

# Fortalecimiento de la resiliencia genética

## Breviario sobre adaptación

### Panorama general

Entre las técnicas novedosas destinadas a fortalecer la resiliencia genética se incluyen aquellas que implican la mejora o la alteración dirigida del acervo genético, con el objeto de fomentar organismos mejor adaptados a futuros factores de presión asociados al cambio climático. Estas estrategias pueden desempeñar un papel importante en el aumento de la capacidad de adaptación y la resistencia ante los elementos de estrés climático, la aceleración de la recuperación frente a los factores de perturbación ambiental y el mantenimiento de servicios ecosistémicos clave (por ejemplo, hábitats de flora y fauna silvestres, y filtración de agua). Sin embargo, este tipo de técnicas novedosas también se asocia a mayores riesgos —entre los que pueden contarse la reducción de la diversidad genética, el aumento de sensibilidad frente a agentes de presión distintos a los previstos, la introducción de patógenos o depredadores y el uso ineficiente de recursos usualmente limitados (como financiamiento y capacidad del personal)—, por lo que deberán adoptarse con suma cautela. En tal sentido, cabe aclarar que si bien el presente breviario sobre adaptación tiene por objeto ofrecer un panorama general sobre las técnicas de pertinencia, ello no significa que abogue por su aplicación, misma que deberá evaluarse detenidamente en cada caso.

### Identificación de las vulnerabilidades climáticas y no climáticas

Los posibles cambios que especies y hábitats costeros y marinos podrían experimentar en un futuro como consecuencia del cambio climático, al igual que los impactos ligados a estas alteraciones, incluyen:

#### Incremento de la temperatura del agua

- Aumenta la presión y el deterioro ecológico, al igual que la mortalidad asociada, particularmente durante episodios de calor extremo.
- Incrementa el riesgo de blanqueamiento y enfermedades de arrecifes coralinos, lo que podría provocar un colapso del ecosistema a gran escala.

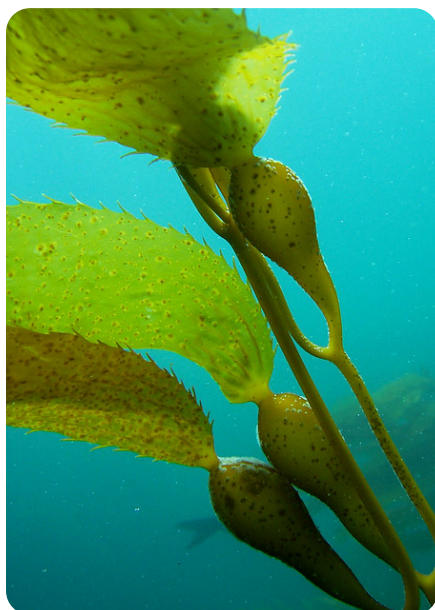
#### Acidificación del océano

- Reduce las tasas de calcificación en los arrecifes de coral y otros organismos marinos calcificadores.

#### Tormentas más frecuentes o severas

- Aumentan la mortalidad y producen pérdidas en la cobertura de especies clave.
- Generan daños en la estructura del hábitat (por ejemplo, fractura de las colonias de coral).
- Aumentan la turbidez por la presencia de sedimentos en suspensión, lo que provoca la reducción de luz y un aumento de los niveles de nutrientes que, a su vez, aceleran el crecimiento de las algas.

Los impactos derivados del estrés térmico, la acidificación de los océanos y los eventos de tormenta pueden agudizarse en ecosistemas que ya están en declive, lo que aumenta el riesgo de cambios de fase (por ejemplo, pasar de un ecosistema dominado por corales al predominio de macroalgas) o el colapso repentino del ecosistema.



### Reducción de vulnerabilidades mediante la instrumentación de acciones de adaptación

A continuación se ofrecen ejemplos de medidas de adaptación que se consideran técnicas para fortalecer la resiliencia genética, con la finalidad de reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático:

#### EJEMPLO: Trasplante de corales modificados genéticamente a arrecifes degradados

- ✓ Aumenta la presencia de organismos con características tolerantes al estrés.

#### EJEMPLO: Introducción en bosques de kelp vulnerables de esporas de poblaciones adaptadas a temperaturas más altas

- ✓ Reduce la mortalidad asociada al estrés térmico.

#### EJEMPLO: Aumento de la diversidad genotípica en ecosistemas con escasa diversidad de especies (por ejemplo, en lechos de pasto marino)

- ✓ Acelera la recuperación del hábitat tras eventos de calor extremo.
- ✓ Aumenta la producción de biomasa, la densidad de los pastos marinos y la abundancia de fauna.

## Estudios de caso

Los siguientes estudios de caso exponen la manera en que esta estrategia de adaptación se está aplicando para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en varias regiones de América del Norte.

### RESILIENCIA Y REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA GRAN MARISMA

Bahía Essex, Massachusetts, Estados Unidos



Claude Nozères, vía Wikimedia Commons (CC BY 4.0).

Un equipo de investigación de la Universidad de Boston restauró 1.2 hectáreas de pastos de la especie *Zostera marina* en la bahía Essex, situada en el mayor estuario dominado por humedales de Nueva Inglaterra (conocido como Gran Marisma [*The Great Marsh*]). Habiendo creado un modelo destinado a determinar los sitios más adecuados para su restablecimiento y tras haber puesto a prueba el trasplante de pastos de *Zostera marina* en algunas de las áreas sugeridas por dicho modelo, se obtuvo financiamiento por parte de la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre (*National Fish and Wildlife Foundation*, NFWF) con el fin de llevar a cabo esfuerzos de restauración a mayor escala. A partir de 2015, el equipo trasplantó a mano pastos de *Zostera marina*, provenientes de diversas fuentes en toda la región, con el objetivo de aumentar la resiliencia ante los factores de presión actuales y futuros. Con base en investigaciones efectuadas en otras regiones, se determinó que mejorar la diversidad genotípica en hábitats de lechos de pasto marino favorece la recuperación luego de olas de calor y otros eventos extremos. Los resultados iniciales sugieren que los trasplantes presentaron una tasa de supervivencia de 80 por ciento.

Este trabajo de restauración forma parte del Proyecto para la Planificación de Resiliencia en la Gran Marisma (*Great Marsh Resiliency Planning Project*), de mayores dimensión y alcance, y que también incluye: la restauración de marismas mareales y dunas; la modelización del transporte hidrodinámico de sedimentos y la distribución de sales; la evaluación de las barreras hidrológicas, y la planificación tanto de resiliencia como de respuestas de adaptación en las comunidades.

Si desea obtener más información, consulte el estudio de caso [Great Marsh Risk Reduction and Resiliency Enhancement](#) [Reducción de riesgos y mejora de la resiliencia en la Gran Marisma].

### REGENERACIÓN CORALINA A LO LARGO DE LA RIVIERA MAYA, MÉXICO

Quintana Roo, México

Este proyecto piloto de colaboración, dirigido por investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la organización SECORE International, se centra en el desarrollo, análisis e implementación de técnicas de restauración de arrecifes a gran escala encaminadas a favorecer la recuperación de especies de coral clave susceptibles al blanqueamiento y las enfermedades. Estas técnicas se crearon para aprovechar la propagación sexual de los corales, ya que los eventos de desove naturales pueden producir millones de reclutas de coral genéticamente únicos capaces de mejorar la diversidad genética en el arrecife y permitir la adaptación natural frente a los agentes de presión asociados al cambio climático.

El proyecto entraña lo siguiente:

- **Recolección de óvulos y espermatozoides durante los eventos de desove de los corales**, para luego fecundarlos *in vitro*, cultivar los embriones y criar las larvas dentro de un laboratorio hasta que se asienten en sustratos adecuados para formar corales juveniles.
- **Desarrollo y prueba de métodos rentables para cultivar un gran número de larvas de coral** en grandes piscinas flotantes y proporcionarles sustratos adecuados para su asentamiento.
- **Trasplante de reclutas de coral y monitoreo del éxito de la restauración coralina.**

Si desea obtener más información, consulte el estudio de caso [Project Mexico: How to regrow corals along the Riviera Maya](#) [Proyecto México: cómo regenerar corales a lo largo de la Riviera Maya] de SECORE International y la UNAM.



Tony Hisgett, vía Flickr (CC BY 2.0).

## Recursos y fuentes de interés

- Instituto Australiano de Ciencias Marinas – “Evolución asistida” ([\*Australian Institute of Marine Science, AIMS – Assisted Evolution\*](#)): Esta página web resume los esfuerzos de investigación del AIMS en materia de evolución asistida, que incluyen proyectos relacionados con el condicionamiento por presión ambiental, el flujo genético asistido, la hibridación, la modificación de las comunidades de algas simbiotas y la manipulación de otros microbios, como las bacterias.
- “Ingeniería genética de coral para hacer frente al cambio climático” ([\*Engineering Coral to Cope with Climate Change\*](#)): Este sitio presenta un resumen del trabajo de investigación que se lleva a cabo en la Universidad de Melbourne (Australia), consistente en experimentos de modificación genética del coral con el fin de aumentar su tolerancia al calor.
- “Nueva investigación para hacer frente a la crisis de los bosques de kelp en California” ([\*New Research to Address Kelp Forest Crisis in California\*](#)): Este resumen de seis proyectos de investigación, financiados conjuntamente por la iniciativa California Sea Grant y el Consejo para la Protección de los Océanos de California (*California Ocean Protection Council*), incluye un estudio sobre genómica (con determinación de la variación genética) para la conservación del kelp cola de toro (*Nereocystis luetkeana*), una de las especies predominantes y más afectadas.
- Artículo sobre el conjunto de herramientas de restauración activa de arrecifes como vehículo para la resiliencia y la adaptación de los corales en un mundo cambiante ([\*The Active Reef Restoration Toolbox is a Vehicle for Coral Resilience and Adaptation in a Changing World\*](#)): Este informe revisado por pares recoge una serie de metodologías perfeccionadas para la “jardinería coralina”, centradas en mejorar la resiliencia y la adaptación de los corales al cambio climático.
- “Aumento de la resistencia de los corales al blanqueamiento mediante manipulación del microbioma” ([\*Increasing Coral Resistance to Bleaching Through Microbiome Manipulation\*](#)): Un experimento controlado en acuarios con corales de la especie *Pocillopora damicornis*, propia de aguas cálidas de los océanos Índico y Pacífico, reveló que la inoculación con microorganismos nativos benéficos redujo de manera significativa los impactos del blanqueamiento coralino, dando como resultado una mayor resistencia al estrés por patógenos y a las altas temperaturas.
- “Diversidad genotípica como factor de mejora en la recuperación de los ecosistemas afectados por extremos climáticos” ([\*Ecosystem Recovery After Climatic Extremes Enhanced by Genotypic Diversity\*](#)): Este proyecto de investigación en el mar Báltico documenta un aumento de la producción de biomasa, la densidad de pastos y la abundancia de fauna en los lechos de pasto marino que presentan mayor diversidad genotípica, a pesar de la presencia de temperaturas del agua casi letales. Ello sugiere que el aumento de la diversidad genotípica en los ecosistemas pobres en especies (por ejemplo, los hábitats de pastos marinos) puede favorecer la recuperación posterior a olas de calor y otros fenómenos extremos.



El presente breviarío informativo se elaboró con base en las estrategias de adaptación y estudios de caso del **Conjunto de herramientas de adaptación a los efectos del cambio climático en áreas marinas y costeras protegidas (Conjunto de Herramientas ACC)**, recurso en línea creado con el fin de hacer de la planificación de respuestas de adaptación ante el cambio climático un proceso sencillo, directo y viable para los administradores de áreas marinas protegidas.

El Conjunto de Herramientas ACC brinda:

- una guía paso a paso para realizar una evaluación rápida de la vulnerabilidad de áreas marinas y costeras;
- ideas de estrategias de adaptación estructuradas, con una interfaz que permite realizar búsquedas de estudios de caso, informes y herramientas de apoyo pertinentes;
- recursos esenciales en relación con el tema de la adaptación, y
- orientación técnica por parte de expertos con los que se puede entrar en contacto directo.



El Conjunto de Herramientas ACC está disponible en:

[www.cakex.org/MPAToolkit](http://www.cakex.org/MPAToolkit)

