

Ecología Forense: al rescate de los manglares

Cuando hablamos de series en la tv, no cabe duda de que las más populares son las de detectives y forenses que resuelven crímenes. Pero ¿ecología forense en manglares? Si, cuando los manglares mueren o se degradan, antes de cualquier intento de rescate, o mejor dicho, de restauración, es fundamental descubrir cuál fue la causa. La ecología forense durante la restauración ecológica de manglares es parte de una estrategia que, además de la cooperación entre diferentes sectores, será fundamental para recuperar diversos servicios que nos brindan los manglares y con ello ser aliados ante el cambio climático.

Palabras clave:
Cambio climático, carbono azul, ecosistemas costeros, restauración ecológica, variables indicadoras.

DIANA CISNEROS DE LA CRUZ¹, JORGE HERRERA SILVEIRA¹,
CLAUDIA TEUTLI HERNÁNDEZ²

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida, carretera a Progreso s/n, Loma Bonita, C.P. 97205, Mérida, Yucatán.

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Mérida, UNAM. Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, C.P. 97357, Municipio de Ucú, Yucatán, México
cisnerosdelacruzdana@hotmail.com

Manglares, resolviendo el misterio

Los manglares son bosques que en muchos sitios han sido menospreciados, incluso convirtiéndolos en basureros o rellenándolos para aprovechar su sitio privilegiado frente al mar, por ejemplo, para hoteles o casas de verano. Las costas de la Península de Yucatán son buen ejemplo de este desprecio hacia los manglares. Sin embargo, estos maravillosos bosques son excepcionales. Son los únicos bosques que se encuentran en las zonas tropicales y subtropicales de todo el mundo, y que tienen adaptaciones especiales para vivir en la zona anfibia en donde se encuentran. Quizá la causa de ser subestimados es por los abundantes molestos mosquitos que viven en ellos y su característico mal olor, resultado de su alta productividad y la descomposición de materia orgánica en sus suelos. Pero, son estas características las que los hace únicos y uno de los ecosistemas más valiosos del mundo con bienes y servicios valuados en 94 mil dólares por hectárea al año (Costanza *et al.* 2014).

Los servicios ecosistémicos que proporcionan los manglares se relacionan con su gran capacidad para acumular materia orgánica en los suelos, proveniente del mismo sitio, como las hojas que caen, o que llega desde otros lugares. La acumulación de materia orgánica los hace una guardería excepcional de peces, moluscos y crustáceos, además, de que es exportada a otros ecosistemas como pastos marinos y arrecifes de coral. La inundación en estos bosques hace que la descomposición de esta materia orgánica sea muy lenta y el carbono

no que contiene, también conocido como carbono azul, se acumule por mucho tiempo. Es, por tanto, uno de los mayores reservorios de carbono y aliados férreos contra el cambio climático. Y por si esto fuera poco son filtros naturales de contaminantes que provienen tanto de tierra adentro, como del mar e importantes barreras naturales contra huracanes y tormentas.

A pesar de todo esto, la degradación y pérdida de los manglares es alarmante, tan solo de 1996 a 2016 se perdió el 4 % de su cobertura global (Worthington y Spalding 2018). Las principales causas de la pérdida de los manglares están dadas por actividades humanas como: crecimiento urbano en las costas, agricultura, acuacultura; así como por causas naturales como el paso de huracanes y tormentas (Kathiresan 2008). La mayoría de las veces la muerte del manglar es resultado de alteraciones en la hidrología (flujos, fuente de agua, frecuencia, nivel y duración de la inundación). Al igual que otros humedales, tiene una fuerte dependencia del movimiento del agua. En consecuencia, las características fisicoquímicas del agua, del suelo y de la vegetación también se ven afectadas. La salinidad es una de las variables críticas que regulan el desarrollo y supervivencia del manglar, por lo que su aumento (hiper-salinización) o disminución (dulcificación) resulta en la muerte o cambios en la composición de la vegetación.

La pérdida del manglar tiene como consecuencia el aumento de la vulnerabilidad de las comunidades costeras que dependen de ellos. La protección que ofrecen en las costas representa \$65 mil millones de dólares al año y su pérdida significaría la exposición a inundaciones de más de 15 millones de personas en el mundo (Menéndez *et al.*, 2020). Además, la degradación y muerte del manglar ocasionan la liberación del carbono almacenado, contribuyendo al incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, causantes del cambio climático (Hamilton y Friess 2018).

Al rescate de los manglares

Dada la importancia de los manglares y su acelerada pérdida, a nivel internacional ha surgido un interés creciente para conservarlos y recuperar los bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan a través de la restauración. Sin embargo, el camino para una recuperación exitosa no ha sido fácil. La reforestación es una de las acciones persistentes y también la de menor éxito. Sobre todo, porque no se

consideraban las necesidades ecológicas de las plántulas, lo que ocasionaba su muerte.

Durante el 2008, como resultado de un esfuerzo multidisciplinario entre CINVESTAV, CICY, UNAM, CONANP, CONAFOR, PRONATURA y otras instituciones académicas, civiles y gubernamentales, surge el desarrollo de una estrategia de restauración ecológica en Celestún (Yucatán, México) (Figura 1). Esta estrategia se ha fortalecido a través de los años para rescatar exitosamente cerca de 2,000 ha de manglares en la península de Yucatán y se publicó como una guía y un manual para que puedan ser usados por quien tenga interés para restaurar a los manglares (Teutli *et al.* 2020, 2021).

La estrategia de restauración ecológica para manglares no es una receta de cocina, más bien es una estrategia que permite adecuarse según el contexto de cada sitio, atendiendo seis componentes esenciales (Figura 2). El punto de partida es la identificación y participación de los actores claves, como son las comunidades que dependen del manglar y que permiten la permanencia de los resultados y aprovechamiento sostenibles de los recursos; la academia se encarga de aplicar los principios científicos/técnicos durante la restauración; el gobierno da certeza legal a los proyectos y seguimiento para su conservación; así como organizaciones civiles que contribuyen como financiadoras y para fortalecer el cumplimiento de las necesidades de las comunidades. Una vez que se tiene un grupo de trabajo, se hacen acuerdos para cumplir las metas y objetivos específicos de la restauración. Después de delimitar el sitio a restaurar, viene el tiempo de la investigación, la “ecología forense”. Antes de poder implementar cualquier acción de restauración es fundamental entender cuál o cuáles fueron las causas de la degradación o muerte del manglar, al igual que en la “escena del crimen”. Esto es un paso fundamental para que cada proyecto pueda ser un “traje hecho a la medida”.

Ecología forense en los manglares

Al igual que en los crímenes, la respuesta a todas las preguntas viene de la información que se colecta del sitio y de la “víctima”, en este caso el manglar degradado. Así que, cual detective, se va a campo a tomar muestras y recolectar datos para hacer un diagnóstico (Figura 3). Una de las actividades durante la ecología forense es la medición del hidropériodo (nivel, duración y frecuencia de la inundación), la iden-

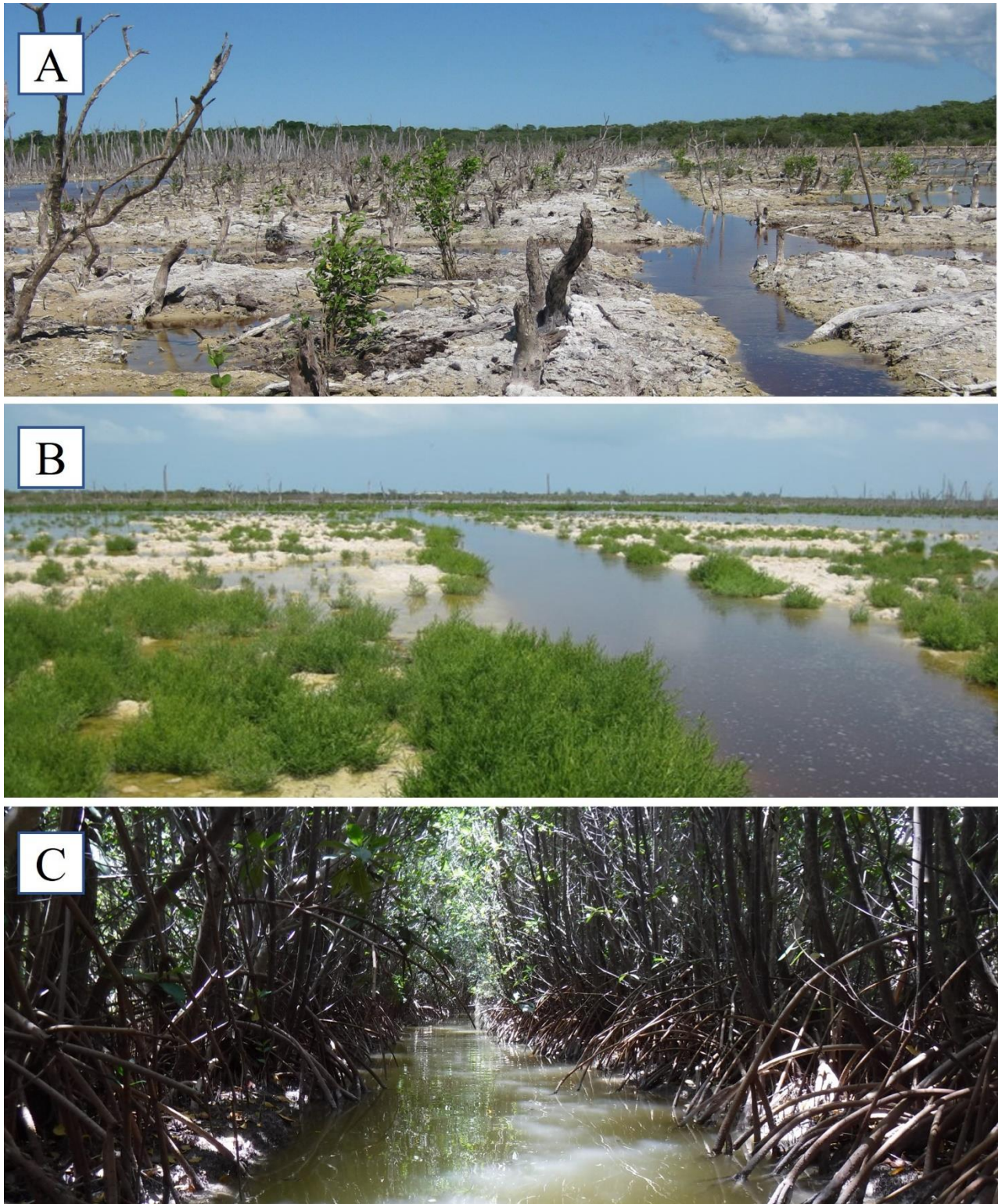


Figura 1. Sitio sometido a un proceso de restauración ecológica de manglar en Celestún, Yucatán, México. **A.** Habilitación de canales en el sitio degradado (2009); **B.** Crecimiento de pastos halófitos que funcionan como facilitadores para el crecimiento de manglar (2009); **C.** Recuperación de cobertura de manglar (2009). (Fotografías: Laboratorio de Producción Primaria, CINVESTAV).

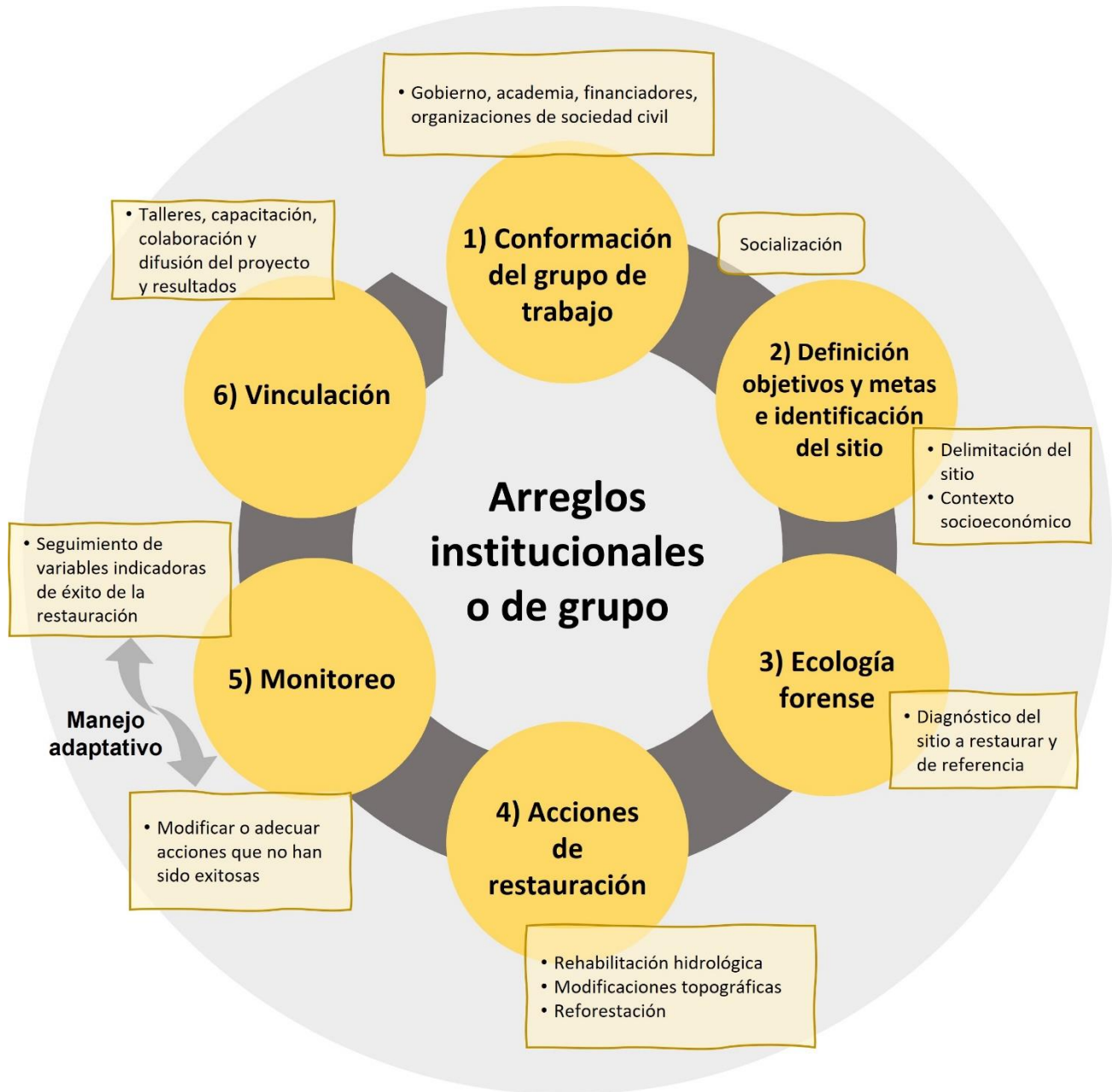


Figura 2. Estrategia de Restauración Ecológica de Manglares (Modificado de Teutli *et al.* 2020).

tificación de la(s) fuente(s) del agua, así como un análisis topográfico del sitio. Cuando la hidrología es afectada y la vegetación muere, el nivel del suelo, es decir la topografía, también se ve afectada. El suelo se “hunde” porque la materia orgánica que estaba almacenada es liberada (como CO₂ a la atmósfera), a esto se conoce como subsidencia del suelo. Estos cambios en el suelo cambian los patrones de

inundación, lo que contribuye a que el manglar no pueda recuperarse por sí mismo, como lo haría normalmente.

Los expertos “ecólogos forenses” miden las variables fisicoquímicas del suelo y agua, con lo que pueden determinar si las condiciones son adecuadas o no para el crecimiento de nuevas plantas de manglar y la restauración del sitio (Figura 3). En el lugar,

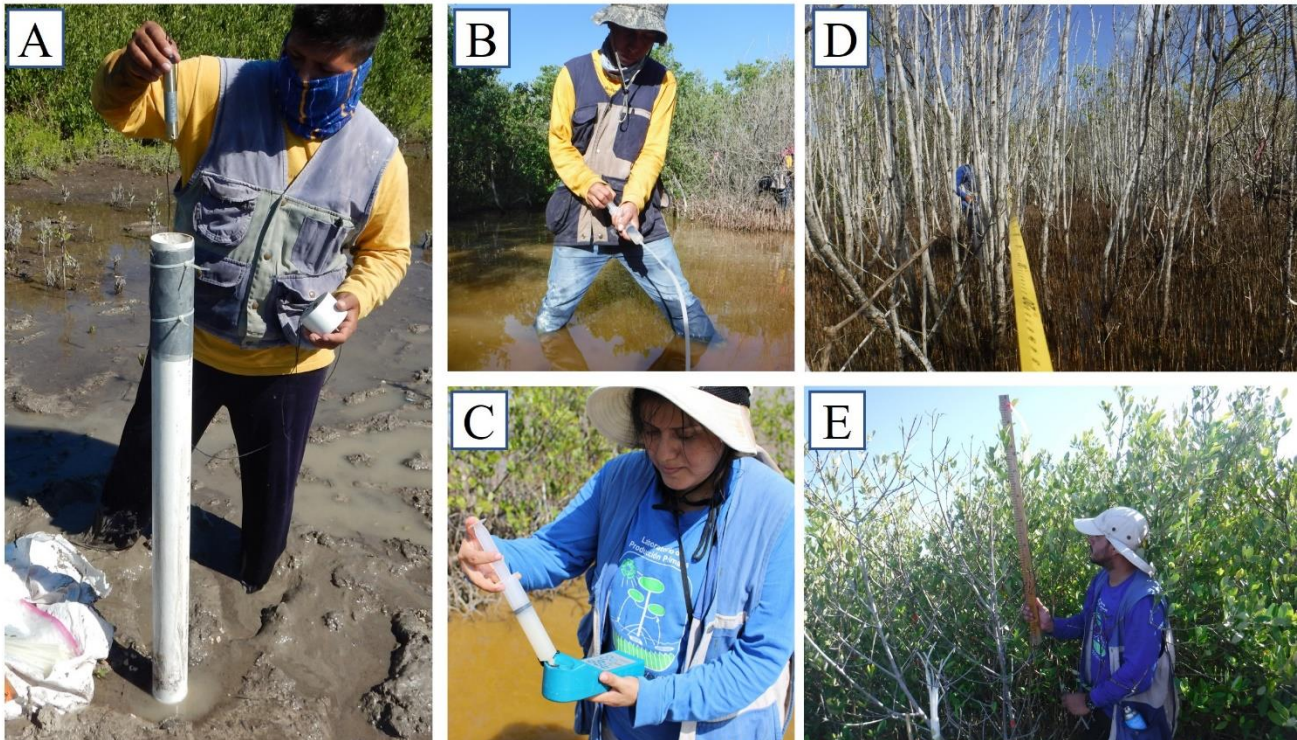


Figura 3. Trabajo en campo de ecología forense. **A.** Colocación de sensor para medición de hidroperíodo. **B.** Toma de muestra de agua intersticial, **C.** Medición de potencial redox en un multiparamétrico; **D.** Delimitación del cuadrante para toma de muestras; **E.** Medición de la estructura del manglar. (Fotografías: Laboratorio de Producción Primaria, CINVESTAV).

se miden y, de ser posible, se identifican las especies de los árboles de manglar existentes, vivos o muertos, lo que permite tener una idea de las condiciones anteriores a la muerte del bosque de manglar. Para que los valores colectados puedan dar más información es necesario tener un sitio de referencia en buena condición, de preferencia cercano al sitio afectado. Este sirve como una orientación sobre el orden de cambio de las variables medidas y la potencial capacidad de recuperación del sitio de restauración. Además de la investigación en el sitio de estudio, a la par, se realiza una investigación de las actividades en la zona, actuales e históricas, por ejemplo, si el manglar era aprovechado de alguna forma, si ha habido intentos anteriores de restauración, etc. Toda esta información de campo y gabinete brinda una caracterización del sitio e información de la causa de la muerte del manglar. Pero, sobre todo, permite decidir qué acciones de restauración son las más adecuadas y tener una línea base que nos indique si las condiciones mejoran como resultado de la restauración.

La restauración es una tarea de todos y para todos

Según los resultados de la ecología forense, pueden implementarse tres tipos de acciones de restauración: la restauración hidrológica, la restauración topográfica y la reforestación (Figura 4). La restauración hidrológica es una de las técnicas más usadas actualmente para la restauración de manglares. Consiste en recuperar la hidrolología a través del mantenimiento de canales naturales y la creación de nuevos. La restauración topográfica consiste en la nivelación de ciertas zonas para permitir el establecimiento de plántulas; mientras que la reforestación se recomienda solo cuando las condiciones ambientales se han recuperado de tal manera que las plántulas puedan sobrevivir.

La restauración no termina con la implementación de las acciones, siempre debe incluir una fase de monitoreo que mide si se lograron cumplir los objetivos. El seguimiento de las mismas variables medidas durante la ecología forense permite cuantificar los cambios resultado de las acciones de restauración. Durante la implementación de las accio-



Figura 4. Acciones de restauración ecológica. **A.** Rehabilitación de canales; **B.** Rehabilitación topográfica; **C.** Reforestación. (Fotografías: Laboratorio de Producción Primaria, CINVESTAV).

nes de restauración y el monitoreo, las comunidades participan activamente. Su participación les permite tener ingresos económicos, además de la apropiación del sitio con lo que se convierten en auténticos guardianes en la conservación del manglar, generando además oportunidades para el manejo sostenible de sus manglares.

El éxito de la restauración sin duda es el resultado de la colaboración entre muchos actores (i.e. la academia, organizaciones civiles, la comunidad), un trabajo que requiere paciencia, constancia y cooperación. Compartir las experiencias adquiridas durante todo este proceso permite que la restauración cada vez sea más eficaz y eficiente y que pueda ser imple-

mentada en manglares que necesitan ser rescatados. La restauración de nuestros manglares representa una solución basada en naturaleza que contribuye a hacer frente al cambio climático, a cumplir acuerdos internacionales como los objetivos de desarrollo sostenible y generar comunidades más resilientes que se beneficien de los servicios que los manglares proveen.

Referencias

- Costanza R., De Groot R., Sutton P., Van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S. y Turner R.K. 2014.** Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change* 26: 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Hamilton S.E. y Friess D.A. 2018.** Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change* 8: 240–244. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0090-4>
- Kathiresan K. 2008.** Threats to Mangroves. *Degradation and Destruction of Mangroves*. Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University, Annamalai Nagar, 483 pp.
- Menéndez P., Losada I.J., Torres-Ortega S., Narayan S. y Beck M.W. 2020.** The global flood protection benefits of mangroves. *Scientific reports* 10: 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61136-6>
- Teutli-Hernández C., Herrera-Silveira J.A., Cisneros-de la Cruz D.J., Arceo-Carranza D., Canul-Cabrera A., ... y Comín F.A. 2021.** *Manual para la restauración ecológica de manglares del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe*. Proyecto Manejo integrado de la cuenca al arrecife de la ecorregión del Arrecife Mesoamericano - MAR2R, UNEP-Convención de Cartagena, Mesoamerican Reef Fund. Guatemala City, Guatemala. 111 pp.
- Teutli-Hernández C., Herrera-Silveira J.A., Cisneros-de la Cruz D.J. y Roman-Cuesta R. 2020.** *Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas*. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/-CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC. 40 pp.
- Worthington T. y Spalding M. 2018.** *Mangrove Restoration Potential: A global map highlighting a critical opportunity*. IUCN/Cambridge University/ The Nature Conservancy. 34 pp.

Desde el Herbario CICY, 14: 149–155 (14-julio-2022), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 14 de julio de 2022. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.