

Experiencia de REEFhabilitación

Guía didáctica y recursos

Introducción

Los arrecifes de coral, esenciales para la vida tanto bajo el agua como en tierra, son ecosistemas complejos que necesitan y merecen ser protegidos contra una serie de amenazas actuales. Con su rica biodiversidad marina, contribuyen a la salud de los océanos en todo el mundo y aportan valiosísimos beneficios a los ecosistemas, especialmente a las comunidades más vulnerables a los efectos del cambio climático. Entre los beneficios más importantes de los arrecifes de coral están la protección de las costas -que se produce cuando los arrecifes de coral absorben la energía de las olas y, por tanto, reducen la erosión costera y las inundaciones- y los ingresos procedentes del turismo y la pesca. Es vital mantener los arrecifes sanos y restaurar los degradados, no sólo para preservar nuestros océanos sino para proteger el bienestar de las comunidades y las economías nacionales.

El objetivo de la Experiencia REEFhabilitación es ofrecer a los turistas y a los miembros de la comunidad que se preocupan por el océano la oportunidad de apoyar activamente la restauración de los corales y de aprender cómo pueden ayudar a hacer frente a las amenazas locales y globales que afectan a los arrecifes, como el calentamiento del océano, la sobrepesca y la contaminación costera. Esta guía proporciona a los instructores y operadores de buceo información y recomendaciones para ofrecer la Experiencia de Rehabilitación REEF. Abarca los siguientes tópicos:

- los conceptos básicos de la ciencia y las técnicas de restauración del coral
- cómo la "ciencia ciudadana" o "ciencia comunitaria" puede ayudar a los arrecifes de coral
- recursos para que los maestros/instructores de buceo ofrezcan la mejor experiencia de REEFhabilitación

¿Qué es la restauración de corales?

La restauración es un proceso en el que el ser humano interviene para ayudar a los ecosistemas a recuperarse cuando son incapaces de hacerlo por sí mismos. El objetivo de la restauración es mejorar un ecosistema amenazado o dañado incidiendo positivamente en ciertos parámetros que se han visto afectados por una serie de amenazas, como el número de especies autóctonas presentes, el índice de reproducción de las especies o la presencia de abundante vida vegetal y animal juvenil. Los seres humanos pueden intervenir de muchas maneras para promover la recuperación de los ecosistemas, por ejemplo, ayudando a la reproducción de las especies amenazadas, apoyando los hábitats naturales o protegiendo contra las especies invasoras.

La ciencia de la restauración de los arrecifes de coral tiene como objetivo promover o recuperar diversos atributos o indicadores de la salud de los ecosistemas marinos. La salud de los arrecifes de coral suele evaluarse en términos de

- la cobertura de coral vivo, o el porcentaje de la superficie del arrecife cubierta por corales vivos
- la cobertura de algas, o el porcentaje de la superficie del arrecife cubierta por algas
- la rugosidad, o una medida de la complejidad estructural del arrecife, que indica su capacidad para proporcionar hábitat y refugio a los peces e invertebrados del arrecife

En general, en los arrecifes degradados

- la cobertura de coral vivo es baja
- la cobertura de algas es alta, hasta el punto de que puede llegar a ser dominante y constituir una amenaza para los corales



- la rugosidad del arrecife es baja y tiene una estructura erosionada debido a la pérdida de corales vivos, lo que significa que el arrecife es menos eficaz a la hora de proporcionar un hábitat importante para la vida marina

Los esfuerzos de restauración pretenden invertir estas tendencias mediante métodos específicos.

La mayoría de las técnicas de restauración se centran en repoblar los arrecifes con fragmentos de coral sanos o colonias enteras para aumentar la cobertura de coral vivo y mejorar la rugosidad, o estructura, del arrecife. Hay dos métodos para hacerlo: la propagación asexual y la propagación sexual.

Propagación asexual

La propagación asexual también se conoce como fragmentación del coral. En este proceso, se recogen pequeños fragmentos de coral de las colonias donantes, que se cultivan en viveros submarinos o terrestres, y luego se trasplantan a los arrecifes. La propagación asexual puede tener lugar como microfragmentación o fragmentación. La microfragmentación se utiliza sobre todo con corales masivos, o con forma de roca, de crecimiento más lento, y requiere un equipo especializado para cortar los corales en fragmentos del tamaño de un pólip, lo que hace que crezcan exponencialmente más rápido de lo normal. Los microfragmentos se cultivan generalmente en viveros terrestres y luego se plantan juntos en un esqueleto de coral muerto, ya que pueden crecer, fusionarse entre sí y "volver a recubrir" el arrecife. La fragmentación sólo se utiliza en corales ramificados -o que crecen en forma de rama o pilar- que pueden fragmentarse fácilmente con herramientas manuales. Normalmente, los corales utilizados para la fragmentación se cultivan en viveros submarinos. Estas estructuras requieren un mantenimiento regular, o jardinería, que incluye la limpieza de las algas, la reparación de las cuerdas y la eliminación de los depredadores, como los gusanos de fuego o los caracoles, que a menudo se pueden eliminar manualmente con guantes.

Propagación sexual

Este método consiste en recoger los gametos de los corales, o paquetes de huevos y esperma, que se liberan en el océano durante los eventos naturales de desove, y luego asistir al proceso de fertilización sexual en un laboratorio. Esto garantiza mayores tasas de desarrollo y supervivencia de las larvas, ya que éstas suelen criarse en viveros en tierra, donde se mantienen a salvo de los depredadores. Además, como se pueden crear millones de larvas de coral a partir de un solo desove, este método es eficaz para la restauración a gran escala y para promover la diversidad genética natural de los corales que hace que los arrecifes sean más resistentes. Una vez que las larvas de coral han crecido hasta formar colonias lo suficientemente grandes y fuertes como para sobrevivir en la naturaleza, se "asientan" en sustratos especiales, o superficies a las que pueden adherirse y crecer. A continuación, se trasplantan, o se reubican, en arrecifes degradados.

La experiencia REEFhabilitation se centra en el método de propagación asexual de la fragmentación del coral, que suele utilizar corales cultivados en viveros submarinos que requieren una jardinería regular.

Para más información sobre las técnicas de restauración, véase el cuadro 1.

¿Cómo puede la ciencia ciudadana ayudar a los arrecifes de coral?

La ciencia ciudadana, o ciencia de la comunidad, se ha convertido en una práctica común en varios campos. El término se refiere a voluntarios no científicos que participan en la investigación científica, a menudo ayudando a recoger datos en la naturaleza. En el caso de la restauración de corales, los voluntarios pueden apoyar la recogida de datos y el mantenimiento de los viveros de coral, pero al principio deben recibir formación sobre los métodos adecuados y estar acompañados por un experto en la materia. La Experiencia de Rehabilitación de REEF es una oportunidad para que los científicos ciudadanos participen en los esfuerzos de restauración de tres maneras:

Recogiendo de datos

Los participantes pueden recoger datos que contribuyan al seguimiento a largo plazo de un arrecife de coral y ayuden a orientar los esfuerzos de restauración. Tras la recogida, los datos deben ser revisados y curados por expertos o bajo su supervisión.

Mantenimiento de los viveros de coral subacuáticos

Para reducir las tasas de mortalidad y mejorar el crecimiento de los corales, es importante mantener los viveros limpios y mitigar la presencia de competidores de los corales, como esponjas, algas y otros organismos sésiles. Los participantes pueden participar en el mantenimiento de los viveros, o jardinería, que incluye la limpieza de los corales con cepillos suaves o la eliminación de depredadores como caracoles y gusanos de fuego. El mantenimiento adecuado de los viveros es clave para mejorar las posibilidades de supervivencia de los corales tras su trasplante.

Apoyando la concientización

Los participantes pueden aprender cómo funciona la restauración del coral, por qué son importantes los arrecifes de coral, el papel que puede desempeñar la gente en la preservación de estos preciosos ecosistemas y cómo compartir esta información con otros.

La experiencia de REEFhabilitación

La restauración de los arrecifes de coral a través de proyectos de conservación aislados normalmente sólo puede lograr resultados a pequeña escala. Al involucrar a personas apasionadas por el océano y aplicar los principios de la ciencia ciudadana a las iniciativas de restauración, la Experiencia de Rehabilitación REEF se esfuerza por ampliar, o aumentar, los esfuerzos existentes para salvar los arrecifes de coral. Combina el turismo responsable, la ciencia y la conservación en beneficio de los programas locales de restauración del coral.

El propósito de esta guía es ayudar a los operadores de buceo a involucrar a los turistas en dichos programas. La guía está diseñada para acompañar a los instructores de buceo mientras imparten la Experiencia de Rehabilitación REEF, que incluye un componente de aprendizaje, una sesión informativa y una excursión de buceo.

Learning component

Aprender sobre la conservación de los arrecifes de coral es el primer paso de la experiencia de REEFhabilitación. Los temas que se enumeran a continuación se presentan en este [REEFhabilitation video](#), el cual está disponible en [The Nature Conservancy REEFhabilitation.org](http://TheNatureConservancy.org/REEFhabilitation.org).

Componentes de aprendizaje

- ¿Qué son los corales y los arrecifes de coral?
- ¿Por qué los arrecifes de coral son tan importantes para las personas y la naturaleza?
- ¿Por qué los arrecifes de coral están en peligro y cómo podemos ayudar?
- ¿Qué es la restauración de los corales y cómo la experiencia de REEFhabilitación la apoya?

Recomendamos utilizar este vídeo, junto con la información y los recursos ofrecidos en esta guía, para que los participantes adquieran una comprensión básica de los temas mencionados antes de entrar en el agua. Puede encontrar más información y recursos en reefresilience.org/restoration.

Puntos de información previos

Durante la sesión informativa, los instructores de buceo proporcionan más detalles sobre las actividades específicas de restauración que se llevan a cabo en su centro, repasan las mejores prácticas o el protocolo para la excursión de buceo y responden a las preguntas de los participantes. Los temas recomendados son:

- Cómo contribuye su empresa/organización a los proyectos de restauración del coral o cómo colabora con ellos
- Las estructuras de los viveros que los participantes deben esperar ver
- El protocolo durante la inmersión, incluyendo
 - no tocar los corales ni la vida marina
 - asegurarse de que el equipo de buceo y/o el cuerpo no entran en contacto con los corales
 - asegurarse de mantenerse a la distancia adecuada de las estructuras de los viveros
 - en caso de haber corrientes, asegúrese de orientar su cuerpo adecuadamente para evitar entrar en contacto con las estructuras de los viveros o los corales
 - preste atención al nadar para evitar que sus aletas golpeen las estructuras del vivero o los corales
 - utilice una loción de protección solar ecológica
- Si los participantes van a recoger datos, repasa las tablas que necesitarán (ver Apéndices)
- Si los participantes van a realizar tareas de jardinería en el vivero, explique y demuestre claramente la actividad
- Realice una comprobación de las habilidades de esnórquel o buceo antes de la inmersión
- Repase las pautas de todas las actividades que se llevarán a cabo y presente los materiales que se utilizarán (véase la Tabla 5)

Excursión de buceo

El operador de buceo elegirá las actividades que se llevarán a cabo en el agua, que dependerán del nivel de experiencia de buceo de los participantes, de las políticas del centro de buceo y de las condiciones meteorológicas. A continuación se describe brevemente cada una de las posibles actividades.

Visita de observación de los viveros de coral (recomendada para los que practican el snorkel o los buceadores menos experimentados)

Los participantes podrán observar los viveros de coral mientras hacen snorkel o bucean, acompañados y guiados por el instructor de buceo. Es importante repasar las consideraciones de seguridad y cuidado de los arrecifes con los participantes antes de que entren en el agua.

Visita para la recolección de datos (recomendada para buceadores experimentados)

Los participantes podrán observar los viveros de coral y/o los lugares de restauración y recoger datos en uno o ambos lugares. Los datos que recojan se utilizarán para ayudar a supervisar los viveros y los corales trasplantados. Es importante que esta recogida de datos la realicen únicamente buceadores experimentados, ya que tendrán que mantener una flotabilidad adecuada en el agua mientras trabajan. Los datos deben registrarse en las tablas proporcionadas (Tablas 3 y 4) y subirse al portal de REEFhabilitation (enlace que se proporcionará). Consulte la Tabla 5 para conocer los materiales recomendados.

Visita para el mantenimiento del vivero de corales (recomendada para buceadores experimentados)

Los participantes podrán realizar actividades de jardinería en el vivero. En concreto, podrán ayudar a limpiar las estructuras utilizando los materiales que figuran en la Tabla 5. Es importante que en este tipo de visita sólo participen personas con gran experiencia de buceo y buena flotabilidad.



REEFhabilitation

Diving centers should work with local partners and experts to train their staff in the correct restoration techniques. The videos listed at the end of this guide provide some instruction on how to maintain nursery structures and other activities within the REEFhabilitation Experience.

Los centros de buceo deben trabajar con socios y expertos locales para formar a su personal en las técnicas correctas de restauración. Los vídeos que aparecen al final de esta guía ofrecen algunas instrucciones sobre cómo mantener las estructuras de los viveros y otras actividades dentro de la Experiencia de Rehabilitación REEF.

NOTA IMPORTANTE:

Los operadores o centros de buceo son los únicos responsables de tomar decisiones sobre el nivel de experiencia de los buceadores y submarinistas que participan en las actividades descritas en esta guía. Deben asegurarse de que los participantes sigan los protocolos de seguridad en el buceo y cumplan con las leyes locales. Todas las actividades descritas en esta guía deben realizarse únicamente con los permisos y aprobaciones correspondientes de los organismos locales de gestión de recursos.



Apéndices

Tabla 1. Resumen de las técnicas de restauración de los arrecifes de coral¹

Método	Definición	Otros nombres comunes
Métodos de propagación asexual (fragmentación o microfragmentación)		
Fragmentación	Fragmentación de una colonia de coral en pequeños trozos o pólipos individuales para trasplantarlos al arrecife	
Trasplante directo	Trasplante de colonias de coral y "fragmentos de oportunidad" (trozos de coral rotos de forma natural por tormentas o alteraciones) directamente al arrecife sin utilizar viveros	Colecta o reparación de corales después de una perturbación
Trasplante de fragmentos con fase de vivero	Trasplante de fragmentos con un periodo de adaptación intermedio en viveros en el mar o en tierra; la restauración sólo se completa cuando los fragmentos o microfragmentos se trasplantan de los viveros al arrecife	
Jardinería de corales con viveros como fuente de tejidos para trasplantes	Trasplante de fragmentos cultivados en viveros; el vivero sirve como fuente de tejido y nunca se cosecha por completo, por lo que las colonias donantes siempre están creciendo en el vivero; la restauración sólo se completa cuando los fragmentos o microfragmentos se trasplantan de los viveros al arrecife	Trasplante de corales, propagación asexual
Métodos de propagación sexual		
Fecundación asistida y propagación de larvas	Recolecta de los gametos y utilizarlos en la fecundación asistida en un laboratorio adaptado a la embarcación o en tierra; el desarrollo embrionario y la producción de larvas se producen in situ (en el laboratorio) o ex situ (en piscinas amarradas en el océano) hasta que se asientan (forman el pólipo primario) en sustratos previamente tratados; los sustratos se trasplantan al arrecife tras un periodo de aclimatación que puede hacerse in situ o ex situ	Propagación de larvas, propagación sexual, reproducción asistida, sembrado de larvas
Métodos de mejoramiento del sustrato		
		Estructuras artificiales o soluciones de ingeniería (por ejemplo, BioRock, EcoReef, ReefBall, marsSpiders)
Mejora del sustrato con electricidad	Mejora del sustrato mediante corriente continua o electricidad	

¹ Modified from Boström-Einarsson et al. (2020).



Mejora del sustrato mediante la eliminación de algas	Mejoramiento del sustrato mediante la eliminación de macroalgas	
Glosario		
Vivero <i>in situ</i>	En el laboratorio, estructuras de diversas formas formadas por cuerdas y armazones que sirven de soporte y sustrato a fragmentos o microfragmentos de corales; los corales permanecen en el agua hasta que alcanzan un tamaño óptimo para ser trasplantados al arrecife	Vivero de agua
Vivero <i>ex situ</i>	Igual que el vivero <i>in situ</i> , pero tiene lugar en piscinas ancladas en el océano	Vivero de tierra
Fragmentación	Fragmentación de una colonia donante en fragmentos o ramas más pequeñas; se utiliza para corales ramificados que se pueden cortar a mano o con pinzas	Fragmentación
Microfragmentación	Fragmentación de la colonia donante en fragmentos de menos de 1 cm de diámetro; se utiliza para corales masivos que se cortan con sierras de cinta	
Transplante	El fragmento o microfragmento de una colonia madre o donante que se trasplantará al arrecife	Fragmento, microfragmento, colonia
Disturbio	Una fuerza natural o humana que puede alterar la composición, el aspecto, la estructura y/o la función de un arrecife natural o artificial; si una perturbación es intensa y/o frecuente, puede afectar a la capacidad de recuperación del ecosistema	Estresor

En los cuadros 2, 3 y 4, los datos se dividen en dos grupos:

Los metadatos son la información como la persona responsable de la entrada de datos, el lugar de recogida de datos, la fecha de la visita, el número de estructuras en el lugar, el tiempo de inmersión y el tipo de vivero.

Los indicadores son métricas que permiten establecer cuantitativa o semi cuantitativamente el estado de los viveros de coral. Los indicadores presentados aquí son los sugeridos por el Consorcio de Restauración de Corales, modificados para que puedan ser utilizados por el público no científico.



Tabla 2. Hoja de recolección de datos para el nuevo trasplante

RECOLECCIÓN DE DATOS DE EVENTOS DE TRASPLANTE		
METADATOS		
Observador		
Nombre		
Apellido		
Correo electrónico		
Centro de buceo		
Nombre		
País		
Pueblo/sitio		
Sitio del trasplante		
		Notas
Nombre del Sitio de trasplante		
Organización local asociada (si la hay)		
País		
Pueblo/sitio		
Latitud (grados decimales)		
Longitud (grados decimales)		
Nombre del sitio donante (si se conoce)		
Organización local asociada (si la hay)		
País		
Pueblo/sitio		
Latitud (grados decimales)		
Longitud (grados decimales)		
Información de buceo/evento		
		Instrucciones
	De	A
Fechas de los eventos de trasplante		Por favor, indique la fecha: dd/mm/aaaa
Fecha de buceo		Por favor, indique la fecha: dd/mm/aaaa
Profundidad (metros o pies)		
Tiempo de fondo		en minutos
Datos ambientales		



Tabla 3. Hoja de recogida de datos para una visita al vivero

NURSERY DATA COLLECTION - RECOGIDA DE DATOS EN EL VIVERO		
METADATOS		
Observador		
Nombre		
Apellido		
Correo electrónico		
Centro de buceo		
Nombre		
País		
Pueblo/sitio		
Vivero de corales		
		Notas
Nombre		
Anote el tipo (si hay más de un tipo, añadir en las notas)		
Organización local asociada (si la hay)		
País		
Pueblo/sitio		
Latitud (grados decimales)		
Longitud (grados decimales)		
Información de buceo		
		Notas
Fecha (dd/mm/aaaa)		
Tiempo de fondo		
Profundidad (m/F)		
Número de estructuras visitadas		
Dato ambientales		
Temperatura (C)		
Visibilidad (m)		
INDICADORES		
Coral vivo		
Especies de coral en el vivero		Instrucciones
Estructura #		<p>Para cada una de las estructuras de vivero visitadas, estime el % coral vivo observado. Indique el número de estructura si lo tiene/conoce, si no lo sabe refiéralo con 1 a 10</p>
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		



Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Estructura #		
% de coral vivo		
Observaciones de depredadores, competidores, blanqueo o enfermedades		
	Presente/Absente	# Número de estructuras con presencia
Depredadores		
Gusanos de fuego		
Caracoles		
Competidores		
Corales de fuego		
Eponjas		
Algas carnosas		
Enfermedad/condición		
Banda blanca		
Blanqueamiento		
Other - Otro		

Tabla 4. Variables recolectadas en los lugares de restauración

RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL LUGAR DE LA RESTAURACIÓN			
METADATOS			
Observador			
Nombre			
Apellido			
Correo electrónico			
Centro de buceo			
Nombre			
País			
Pueblo/sitio			
Sitio de restauración			
		Notas	
Nombre			
Organización local asociada (si la hay)			
País			
Pueblo/sitio			
Latitud (grados decimales)			
Longitud (grados decimales)			
Información sobre el buceo			
		Notes - Notas	
Fecha (dd/mm/aaaa)			
Profundidad (metros)			
Tiempo de fondo			
Datos ambientales			
Temperatura (C)			
Visibilidad (metros)			
INDICADORES			
		Instrucciones	
Superficie y número de corales trasplantados			
Huella ecológica	Largo	Ancho	Con las patadas de aleta, mida la extensión aproximada del área (Largo X ancho) del arrecife que abarca todas las parcelas de cultivo.
Número de plantas externas			Mientras nadan por la zona, estimen el número de plantas externas que observan
Salud			
Especies de coral trasplantadas			
Salud de los trasplantes			A Partir de las observaciones indique la salud de los trasplantes



Trasplante #		Elija al azar 5 colonias trasplantadas. Indique el número del trasplante si lo tiene o lo conoce, si no lo conoce, enumérela del 1 al 5. Con la opción desplegable, indique su estado de salud y su tamaño estimado en pulgadas o centímetros.
Salud		
Tamaño (cm/pulgadas)		
Trasplante #		
Salud		
Tamaño (cm/pulgadas)		
Trasplante #		
Salud		
Tamaño (cm/pulgadas)		
Trasplante #		
Salud		
Tamaño (cm/pulgadas)		
Trasplante #		
Salud		
Tamaño (cm/pulgadas)		

Tabla 5. Materiales recomendados para las actividades

Actividades	Materiales	Recomendaciones
Antes de todas las actividades en el agua: Componente de aprendizaje de la Experiencia de Rehabilitación REEF y sesión informativa	Vídeo de REEFhabilitación	Proporcionar un período de información después del vídeo para revisar la información presentada y responder a las preguntas; explicar las mejores prácticas, los protocolos y las medidas de seguridad
Visita de observación de viveros de coral	Cámara (opcional)	Para los que practican el snorkel y los buceadores menos experimentados
Visita de recogida de datos	Tablas de datos subacuáticos, lápices, reglas/cinta de medir, hoja de datos (Tabla 3), cámara (opcional)	Sólo para buzos experimentados; se recomienda comprobar la flotabilidad para evitar daños en los corales
Visita para el mantenimiento del vivero de corales	Pequeños cepillos de alambre y estropajos metálicos para limpiar las zonas cercanas a los fragmentos de coral y las cuerdas/armazones, guantes, pinzas, pinzas en T y boyas (o galones) en caso de que haya que reflotar una estructura	Sólo para buceadores experimentados; se recomienda la comprobación de la flotabilidad para evitar daños en los corales, así como una demostración por parte del instructor de buceo

Recursos adicionales

Organizaciones e instituciones internacionales

- Coral Restoration Consortium: crc.reefresilience.org
- SECORE: secore.org
- Coral Restoration Foundation: coralrestoration.org
- Fragments of Hope: fragmentsofhope.org
- Coral Reef Ecosystem Restoration Working Group: floridakeys.noaa.gov/review/coralrestoration
- International Coral Reef Initiative: icriforum.org/restoration
- Citizens of the Great Barrier Reef: citizensgbr.org

Organizaciones e instituciones dominicanas

- Red Arrecifal Dominicana: redarrecifaldominicana.org/que-hacemos/#restauracion
- Consorcio Dominicana de Restauración Costera: restauraciondearrecifes.org/index.php
- FUNDEMAR (Fundación Dominicana de Estudios Marinos): fundemardr.org/

Guías y vídeos de restauración de corales

- Coral Reef Restoration Guidelines: icriforum.org/coralrestoration
- Caribbean Acropora Restoration Guide: reefresilience.org/pdf/Johnson_etal_2011_Acropora-Coral-Guide.pdf
- Restoration: reefresilience.org/restoration
- Reef Restoration Concepts and Guidelines: sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Pacific_Region/218.pdf

Portal de REEFhabilitación

- REEFhabilitation.org