



# Enfoque ecosistémico para restaurar humedales costeros ante los cambios globales

ALEJANDRO YÁÑEZ-ARANCIBIA, JOHN W. DAY, ROBERT R. TWILLEY y WILLIAM J. MITSCH

Los cambios globales impactarán significativamente el manejo integrado de la zona costera en el siglo 21: destruyendo humedales, colapsando recursos naturales, expandiendo ciudades y centros poblados, incrementando la degradación ambiental, creando incertidumbre metodológica respecto de la restauración, acelerando el cambio climático global, aumentando el costo y disminuyendo la disponibilidad de energía, incrementando la presión económica y social y elevando la dramática incompreensión del manejo ecosistémico de los humedales costeros.

Vivir por siglos en las costas del golfo de México constituye una historia de enfrentamiento con inundaciones de primavera (en Estados Unidos) e inundaciones de verano (en México) y con fuertes tormentas y huracanes de verano-otoño en ambas costas. Por una parte, las inundaciones y los huracanes son las condicionantes ambientales del paisaje costero, además de controlar el qué y el dónde la gente puede asentarse con calidad de vida; por otra parte, ambas condicionantes ambientales modulan los mecanismos de producción natural en la plataforma continental somera y, como consecuencia, diversas especies de recursos pesqueros acoplan sus ciclos de vida con estos procesos ambientales siguiendo un paisaje *en-continuo* desde la cuenca hidrológica hacia las lagunas costeras y estuarios, deltas y el océano adyacente, siendo los humedales la pieza clave en la integridad ecológica de la zona costera (Yáñez-Arancibia *et al.* 2004). Estas dos condicionantes ambientales también modulan la notable diversidad y la productividad de los humedales costeros que se encuentran en el golfo de México. En el siglo 21 también se debe considerar cómo esos hábitat costeros sostienen a las comunidades de pobladores, pero también cómo son afectadas por el propio desarrollo social.

Con la premisa de que solo es sustentable el manejo basado en el funcionamiento del sistema ecológico, nuestro enfoque para restaurar y sostener esos hábitat debe ser colocado en un contexto social, económico y ecológico, entendiendo el enfoque ecosistémico -o manejo basado en el funcionamiento del sistema ecológico- como una perspectiva para ver dónde estamos, como un primer paso en el proceso de restauración/rehabilitación de los humedales de la zona costera en el golfo de México, principalmente porque en el siglo 21 aparecen nuevos componentes en la ecuación para restaurar hábitat costeros, como son el cambio climático global, el ascenso relativo del nivel medio del mar, la subsidencia, la acreción, la derivación de los ríos, la disponibilidad y costo de la energía, los ecosistemas en auto-diseño y las unidades ambientales, para contender con estos problemas en diversas latitudes (Yáñez-Arancibia y Day 2004, Day *et al.* 2005 y 2007, Day y Yáñez-Arancibia 2007, Boesch 2006, Costanza *et al.* 2006, Lane *et al.* 2006, Mitsch y Day 2006).

Antes de pasar a la discusión de este planteamiento es preciso establecer dos definiciones de referencia: *Restauración* es regresar un ecosistema lo más posible a sus condiciones antes del disturbio -utilizando ciencia tanto como se pueda- enfocando los recursos de peces, la vida silvestre, la calidad de agua y el fortalecimiento de la vegetación costera (Chapman y Reed 2006); el énfasis es sobre la estructura. *Rehabilitación* es la recuperación de la salud del ecosistema para mantener un metabolismo productivo y obtener el óptimo de los servicios ambientales fortaleciendo sus condiciones resilientes, sobre base científica y tecnológica (Costanza *et al.* 2006, Day *et al.* 2007, Twilley 2007 [entrevista]); el énfasis es sobre el funcionamiento.

El manejo ecosistémico requiere integración de múltiples componentes y usos del sistema, aproximación social, económica y ambiental identificando problemas y esforzándose por obtener resultados sustentables, precaución para evitar acciones deletéreas, y adaptaciones con base en experiencias tendientes al logro de

---

A. Yáñez ([alejandro.yanez@inecol.edu.mx](mailto:alejandro.yanez@inecol.edu.mx)) es investigador en el mexicano Instituto de Ecología (Veracruz) e integrante de la Comisión Mundial de Manejo de Ecosistemas de la IUCN. J. Day ([johneday@lsu.edu](mailto:johneday@lsu.edu)) y R. Twilley ([rtwilley@lsu.edu](mailto:rtwilley@lsu.edu)) son investigadores en Louisiana State University (EU). W. Mitsch ([mitsch.1@osu.edu](mailto:mitsch.1@osu.edu)) es investigador en The Ohio State University (EU).

soluciones efectivas y al fortalecimiento del proceso en el tiempo.

Puede reducirse la incertidumbre científica a la luz de la figura 1 (de R. R. Twilley), donde se destacan dos columnas principales: la de la derecha, el “programa científico”, la de la izquierda, la “disponibilidad de datos e información”, interactuando ambas a través de tres agendas principales: la “planeación”, la “implementación” y la “evaluación”. Desde nuestro enfoque, el proceso de planeación es la pieza clave para mantener viva la hipótesis que se basa en el funcionamiento del ecosistema. Una vez implementado el proceso, las respuestas del sistema son el principal insumo para su evaluación, además de que su desempeño retroalimenta las dos columnas principales. La evaluación del proceso se ilustra en las tres gráficas de la figura 2: (A) La recuperación nunca alcanza el nivel máximo de desarrollo de las condiciones prístinas; más aun, el máximo nivel de desarrollo disminuye en el tiempo declinando marcadamente la integridad ecológica del sistema frente a los cambios globales. Al monitorear la evaluación del desempeño en la meta de restauración (B), se observa que el ecosistema en restauración se acerca ligeramente al ecosistema de referencia, pero después de algún tiempo hay tendencia a regresar al estado de degradación, lo cual es muy común en estos procesos, porque lograr la estructura y el funcionamiento del sistema de manera similar a sus condiciones prístinas es prácticamente insostenible en el tiempo. La alternativa, entonces, es aproximarse a una rehabilitación de las funciones más cercanas de sus servicios ambientales (servicios como el metabolismo de materia orgánica para mantener la producción de biomasa útil, la depuración de aguas residuales y la dilución de la contaminación, la retención de sedimentos y nutrientes, la protección de la calidad del agua, la acreción sedimentaria para la protección de la línea de costa fortaleciendo la vegetación costera y amortiguando la subsidencia para prevenir la intrusión salina, el control de inundaciones y recarga de aguas subterráneas y la protección de tormentas amortiguando el ascenso relativo del nivel medio del mar) como se ilustra en (C). En el modelaje de prueba de la predicción de la hipótesis se observa que la alternativa para romper el círculo vicioso entre degradación-restauración en (C) es la salida alterna hacia la rehabilitación, la que con una estructura relativamente distinta al ecosistema prístino se mantiene en el tiempo funcionando con sus servicios ambientales y sosteniendo su resiliencia. Frente a los cambios globales esta alternativa (C) parece ser la viable en el siglo 21.

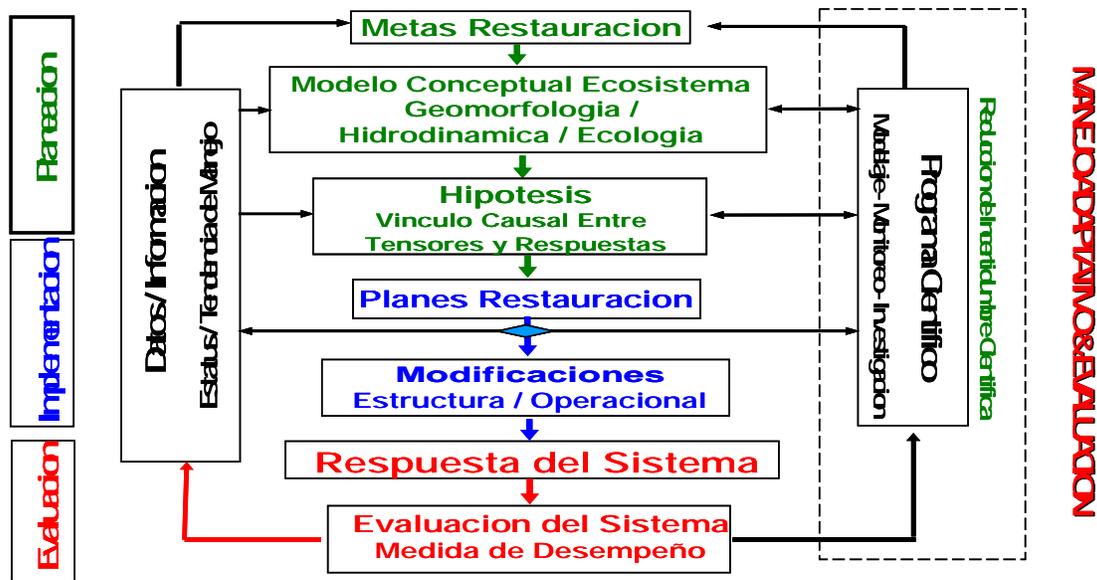


Figura 1. Implementación del manejo adaptativo, rehabilitación/restauración, y su evaluación en sistemas de humedales costeros (R. R. Twilley [entrevista]). Las columnas de “datos e información” y la del “programa científico” se comunican y fortalecen a través de las tres agendas de “planeación”, “implementación” y “evaluación”. La fuerza de la hipótesis se sostiene en el modelo conceptual del ecosistema. La respuesta del sistema es fundamental para retroalimentar todo el proceso.

Por ejemplo, se ha propuesto una restauración ecológica e hidrológica de la cuenca Mississippi-Ohio-Missouri, en Estados Unidos, como solución a las condiciones recurrentes de hipoxia en el golfo de México, debidas a excesos de nitrógeno-nitratos que causan eutrofización, siendo su fuente el incremento de fertilizantes en las regiones influidas por esta cuenca de drenaje (Lane *et al.* 2006). Esta región se ha drenado

artificialmente y se ha perdido entre el 80 y el 90 por ciento de sus humedales originales (Mitsch y Day 2006, Day *et al.* 2007). Un proceso similar, pero de magnitud inferior, ha ocurrido en la cuenca Grijalva-Usumacinta, en México (Day *et al.* 2003). En ambos países, la pérdida de humedales en sus costas del golfo es cercana a los 250 km<sup>2</sup> por año, por causa de dragado y relleno de humedales en actividades industriales, cambio de uso de suelo, expansión urbana, construcción de canales y bordos para control de inundaciones y alteraciones hidrológicas mayores en la planicie deltaica (Yáñez-Arancibia y Day 2004, Yáñez-Arancibia *et al.* 2004).

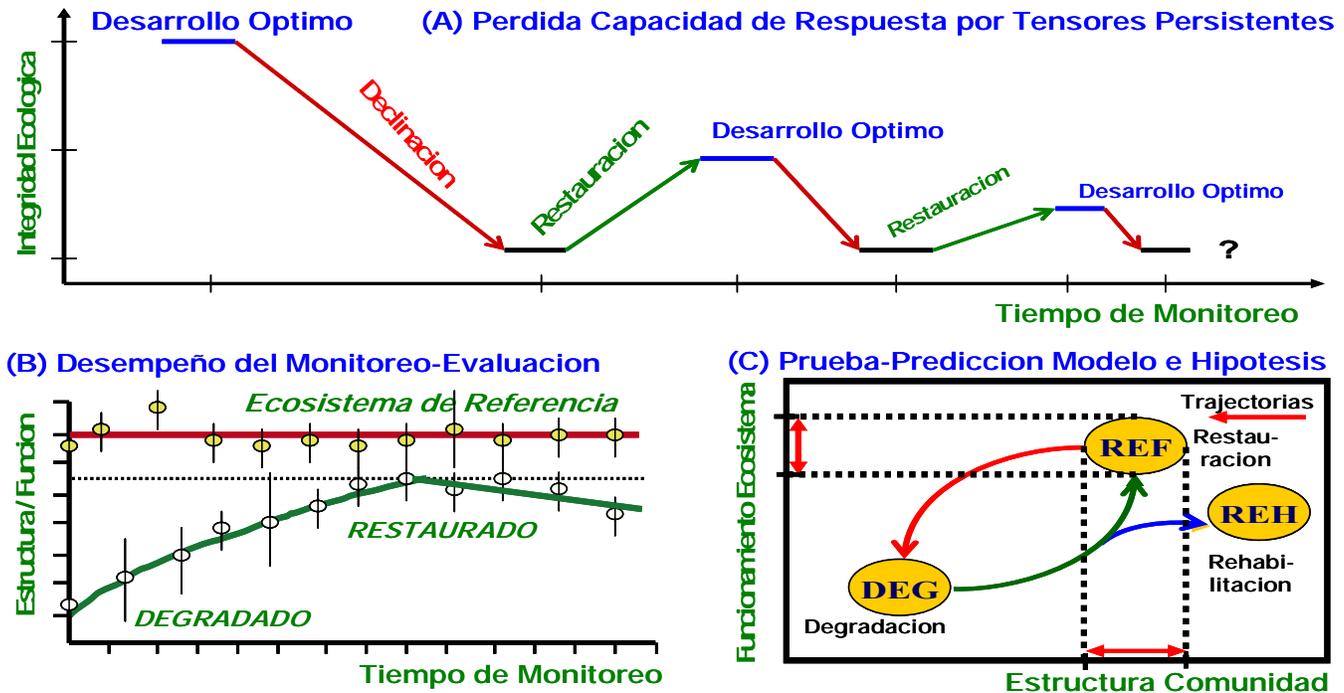


Figura 2. El modelaje y monitoreo son esenciales en el desarrollo del manejo adaptativo, fortaleciendo tanto el modelo conceptual como el modelo de simulación en ecología de la rehabilitación/restauración de humedales costeros. (A) Debido a que la capacidad de respuesta de los humedales costeros a los tensores depende de su resiliencia, la declinación de la integridad ecológica será mas rápida en el tiempo y la restauración mas incierta. (B) El ecosistema bajo restauración se acerca ligeramente al ecosistema de referencia, pero después de algún tiempo hay tendencia a regresar al estado de degradación. (C) Es la salida alterna hacia rehabilitación, la cual con una estructura relativamente distinta al ecosistema prístino se mantiene en el tiempo funcionando con sus servicios ambientales y sosteniendo su resiliencia.

Los esfuerzos de restauración/rehabilitación costera deberán ser mucho más intensos, sobre todo para atenuar los impactos del cambio climático, incluyendo el acelerado ascenso relativo del nivel del mar (i.e., 40 a 100 cm para fines del siglo 21 en el golfo de México) y cambios en los patrones de precipitación (i.e., más de 22 por ciento a fines de siglo). Los futuros esfuerzos de rehabilitación deberán enfocarse en usos menos intensos de energía y empleo de técnicas de manejo de ingeniería ecológica que utilicen la energía natural del sistema, porque el bombeo de agua y sedimentos será prácticamente incosteable en el futuro. Con el incremento de iniciativas de rehabilitación de humedales costeros el proceso de ecosistemas de auto-diseño (o reacomodación frente a los cambios globales) debe ser revisado siguiendo la huella energética, porque es un enfoque viable en el proceso de rehabilitación, y los atributos ideales de la rehabilitación funcional auto-sustentable constituyen una realidad que debe ser utilizada en la planificación ambiental estratégica de la zona costera (Costanza *et al.* 2006, Mitsch y Day 2006, Day *et al.* 2007). Probablemente, una de las principales justificaciones para rehabilitar con urgencia los humedales costeros del golfo de México sea el costo del deterioro frente a los desastres naturales. Costanza (2007) ha estimado que en Estados Unidos los humedales proveen un servicio ambiental de protección contra los huracanes y tormentas de \$23,2 billones por año, por lo que su rehabilitación/restauración/preservación es una estrategia extremadamente benéfica en términos de costo-beneficio para la sociedad.

El manejo adaptativo es un proceso central en la rehabilitación de humedales costeros en el golfo de México. Basado en estas experiencias, el enfoque de ecosistema para el manejo costero debe encausarse hacia: (1) actividades científicas que orienten soluciones requeridas para la rehabilitación, (2) construcción de puentes

de conexión que aproximen las barreras científicas y de manejo para hacer más efectiva la ciencia integrada al manejo, (3) poner más atención para comprender los resultados y productos que fortalezcan la resiliencia del



Belice

Olivier Chassot

ecosistema frente a los cambios globales, (4) fortalecimiento de la capacidad de la ciencia para caracterizar la incertidumbre y comunicarla con eficiencia e (5) integración de modelos con bases de datos, observaciones e investigación para facilitar un manejo adaptativo eficaz.

Los beneficios del enfoque ecosistémico para la rehabilitación de humedales, además de resolver problemas de integridad ecológica, protección, eutrofización e hipoxia, incluyen: (1) incremento de la calidad del agua, (2) reducción de factores que deterioran la salud pública, (3) mitigación de inundaciones que afectan la ubicación en la zona

costera donde la rehabilitación está ocurriendo y (4) ahorro de mucho dinero. Antes de dar inicio al proceso de rehabilitación es necesario un enfoque ecosistémico de largo plazo, formal y riguroso, para reducir incertidumbres.

#### Referencias bibliográficas

- Boesch, D. F. "Scientific requirements for ecosystem-based management in the restoration of Chesapeake Bay and Coastal Louisiana", en *Ecological Engineering* 26, 2006.
- Chapman, P. y D. Reed. "Advances in coastal habitat restoration in the northern Gulf of Mexico", en *Ecological Engineering* 26 (1), 2006.
- Costanza, R. 2007. *The value of coastal wetlands for hurricane protection. Estuarine Research Federation Conference. 19<sup>th</sup> Biennial Conference. Nov 2007, Providence, RI.*
- Costanza, R, W. J. Mitsch y J. W. Day. "A new vision for New Orleans and the Mississippi delta: Applying ecological economics and ecological engineering", en *Frontiers in Ecological Environment*, 4 (9), 2006.
- Day, J. W. y A. Yáñez-Arancibia (eds.). 2007 (en prensa). *The Gulf of Mexico: Ecosystem-Based Management*. The Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Texas A&M University Press, College Station, TX.
- Day, J. W. et al. "Using ecotechnology to address water quality and wetland habitat loss problems in the Mississippi basin, and Grijalva-Usumacinta basin: A hierarchical approach", en *Biotecnology Advances*, 22 (1-2), 2003.
- Day, J. et al. "Implications of global climate change and energy cost and availability for the restoration of the Mississippi delta", en *Ecological Engineering* 24, 2005.
- Day, J. et al. "Restoration of the Mississippi Delta: Lessons from hurricanes Katrina and Rita", en *Science*, 315, 23 march 2007.
- Lane, R., J. W. Day y J. N. Day. "Wetland surface elevation, vertical accretion, and subsidence at three Louisiana estuaries receiving diverted Mississippi river waters", en *Wetlands*, 26 (4), 2006.
- Mitsch, J. W. y J. W. Day. "Restoration of wetlands in the Mississippi-Ohio-Missouri river basin: Experience and needed research", en *Ecological Engineering* 26 (1), 2006.
- Yáñez-Arancibia, A. y J. W. Day. "Environmental sub-regions in the Gulf of Mexico coastal zone: The ecosystem approach as an integrated management tool", en *Ocean & Coastal Management* 47, 2004.
- Yáñez-Arancibia, A. et al. "Estuary-shelf ecological interactions: Conceptual framework for coastal environmental management", en s.a. 2004. *Environmental Diagnosis of the Gulf of Mexico*, Ine-Semarnat, Inecol A. C., The Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A & M University-Corpus Christi.

