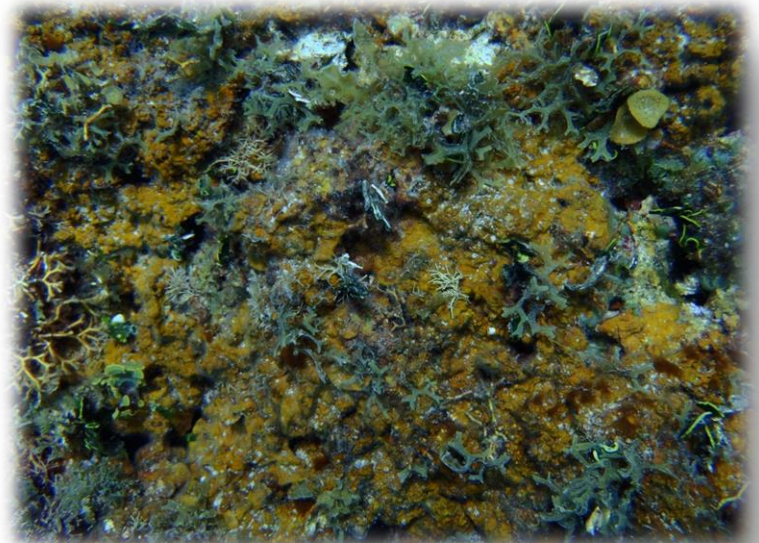
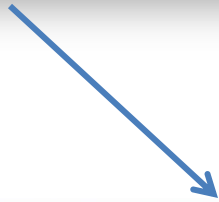
Cambios de fase muy lentos en los ecosistemas

- Cambios de fase en los ecosistemas de un estadio ecológico a otro usualmente se describen como abruptos, dramáticos y difíciles de revertir.
 - Ej. Dominancia de corales a macroalgas
- Sin embargo, la mayoría de las veces los cambios después de un punto umbral son muy lentos y peligrosamente imperceptibles.





**Transiciones en la cobertura
de corales vivos**



Procesos involucrados

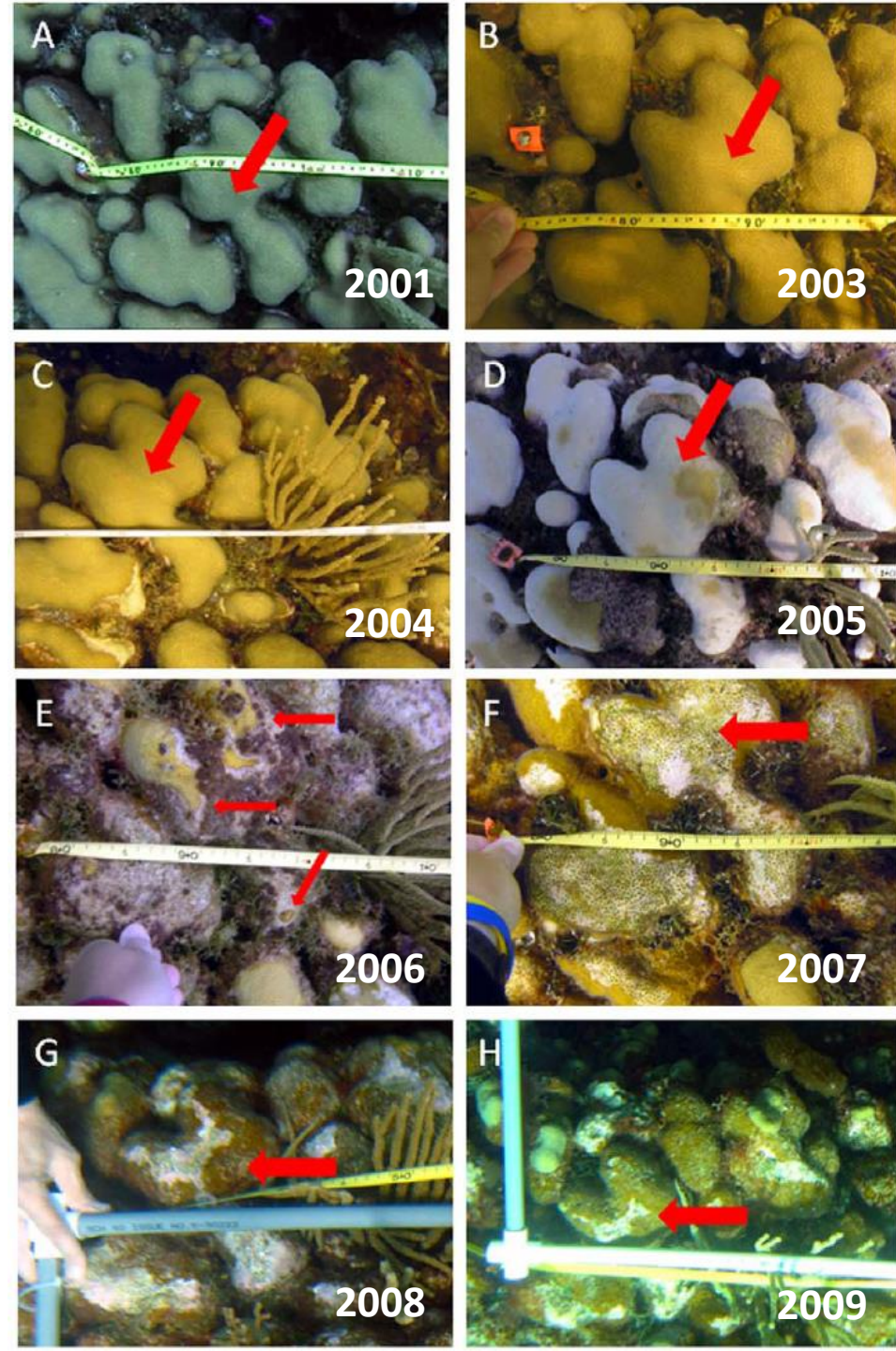
- Cambios graduales:
 - Pesca en serie.
 - Deterioro en calidad del agua.
 - Contaminación.
 - Impactos del cambio climático.
 - Especies invasivas.
 - Reducción en tasas de reclutamiento de corales.
- Eventos abruptos:
 - Huracanes recurrentes.
 - Mortandad masiva de erizos (1983).
 - Enfermedades emergentes.
 - Blanqueamiento de corales (1987, 1998, 2005).



El caso del coral *Estrella Montastraea (=Orbicella) annularis*

- Reducción gradual en % cobertura.
- Acelerada por eventos estocásticos (ej. mortandad masiva post-blanqueamiento).
- Estadío transicional dominado por macroalgas, luego por algas marrones incrustantes.

Hernández-Pacheco et al. (2011)



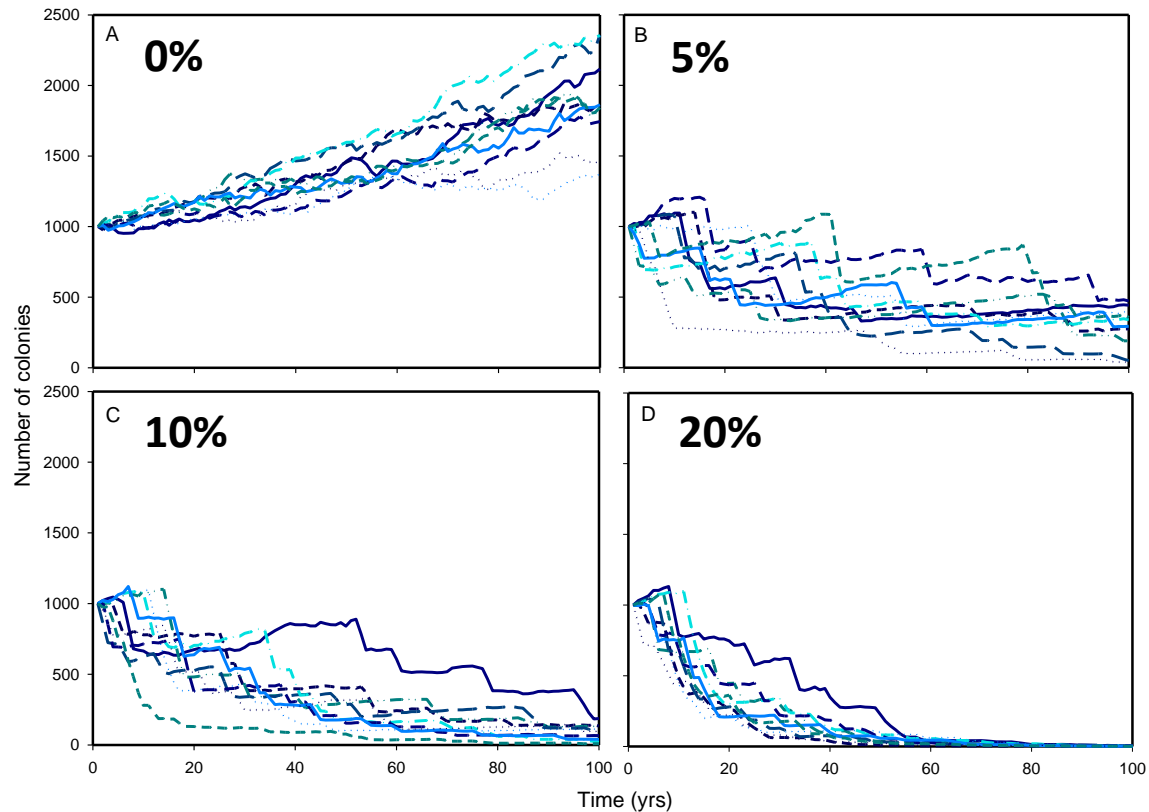
Trayectorias estocásticas de una población de *M. annularis* a través de diversas probabilidades de blanqueamiento masivo y de mortalidad.

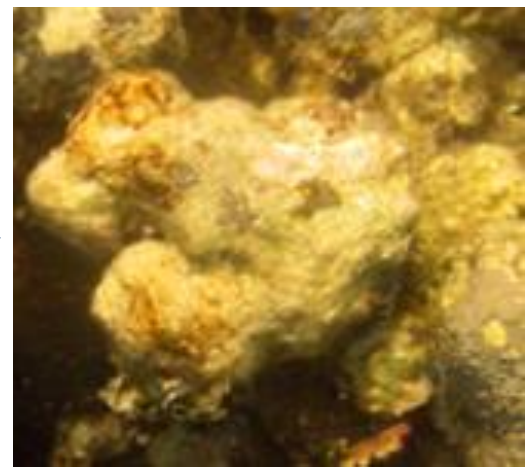
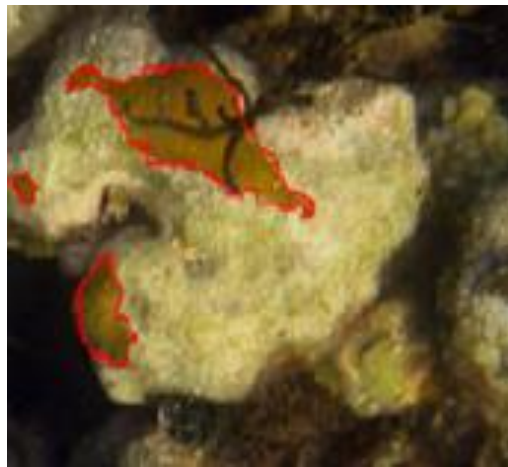
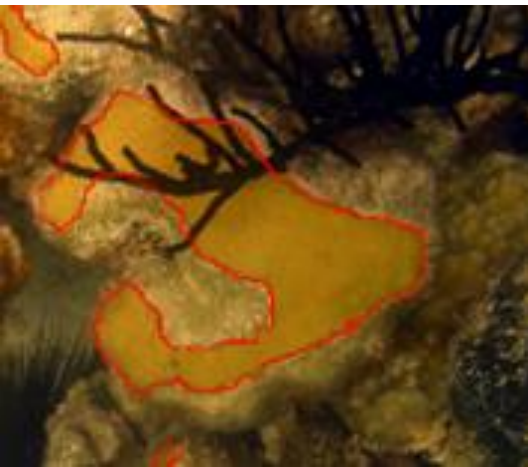
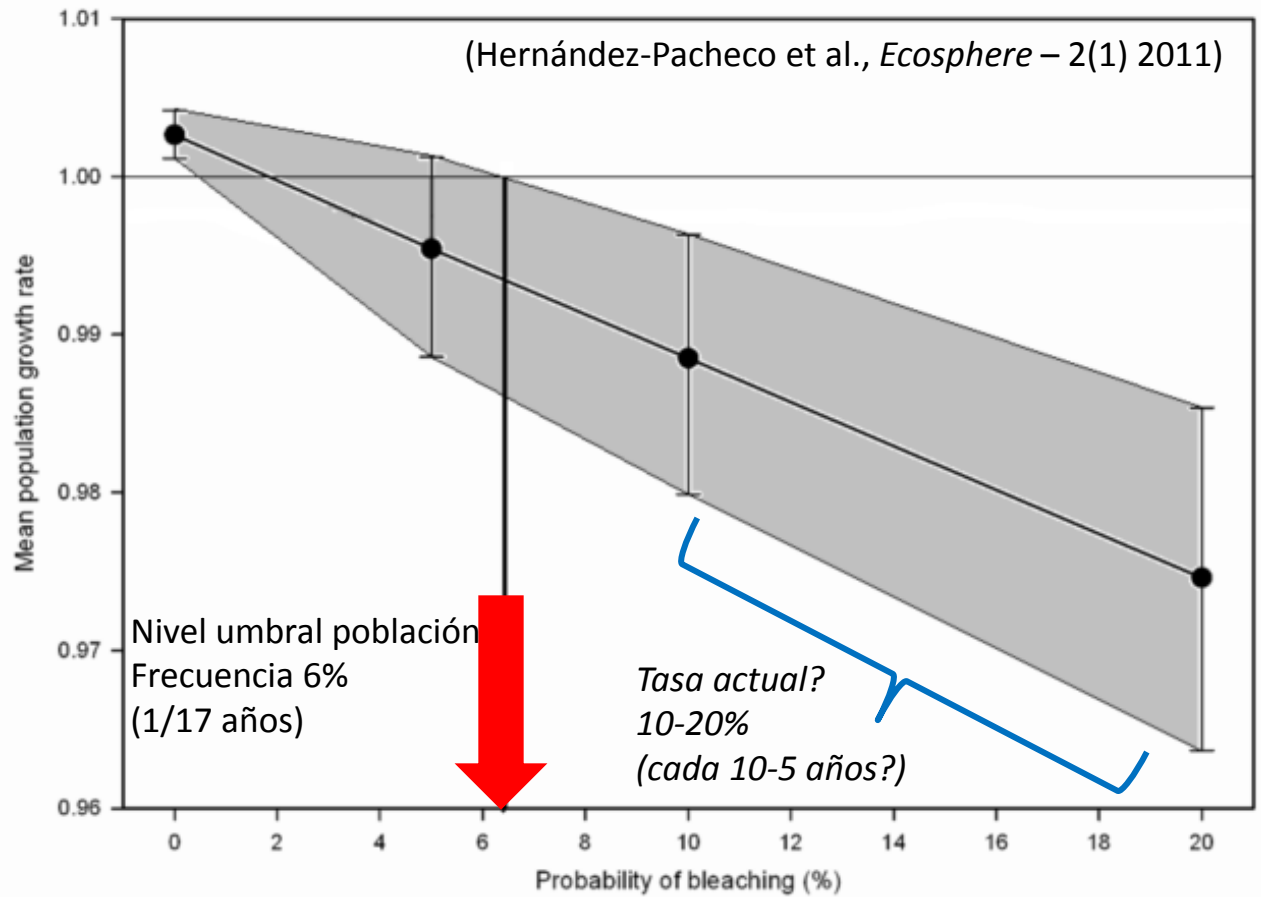
Crecimiento poblacional en la ausencia de blanqueamiento.

Estabilidad poblacional aun a largo plazo con 5% de frecuencia (1/20 años).

Reducción poblacional significativa con 10% de frecuencia (1/10 años).

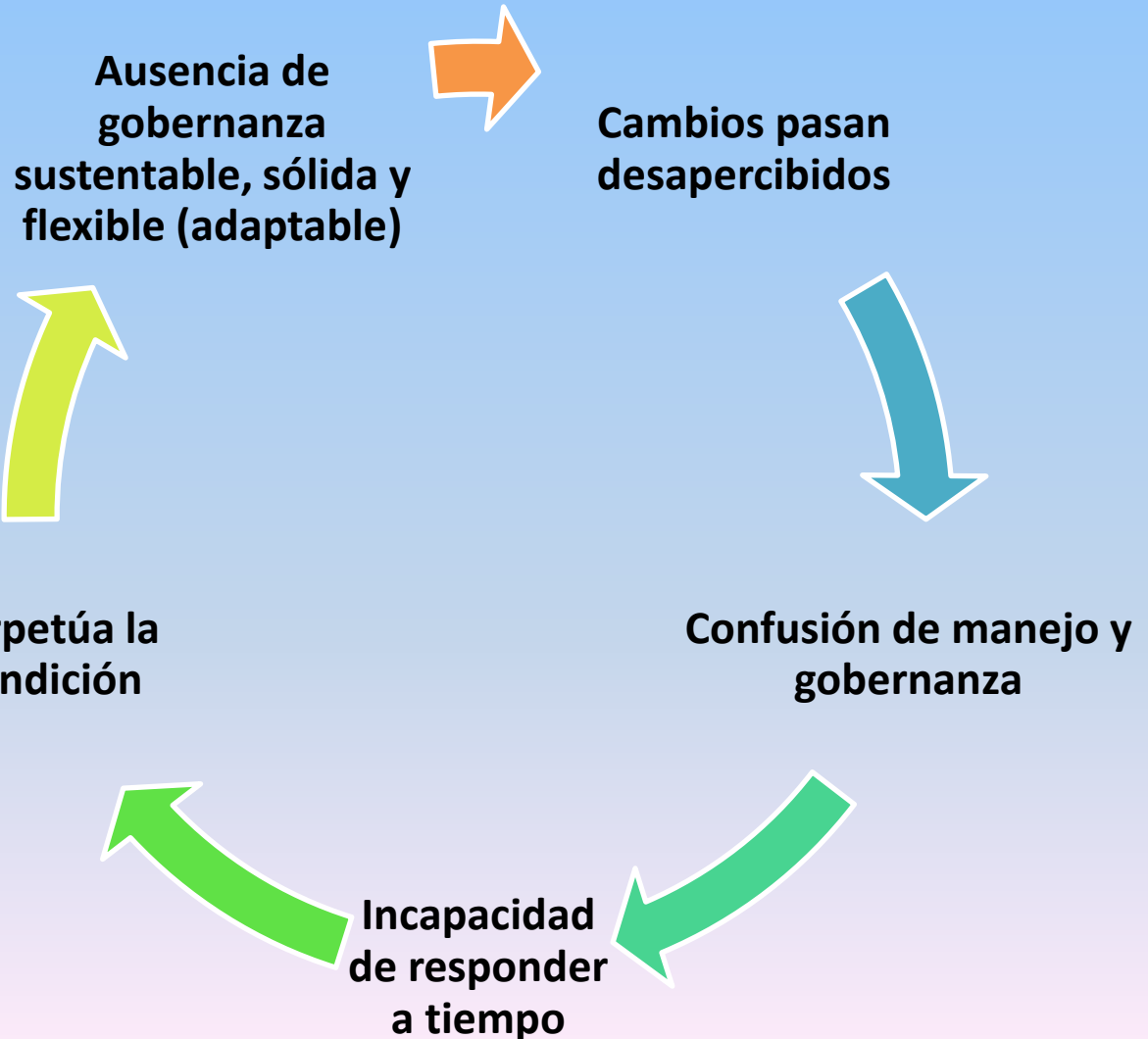
Colapso poblacional rápido con 20% de frecuencia (1/5 años).





Cambios graduales representan un reto de manejo y gobernanza

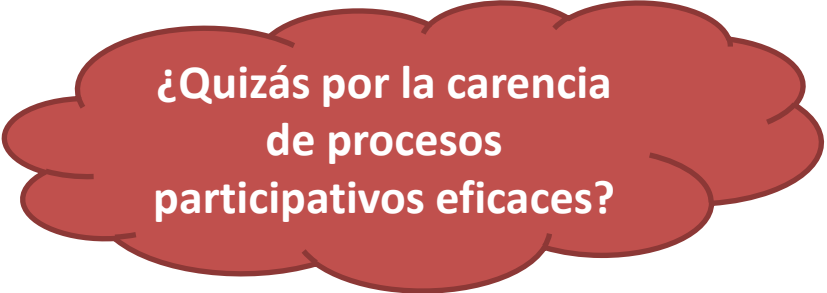
Retos sin precedentes



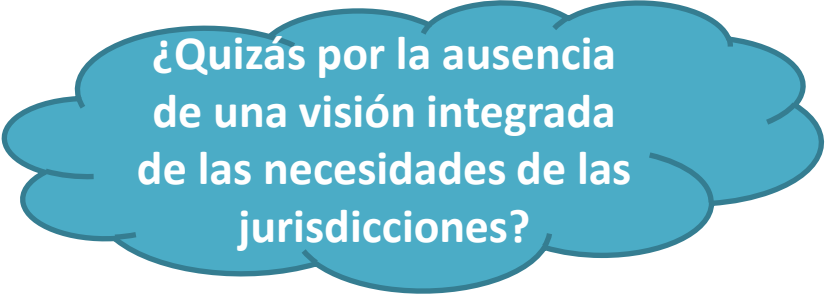
Retos de gobernanza en el manejo de los ecosistemas marinos en transición

- **Enfoque reduccionista**

- No existe una visión claramente integrada de los problemas y necesidades de manejo.
- Enfoque de soluciones continua siendo de proyecto a proyecto, muchas veces desconectados entre sí.



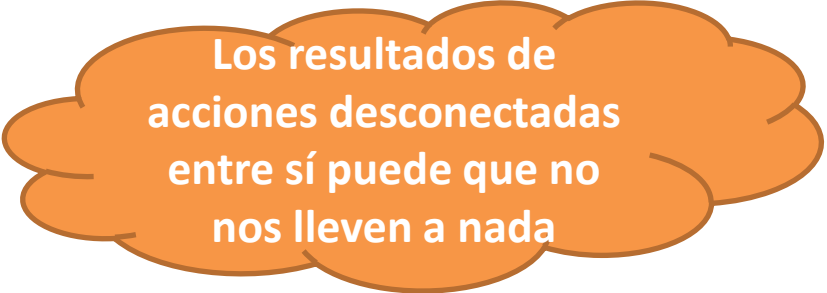
¿Quizás por la carencia de procesos participativos eficaces?



¿Quizás por la ausencia de una visión integrada de las necesidades de las jurisdicciones?

- **Visión fragmentada**

- Enfoque por temas o áreas prioritarias deja fuera de la posibilidad de financiamiento de proyectos áreas muy críticas (ej. LAS).
- Integración inter-jurisdiccional ha sido muy limitada.

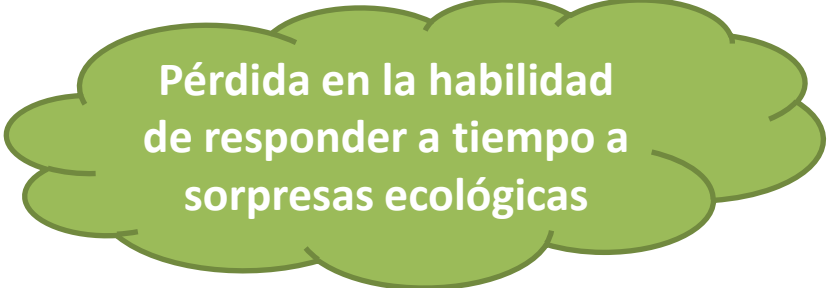


Los resultados de acciones desconectadas entre sí puede que no nos lleven a nada

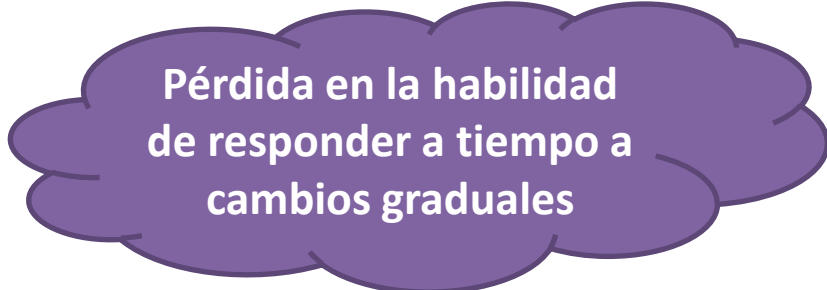
Retos de gobernanza en el manejo de los ecosistemas marinos en transición

- **Agendas poco flexibles**

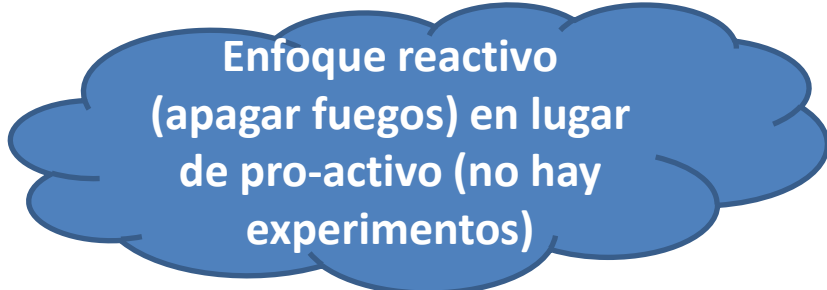
- Planes a escalas de tiempo muy inflexibles (ej. 5, 10 años).
- Acercamiento adaptativo ausente.
- Agendas para satisfacer presiones políticas del USCRTF, NOAA y ahora TNC.
- Naturaleza gradual de muchos de los cambios no se puede incorporar en las agendas inflexibles.



Pérdida en la habilidad de responder a tiempo a sorpresas ecológicas



Pérdida en la habilidad de responder a tiempo a cambios graduales



Enfoque reactivo (apagar fuegos) en lugar de pro-activo (no hay experimentos)

Retos de gobernanza en el manejo de los ecosistemas marinos en transición

• Mecanismos de gobernanza “top-down” obsoletos

- Participación comunitaria muy escasa.
- Empoderamiento de la academia y comunidades mínimo.
- Preferencia para consultores, muchas veces extranjeros y ex-militares, sobre la academia o especialistas locales, inclusive del propio gobierno.
- Decisiones por grupos de interés con una comprensión limitada del problema.

La comunidad no se ve como parte de la solución a los problemas

No se fomenta el desarrollo óptimo de talento local, ni se aprovecha el existente

La visión integrada de la comunidad de base y la academia queda fuera

Retos de gobernanza en el manejo de los ecosistemas marinos en transición

- **Carencia de suficientes datos a largo plazo y en escalas espaciales amplias**

- Inconsistencia en los programas de monitoreo de cambios ecológicos.
- No es una prioridad presupuestaria.
- Algunos esfuerzos no tienen una hipótesis definida.
- No existe integración multidisciplinaria (ej. Calidad de agua).
- NOAA ha decidido que su enfoque es “el manejo” y no los “experimentos”.

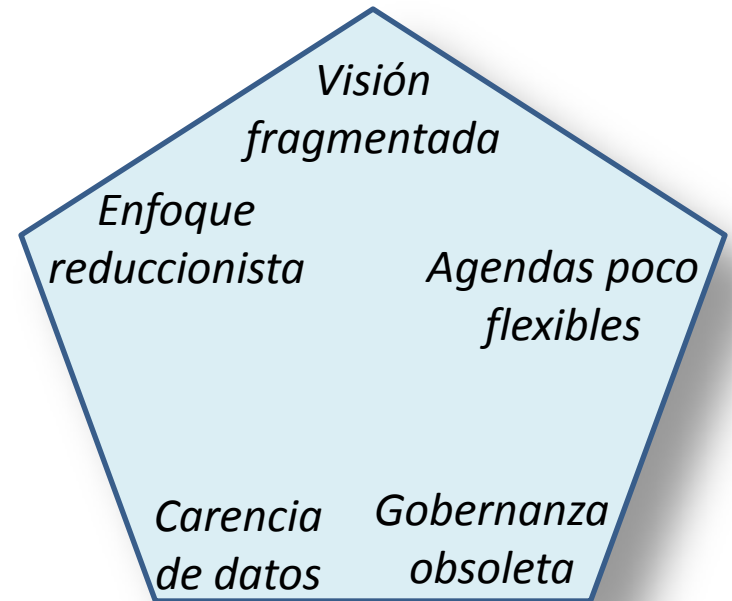
Inconsistencias son el reflejo de la debilidad en la gobernanza a todos los niveles

Inconsistencias limitan marcadamente la habilidad de detectar cambios a tiempo

El negar el valor de la experimentación para el manejo adaptativo es una negligencia

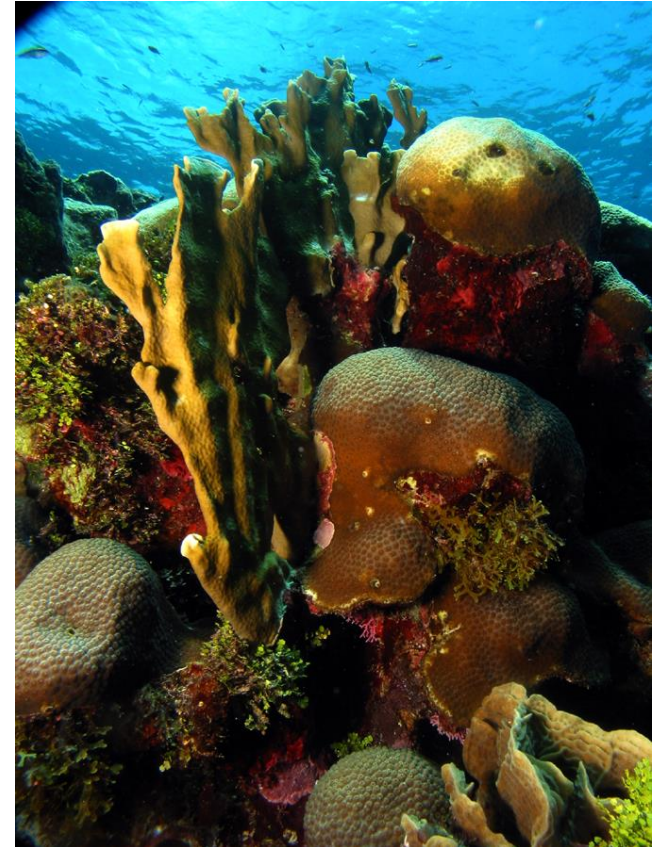
Cambios abruptos vs. Cambios graduales

- Algún impacto abrupto (ej. encallamiento, mortandad masiva de corales, blanqueamiento) puede manejarse de formar efectiva.
- Sin embargo, las transiciones que ocurren gradualmente en escalas de tiempo de décadas o más podrían no detectarse.



Impactos aditivos y sinergias

- *Impactos aditivos y/o sinérgicos:*
 - Cambio climático.
 - Degradación crónica de la calidad del agua.
 - Impactos de la pesca
 - Reducción en la complejidad de la red trófica.
 - Reducción en la redundancia funcional.
- Impactos adversos en los grupos principales constructores de arrecifes (ej. *Montastraea annularis* spp).
- Impactos adversos en la capacidad de *producción alimentaria* y en la *sustentabilidad* de las pesquerías arrecifales.
- *Redundancia funcional baja* de los arrecifes de coral del Caribe fomentan una reducción en la resistencia y la resiliencia del ecosistema.
- *Trayectorias de degradación* de la primera línea de defensa contra el cambio en el nivel del mar y marejadas.



¡Oportunidad de manejo!

- Pero dicha respuesta lenta del ecosistema permite una ventana de oportunidad para retornar a una condición más segura antes de que un estado nuevo pueda establecerse en equilibrio.
- Eso nos enfrenta a una serie de retos de manejo muy complejos.



Múltiples retos emergentes de manejo

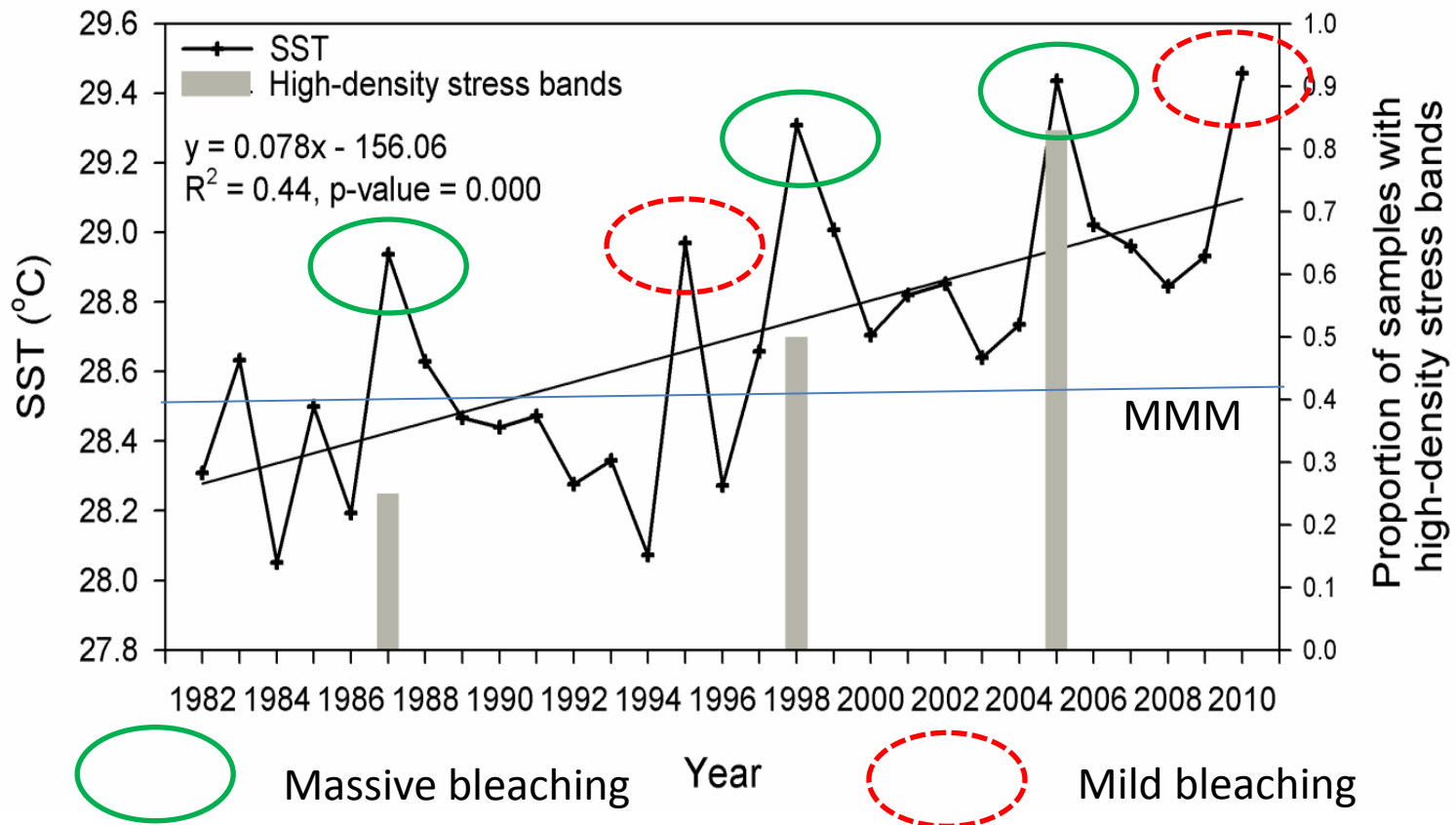
- Densidad poblacional alta.
- Deterioro ambiental crónico.
- Sobre-explotación de los recursos naturales.
- Ausencia de concienciación de tomadores de decisiones.
- Debacle económica.
- Consecuencias a largo plazo de la pérdida de recursos humanos (ej. Ley 7).
- Pérdida de gobernanza.
- Impactos del cambio climático.



Múltiples retos emergentes de manejo

- ***El reto más importante es uno social***
- Convencer a suficientes personas para confrontar el escenario de siempre (“business as usual”) y el del síndrome de “eso-es-lo-que-siempre-se-ha-hecho” (“that’s-what-they-have-always-done syndrome”).
- Antes de que sea muy tarde y los cambios ecológicos adversos se hagan permanentes.





Temperatura del mar y la ocurrencia de bandas de alta densidad y de estrés en *Montastraea (=Orbicella) annularis*

Temperatura promedio para JUL, AGO, SEP (JAS SST) de 1982-2010 en Puerto Rico (66.5 W, 17.5 N)

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v3b climatology.

Gobernanza débil reflejada en las prácticas pobres de manejo del suelo y de las cuencas hidrográficas

Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008
Session number 1.8

Impacts of non-point source sewage pollution on Elkhorn coral, *Acropora palmata* (Lamarck), assemblages of the southwestern Puerto Rico shelf

E.A. Hernández-Delgado¹, B. Sandoz², M. Bonkosky³, J. Norat-Ramírez⁴, H. Mattei⁵
¹ University of Puerto Rico, Department of Biology, Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, Coral Reef Research Group, P.O. Box 23360, San Juan, Puerto Rico 00931-3360
² University of Puerto Rico, Medical Sciences Campus, Graduate School of Public Health, Department of Environmental Health, P.O. Box 365067, San Juan, Puerto Rico 00936-5067



Detection of spatial fluctuations of non-point source fecal pollution in coral reef surrounding waters in southwestern Puerto Rico using PCR-based assays

M. Bonkosky³, E.A. Hernández-Delgado^{1*}, B. Sandoz², I.E. Robledo⁶, J. Norat-Ramírez⁴, H. Mattei⁵
¹Department of Environmental Health, University of Puerto Rico, Medical Sciences Campus, Graduate School of Public Health, P.O. Box 365067, San Juan, Puerto Rico 00936-5067
²Department of Biology, Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, Coral Reef Research Group, P.O. Box 23360, San Juan, Puerto Rico 00931-3360
³USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703
⁴USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703
⁵USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703
⁶USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703

Sediment Stress, Water Turbidity, and Sewage Impacts on Threatened Elkhorn Coral (*Acropora palmata*) Stands at Vega Baja, Puerto Rico

EDWIN A. HERNÁNDEZ-DELGADO^{1*}, YASAIRA M. HUTCHINSON-DELGADO¹, RICARDO LAUREANO¹, RAISA HERNÁNDEZ-PACHECO¹, TAGRID M. RUIZ-MALDONADO¹, JULIO OMÍ¹, and PEDRO L. DÍAZ¹
¹University of Puerto Rico, Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, Coral Reef Research Group, P.O. Box 23360, San Juan, Puerto Rico 00931-3360
²University of Puerto Rico, Department of Marine Sciences, Call Box 9000, Mayaguez, Puerto Rico 00681-9000
³Vegabajeños Impulsando Desarrollo Ambiental Sustentable (VIDAS), Vega Baja, Puerto Rico
⁴US Geological Survey, GSA Center #11 Federal Drive, Suite 400-11, Guaynabo, Puerto Rico 00955-3703
⁵USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703
⁶USFWS, Monitoring and Material Ecology Department, P.O. Box 38307, San Juan, Puerto Rico 00935-3703

An Interdisciplinary Erosion Mitigation Approach for Coral Reef Protection – A Case Study from the Eastern Caribbean

Carlos E. Ramos-Scharrón^{1,2}, Juan M. Amador³ and Edwin A. Hernández-Delgado^{4,5}
¹Island Resources Foundation, University of Texas at Austin
²Greg I. Morris Engineering COOP, University of Texas at Austin
³Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, University of Puerto Rico-Río Piedras
⁴Department of Geography & the Environment, the University of Texas-Austin
⁵Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, University of Puerto Rico-Río Piedras

Long-Term Impacts of Non-Sustainable Tourism and Urban Development in Small Tropical Islands Coastal Habitats in a Changing Climate: Lessons Learned from Puerto Rico

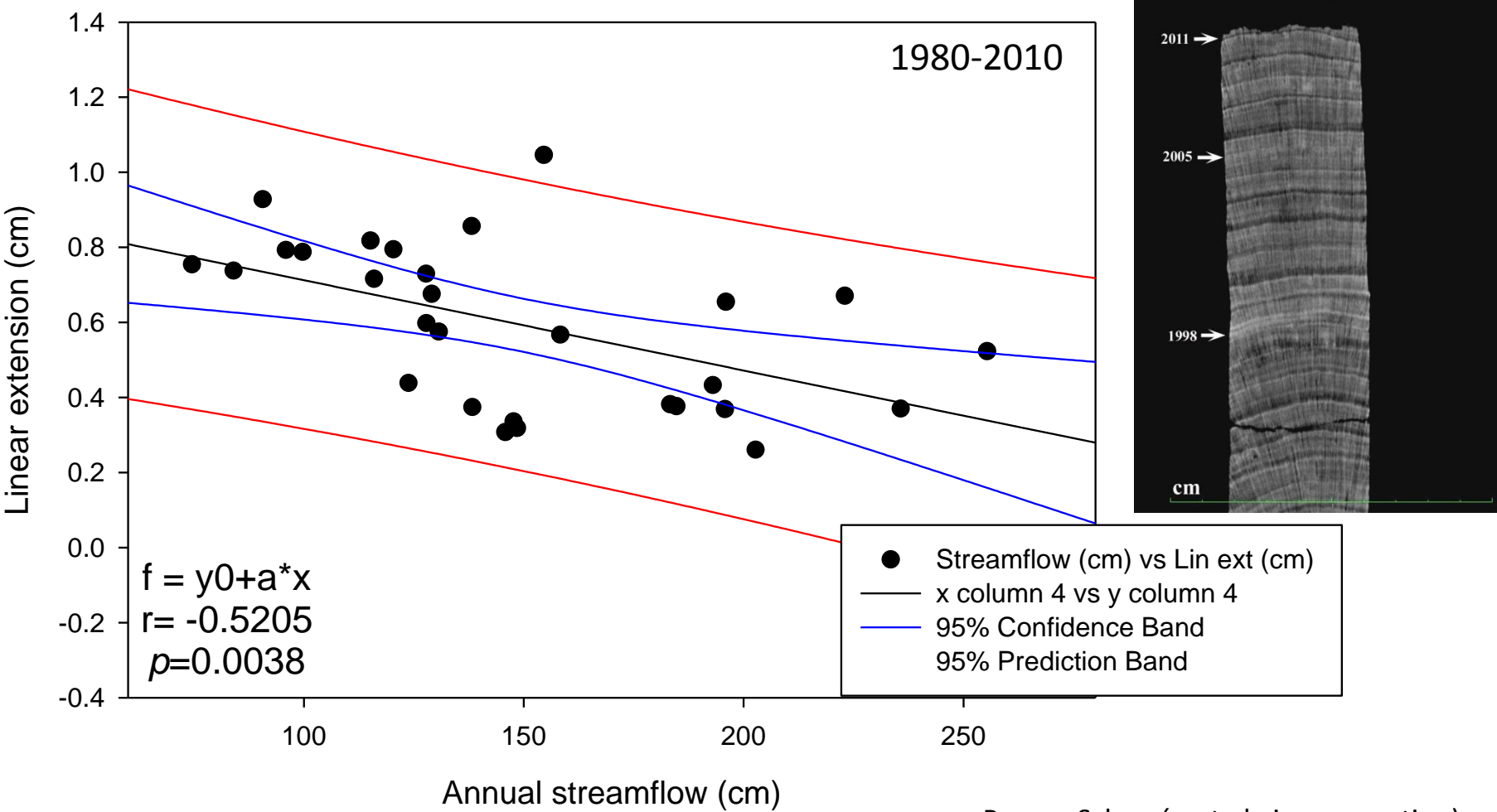
Edwin A. Hernández-Delgado¹, Carlos E. Ramos-Scharrón², Carmen R. Guerrero-Pérez³, Mary Ann Lucking⁴, Ricardo Laureano⁵, Pablo A. Méndez-Llorca⁶ and Joel O. Meléndez-Díaz⁷
¹Center for Applied Tropical Ecology and Conservation, University of Puerto Rico-Río Piedras
²Island Resources Foundation & Department of Geography and the Environment, University of Texas at Austin
³Instituto para un Desarrollo Sustentable
⁴Correlations, Inc.
⁵Vegabajeños Impulsando Desarrollo Ambiental Sustentable, Inc.
⁶Department of Environmental Health, University of Puerto Rico-Medical Sciences Campus
⁷Department of Environmental Sciences, University of Puerto Rico-Río Piedras
^{1,4,5,6,7} Puerto Rico
² USA



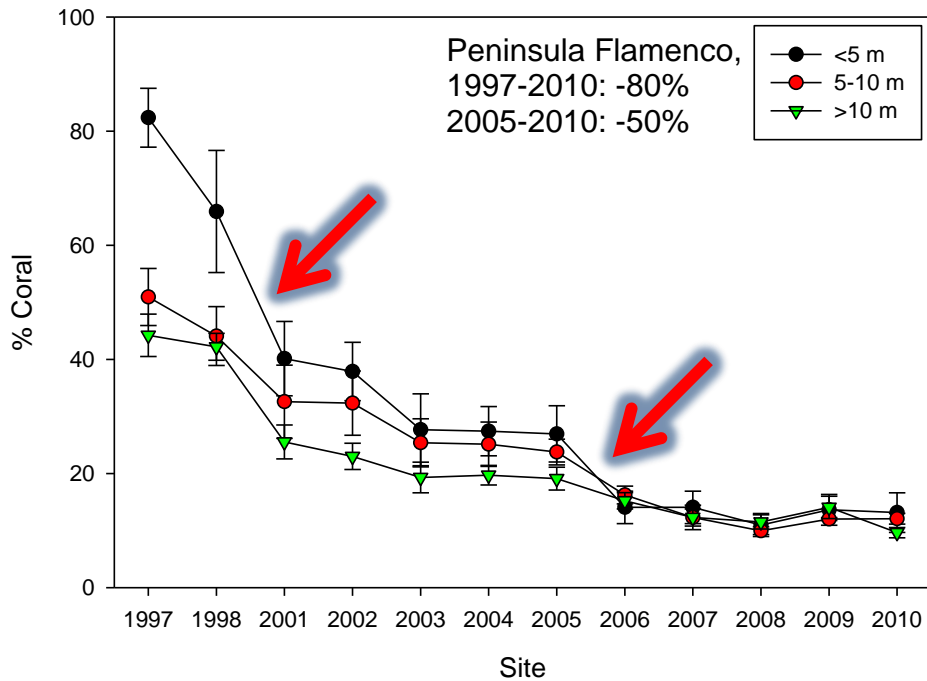
6

18

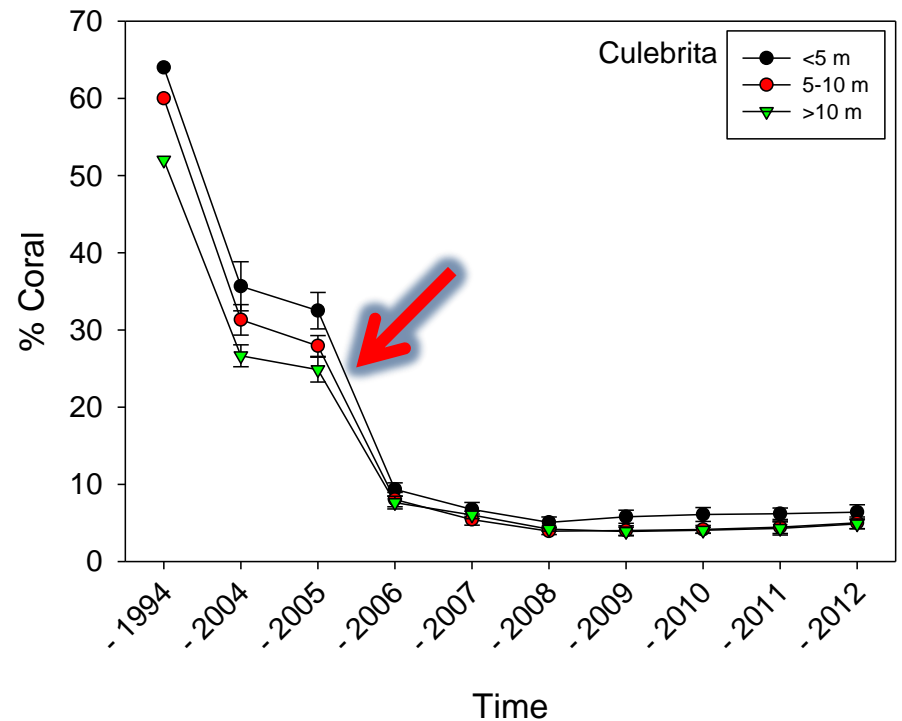
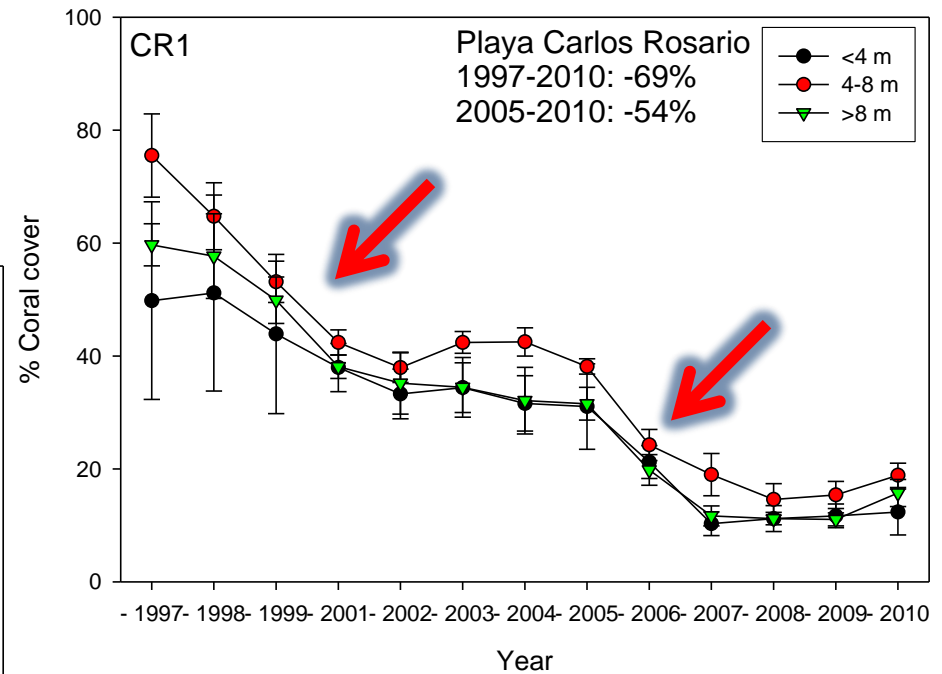
Turbidez crónica a largo plazo asociada al incremento en el flujo annual del Río Fajardo causó una reducción en la extensión linear esqueletal en *Montastraea annularis*



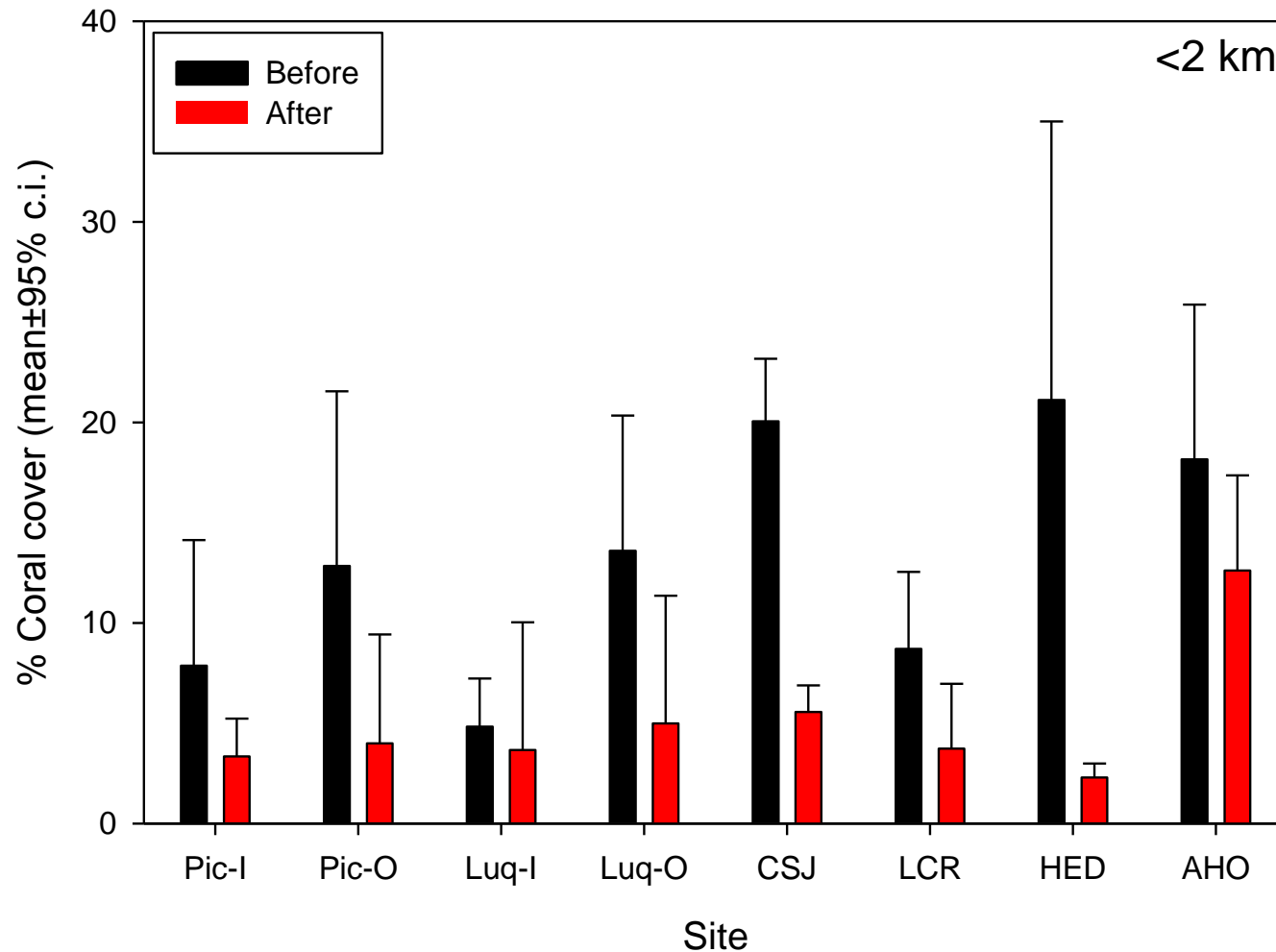
Cambios graduales: Camino al colapso?



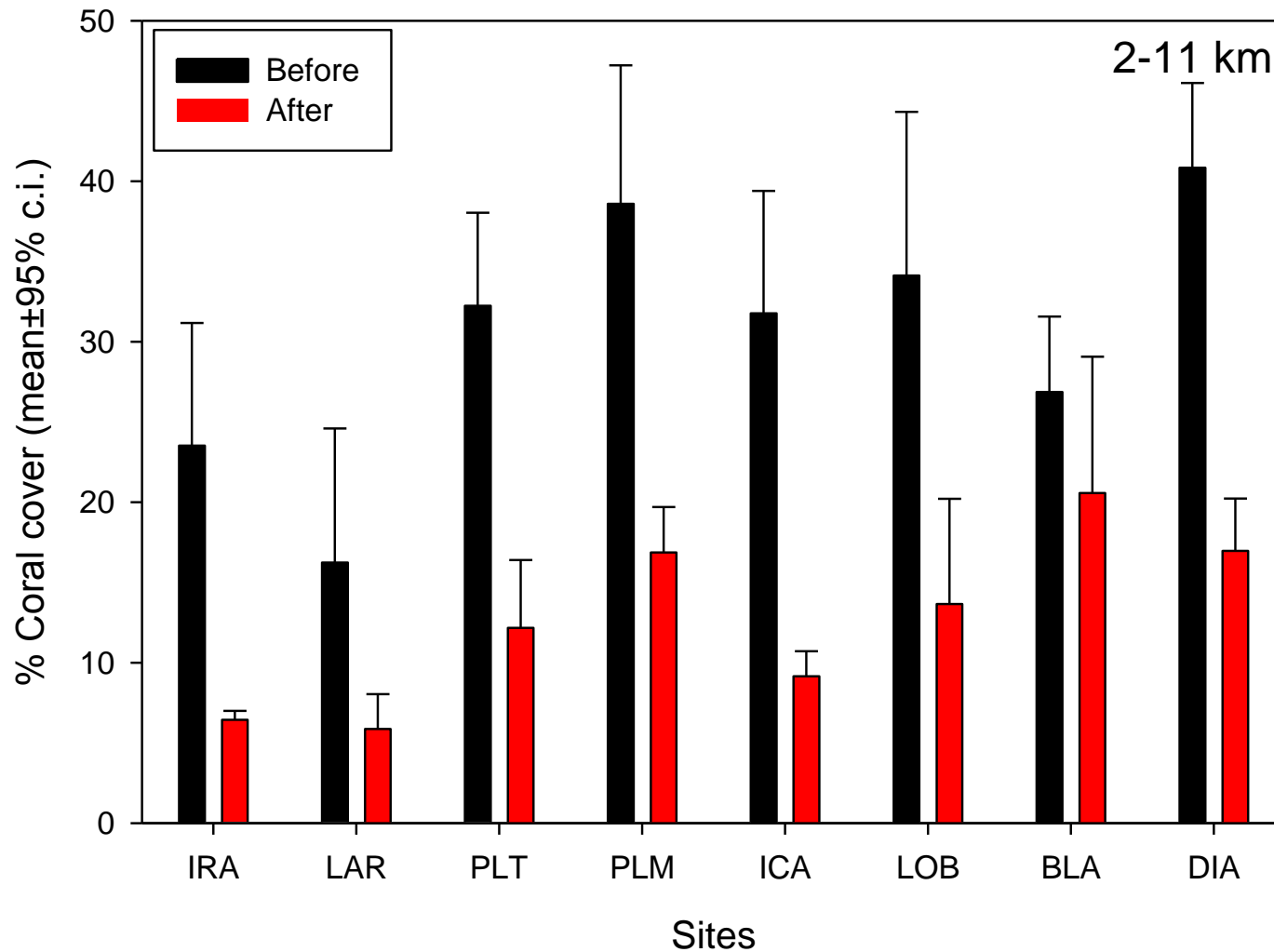
(Hernández-Delgado et al., in preparation)



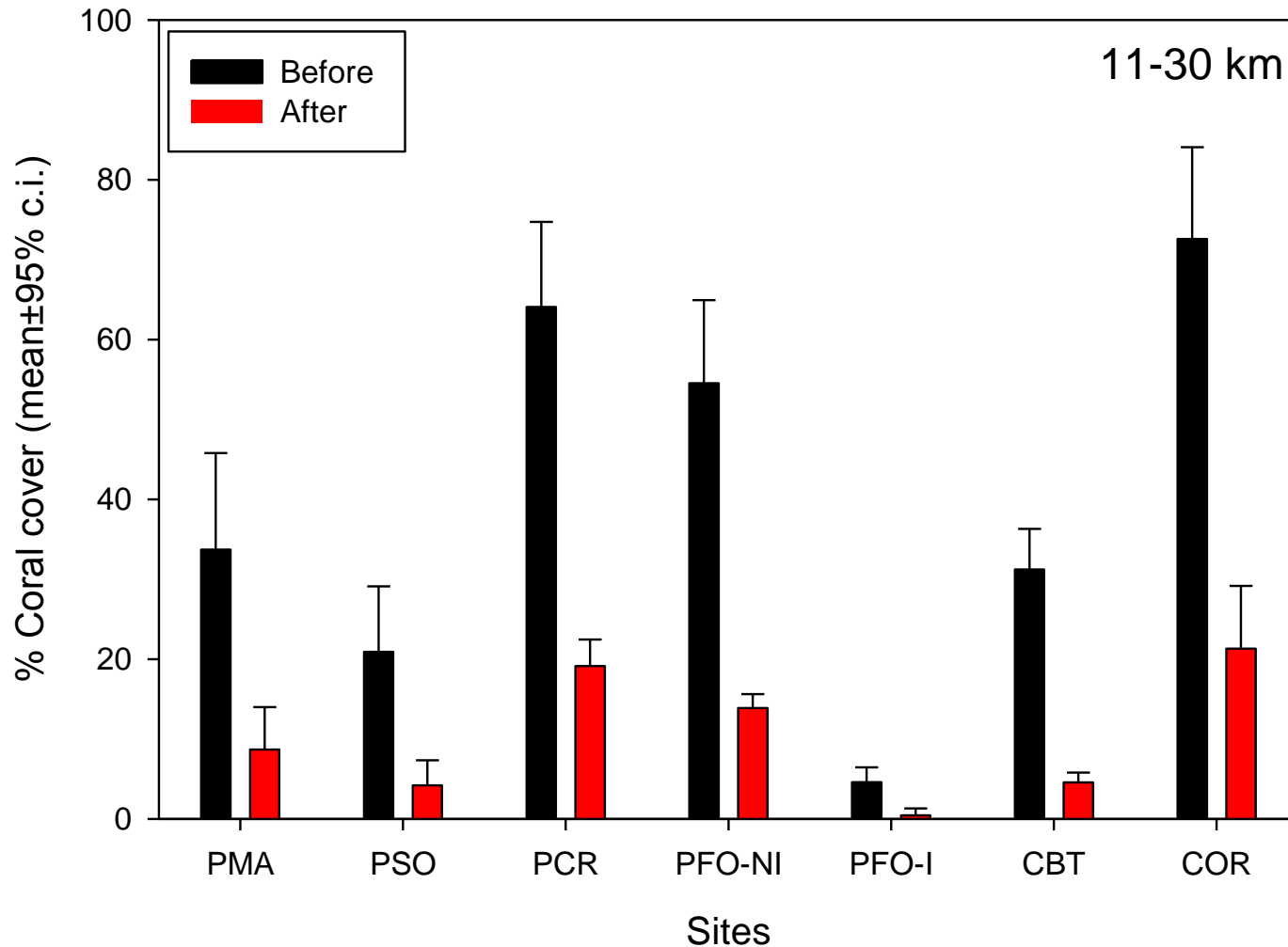
Massive post-bleaching coral decline Inshore reefs (<2 km)



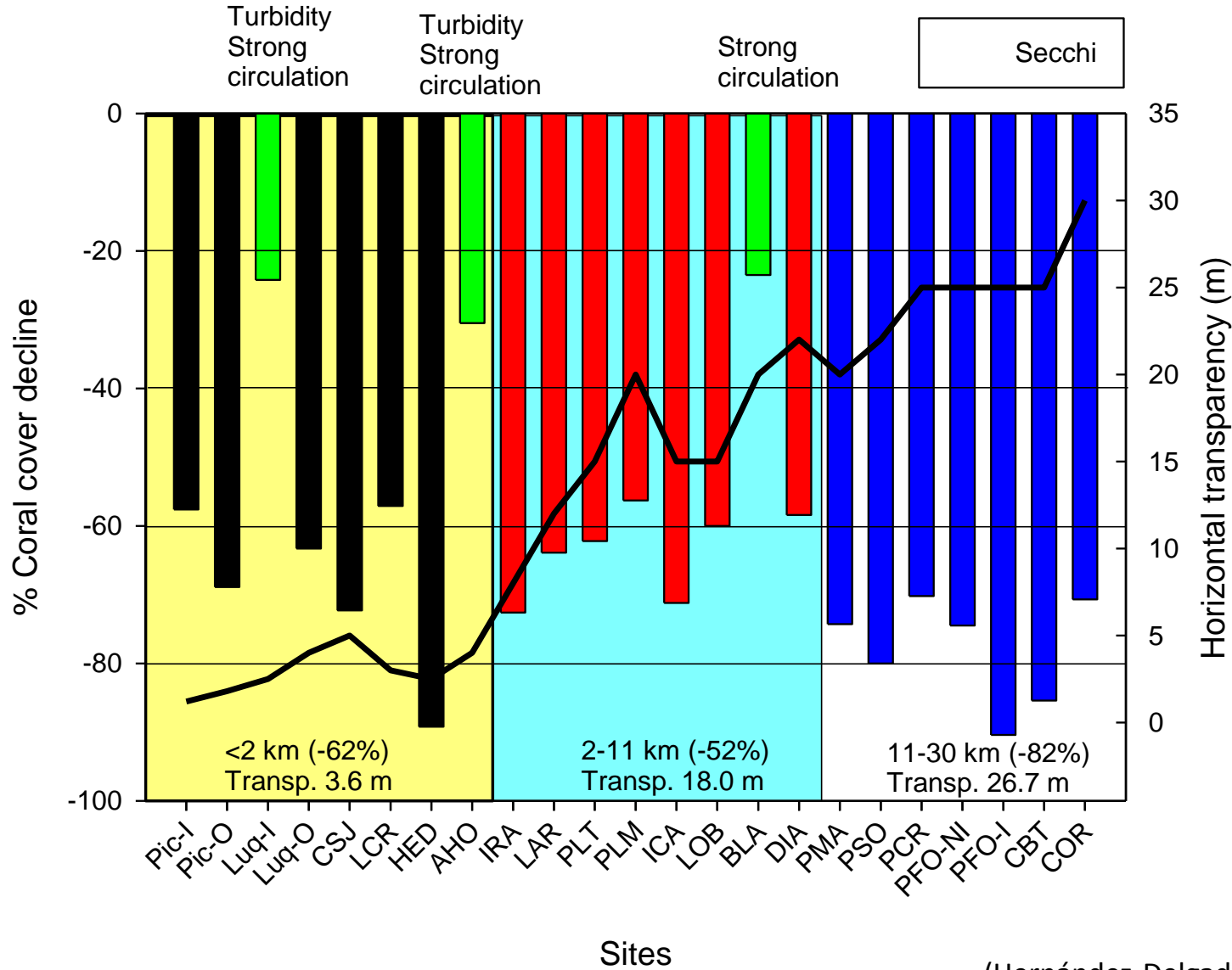
Massive post-bleaching coral decline Midshelf reefs (2-11 km)



Massive post-bleaching coral decline Outer shelf reefs (11-30 km)



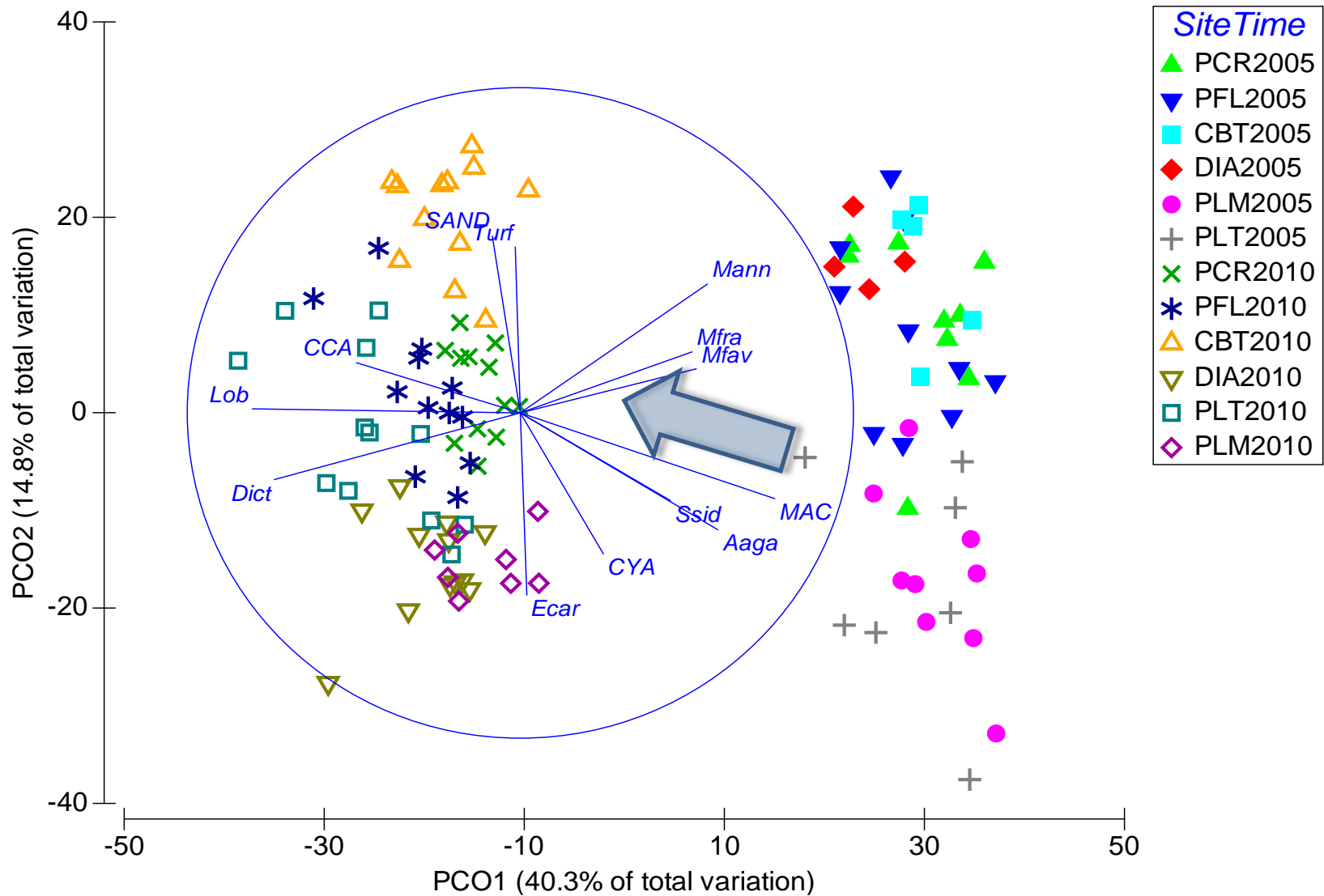
Trayectoria de la comunidad arrecifal



X= -64%

23-90% pérdida

Trayectoria de la comunidad arrecifal



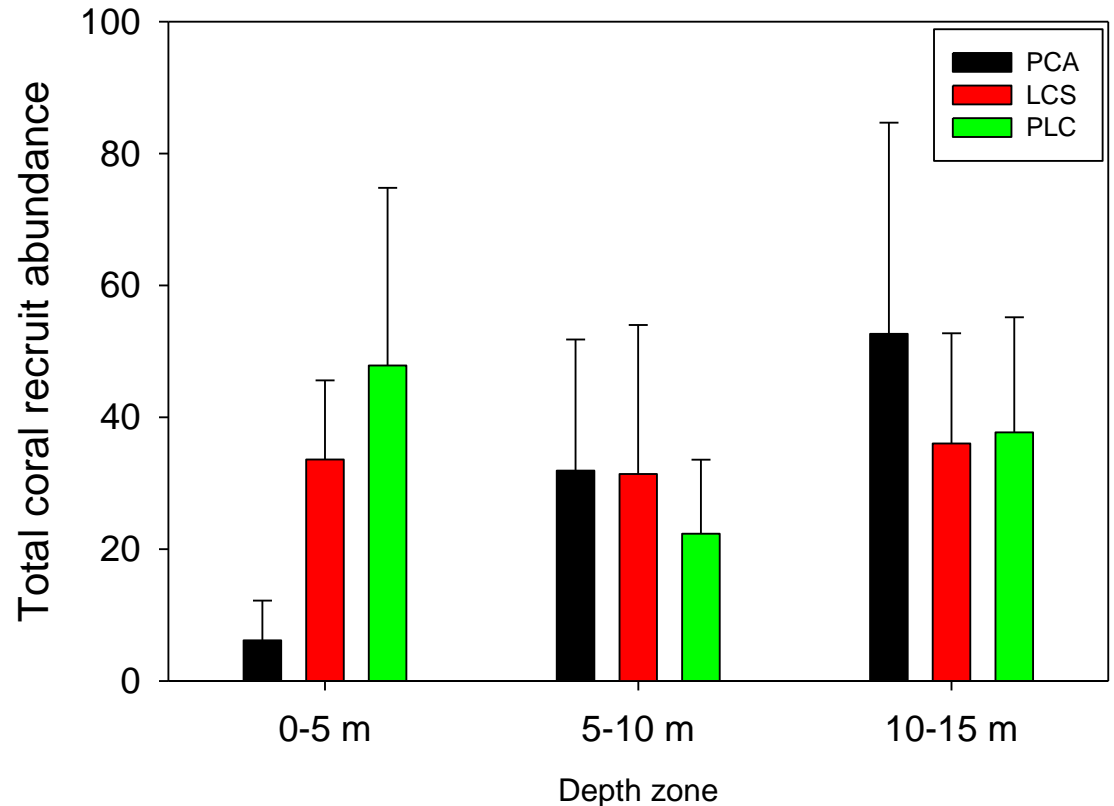
Cambios graduales reflejados en el reclutamiento de corales

Densidad de reclutas más baja que la documentada en la literatura.

Cambio gradual favoreciendo especies efímeras con poco valor bioconstruccional: ej., *Siderastrea radicans*, *Porites astreoides*

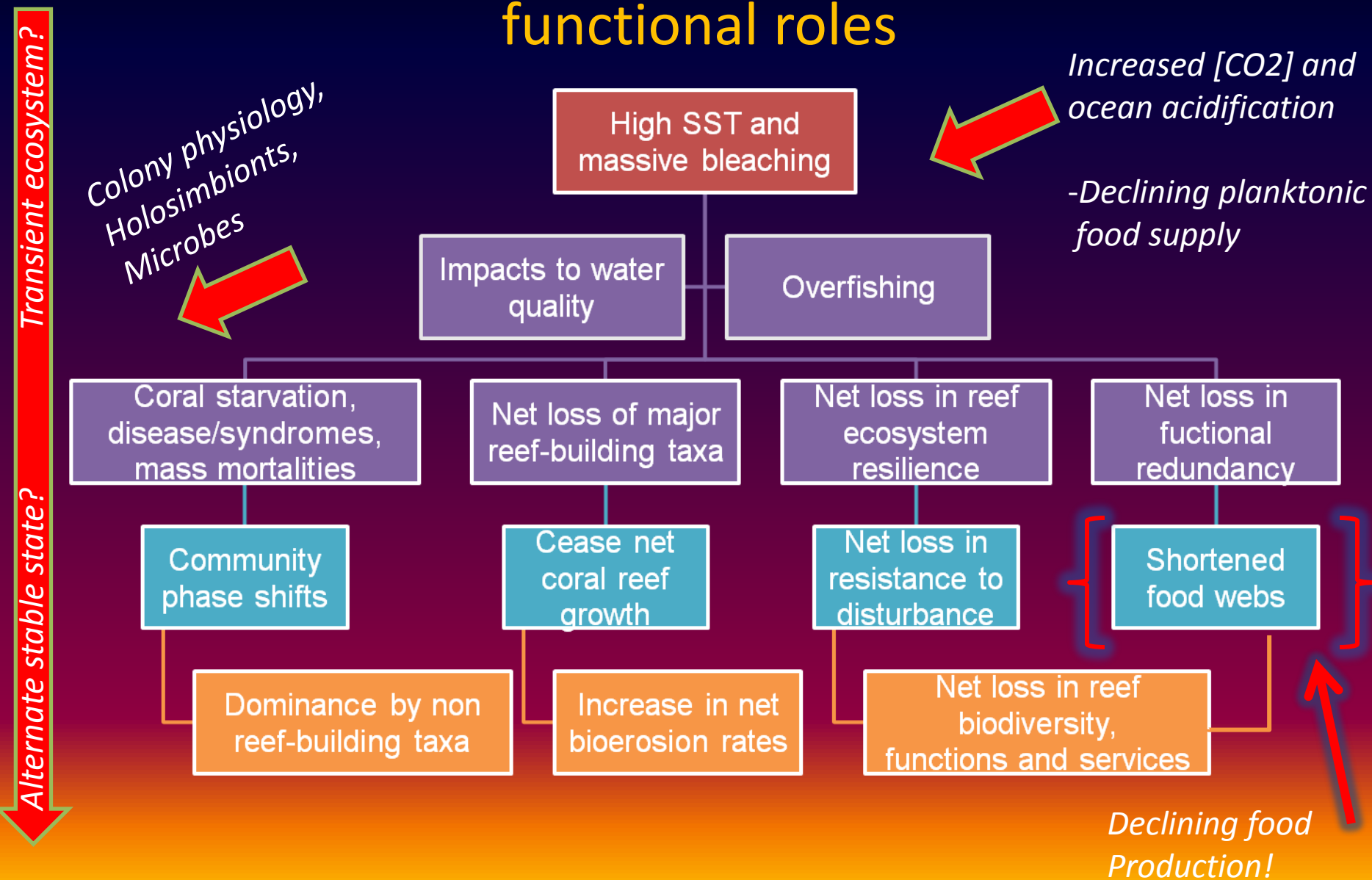
Fallas en el reclutamiento debido a incremento en la cobertura de macroalgals y/o cyanobacterias

Colapso en el reclutamiento de especies bioconstructoras



(Hernández-Delgado, et al., in review)

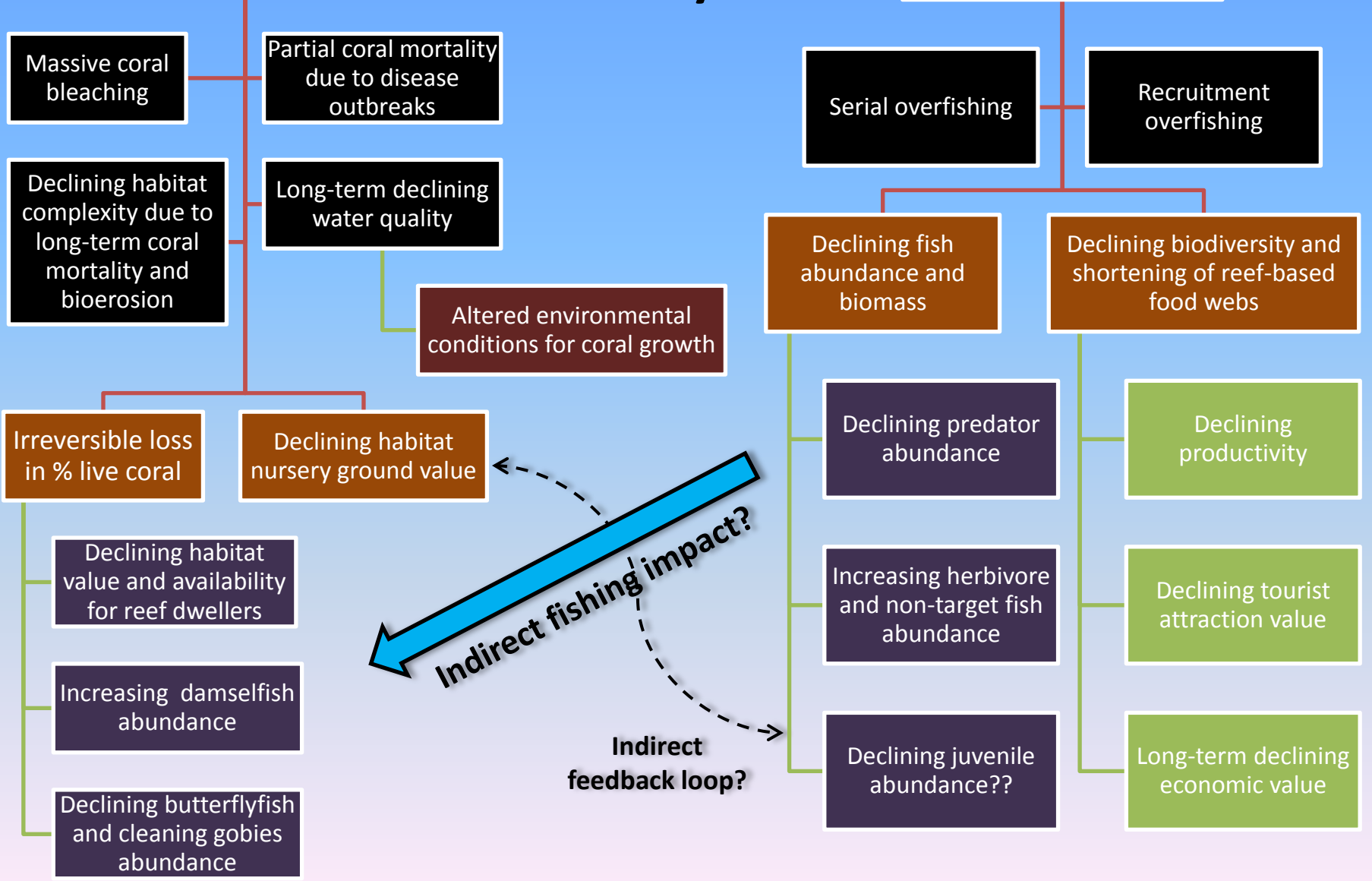
Combined long-term consequences of climate change and other human insults in coral reef functional roles



Triggers of faster transient dynamics

Bottom-Up processes

Top-down processes



Alternativas de manejo

1. Integrar comunidades de base al manejo

- Las comunidades son el objeto del manejo, pero rara vez se incluyen en la solución
- La participación debe incluir:
 - Identificación y discusión de problemas
 - Desarrollo de soluciones alternativas
 - Implementación y evaluación de soluciones
- Es el mecanismo más directo para:
 - Educación transformadora



Impactos a nivel paisajista y redundancia funcional



Alternativas de manejo

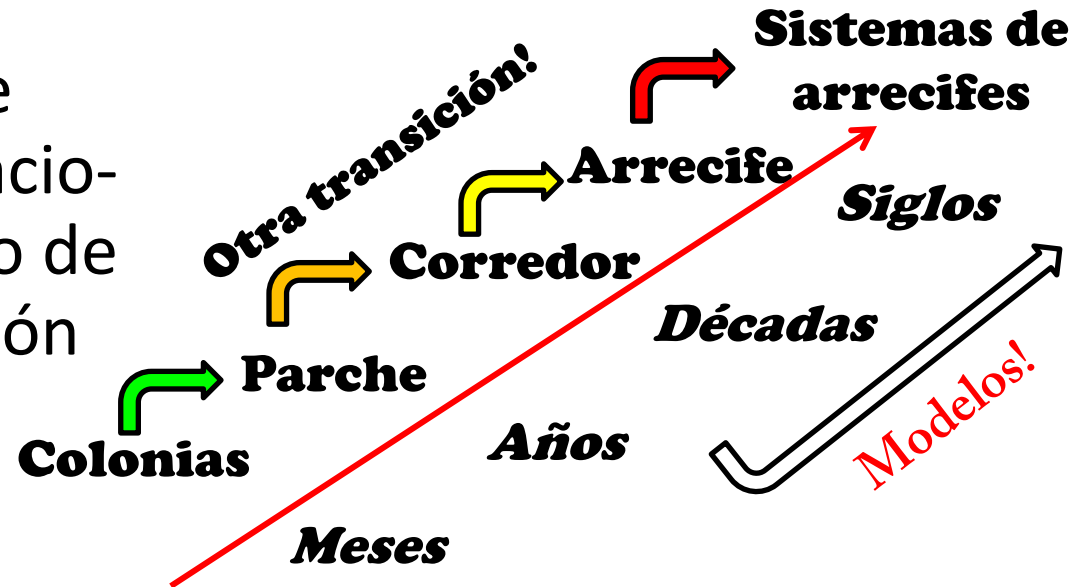
2. Manejar factores locales que afectan al arrecife

- **Contaminación terrestre:**
 - Reforestación (control erosión, velocidad/volumen escorrentías, y transporte de sedimentos)
 - Restauración de humedales y manglares
- **Eliminar “waivers” 301-h waivers (USEPA) para descarga aguas usadas de nivel primario:**
 - Reducir sobrecarga de aguas usadas, patógenos y nutrientes
 - Reducir sobrecimiento macroalgas
- **Redes de AMPs:**
 - Integración comunitaria.
 - Reducir presión pesca en zonas estratégicas.
 - Rehabilitar grupos funcionales de peces y la herbivoría (aumentar la resiliencia)
- **Fomentar reclutamiento de langostas y pulpos:**
 - Reabastecer el arrecife
 - Restaurar la depredación sobre invertebrados coralívoros

Alternativas de manejo

3. Estrategias noveles de acuacultura de corales

- Necesidad urgente de expandir escalas espacio-temporales del cultivo de corales y la restauración de arrecifes
- Necesidad urgente de desarrollar métodos de cultivo de especies de corales de crecimiento lento y bajo reclutamiento



Alternativas de manejo

4. Manejo basado en el ecosistema

- Enfocarse en los paradigmas principales
- Mayor comprensión de impactos en el ecosistema de la restauración ecológica
- Identificar clones genéticos de corales resistentes a temperaturas altas y a la contaminación

Mayor
Hervivoría
Rehabilitar
Redundancia Funcional

Impactos por
macroalgas
competidoras

Enfermedades
sensitivas a temperatura
Impactos de calidad
del agua



Individuo

Acuacultura de corales (selección de clonos)
Fisiología

Población

Restauración ecológica (clonos resistentes a temperatura alta)

Fomentar el reclutamiento sexual de corales

Comunidad (Redundancia funcional)

Rehabilitación microhábitats

Fomentar aumento abundancia y biomasa peces

Aumentar % cobertura corales

Microhábitats nuevos

Ecosistema

Diversidad de peces
Productividad carbono

Rehabilitación herbivoría y productividad primaria

Reducción % cobertura y biomasa algas

Fomentar aumento en acreción arrecife

Alternativas de manejo

5. Rehabilitación de la herbivoría

- La restauración del arrecife de coral debe enfocarse en la rehabilitación de procesos claves, incluyendo la herbivoría
- Fomentar un incremento en las tasas de reclutamiento de peces.
- Fomentar un aumento en la densidad de *Diadema antillarum*:
 - Vía cultivo de larvas en el laboratorio
 - Reabastecimiento y trasplantes



Alternativas de manejo

6. Regresar a la “Biología de Arrecifes 101”

- Regresar a estudiar la biología básica de las interacciones entre los corales y otros invertebrados, algas, etc.
- Comprender si los impactos del cambio climático han alterado los niveles umbrales de las respuestas de interacciones.



Alternativas de manejo

7. Monitoreo ecológico guiado por preguntas y experimentación

- Adoptar un acercamiento a nivel de ecosistema más amplio para abarcar de forma integrada sistemas someros y mesofóticos.
- Mejorar el monitoreo ecológico para comprender la dinámica de los ecosistemas y los cambios graduales en sistemas lentos.
- Identificar indicadores de la proximidad de un nivel umbral en sistemas lentos.
- Experimentos para probar mecanismos de reversión de las transiciones.



Mensaje para llevar a casa!!!

- Muchos de los arrecifes de coral en transición en Puerto Rico se encuentran en mal estado y carecen de señales significativas de recuperación natural.
- La naturaleza gradual de muchos de los cambios ecológicos resulta muy difícil de identificar y manejar a tiempo.
- La debilidad en la gobernanza, enfoque reduccionista, visión fragmentada y la carencia de datos consistentes agrava la capacidad de responder a los cambios ecológicos.



Mensaje para llevar a casa!!!

- Existen múltiples estrategias de manejo que pueden resultar efectivas en un contexto colaborativo.
- El cultivo de corales y la restauración arrecifal ha sido una de las herramientas más efectivas para ayudar a revertir los estadios transicionales en el arrecife de coral y empoderar a las comunidades de base en el manejo de los ecosistemas.
- Pero el manejo de los ecosistemas debe ser participativo e integrativo.



Edwin A. Hernández-Delgado

Universidad de Puerto Rico

Centro para la Ecología Tropical Aplicada y Conservación

Grupo de Investigación en Arrecifes de Coral

Apt. 23360

San Juan, PR 00931-3360



coral_giac@yahoo.com

<http://upr.academia.edu/EdwinHernandez>

<http://catec.upr.edu>



CARIBBEAN
CORAL REEF
INSTITUTE

