



CDRC

Consortio Dominicano de
Restauración Costera

MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE VIVEROS DE CORAL



MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE VIVEROS DE CORAL

Elaborado por el Consorcio Dominicano de Restauración Costera

M.C. Víctor Galván

Biol. Ana Belén Yáñez

M.C. Samantha Mercado Cervantes

M.C. Rita Sellares

Dr. Camilo Cortés Useche

Punta Cana, República Dominicana

2019



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. OBJETIVOS.....	17
4.1. Objetivo General del CDCR.....	17
4.1.1. Objetivo General del Manual.....	17
4.2. Objetivos Particulares del CDCR.....	17
4.2.1. Objetivos Particulares del Manual.....	18
5. MARCO TEORICO.....	18
5.1. Restauración Genética.....	18
5.2. Tipos de viveros.....	18
6. METODOLOGÍA.....	22
6.1. Generalidades.....	25
6.2. Productividad.....	27
6.3. Estado del vivero de coral.....	31
6.4. Bienestar Social.....	34
6.5 Herramienta de evaluación para los viveros de coral.....	37
7. RECOMENDACIONES.....	40
8. REFERENCIAS.....	41
9. ANEXOS.....	44
Anexo 1. Hoja de datos de generalidades del vivero de coral.....	44
Anexo 2.1. Hoja de datos de productividad y estado del vivero de coral para las estructuras.....	46
Anexo 2.2. Hoja de datos de productividad y estado del vivero de coral para los fragmentos de coral.....	47
Anexo 2.3. Hoja de datos de productividad y estado de los sitios de trasplante.....	48
Anexo 3. Hoja de datos asociada al bienestar social que ofrece el vivero de coral.....	49
Anexo 4. Herramienta de evaluación del vivero de coral.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son considerados como uno de los ecosistemas biológicamente más diversos debido que, a pesar de que tan solo cubren el 0.07% de la superficie marina, albergan a más de 3 millones de especies (Spalding y Brown, 2015). Sin embargo, su importancia no solo radica a nivel ecológico, sino que estos ecosistemas proveen a más de 275 millones de personas, que viven asociados a los arrecifes de coral, de un gran número de servicios ecosistémicos (protección costera, producción de alimentos y recreación–turismo), estos servicios han sido evaluados en aproximadamente US\$ 375 billones por año a nivel global (Edwards y Gómez, 2007; Spalding y Brown, 2015).

A pesar de su importancia, el 75% de los arrecifes de coral del mundo, se encuentran amenazados por una serie de factores de estrés vinculados principalmente a actividades antropogénicas y se estima que el 95% de estos ecosistemas está en riesgo de desaparecer en tan solo unas décadas (Hoegh–Guldberg, 2014). Estas afectaciones han sido atribuidas especialmente a factores locales como la sobrepesca, la práctica de turismo irresponsable, modificación de uso de suelo y la disminución en la calidad del agua (Cooper y Fabricius, 2007). Por otra parte, el incremento en las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, genera condiciones de acidificación oceánica a lo que se le suma el aumento en la temperatura superficial del mar (TSM), así como la frecuencia e intensidad de eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) y Huracanes (IPCC, 2013). Lo anterior, en sinergia con las afectaciones antropogénicas, han dado lugar a eventos masivos de blanqueamiento y mortalidad a nivel global (Thompson y Woesik, 2009), lo que genera una rápida pérdida de cobertura coralina (Jackson *et al.*, 2014).

Actualmente, se conoce que los daños que puedan causar los fenómenos naturales pueden ser reversibles con el tiempo, sin embargo, estas perturbaciones antropogénicas disminuyen la capacidad de resiliencia de los corales (Bruno y Selig, 2007). Ante este hecho, se han implementado acciones o estrategias de conservación y manejo para tratar de mitigar los impactos negativos sobre las comunidades coralinas y promover la recuperación del hábitat (Mumby *et al.*, 2013).

La Jardinería de Coral ha sido ampliamente implementada para la restauración de los arrecifes de coral (Rinckevich 2008; Horoszowski-Fridman *et al.*, 2011). La propagación coralina vía reproducción asexual (fragmentación) en viveros *in situ* ha resultado ser una técnica que promueve una mayor supervivencia y rápido crecimiento de los fragmentos en comparación con el medio natural, lo que genera una rápida producción de colonias de coral de un tamaño adecuado para sobrevivir y crecer exitosamente en el arrecife degradado (Edwards, 2010). Hoy en día, se tiene el registro de que la jardinería de coral ha sido utilizada en 53 países, principalmente en la región Caribe, en razón a que son



las que presentan un alto nivel de degradación de los ecosistemas arrecifales (Wilkinson, 2008; Pizarro *et al.*, 2010).

En República Dominicana, al igual que en el resto del Caribe, el esfuerzo de restauración, cultivo y propagación coralina se ha centrado en el género de coral *Acropora*, particularmente en las especies *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata*, debido a que en décadas recientes eran las especies dominantes en los arrecifes someros de la región. Sin embargo, a partir de la década de los 70s la cobertura coralina de estas especies ha disminuido aproximadamente 95% como resultado de múltiples estresores, tanto naturales (temperaturas extremas, enfermedades, depredación, huracanes y tormentas) como antropogénicos, (sobrepesca, descarga de aguas contaminadas y cambio del uso de suelo de la



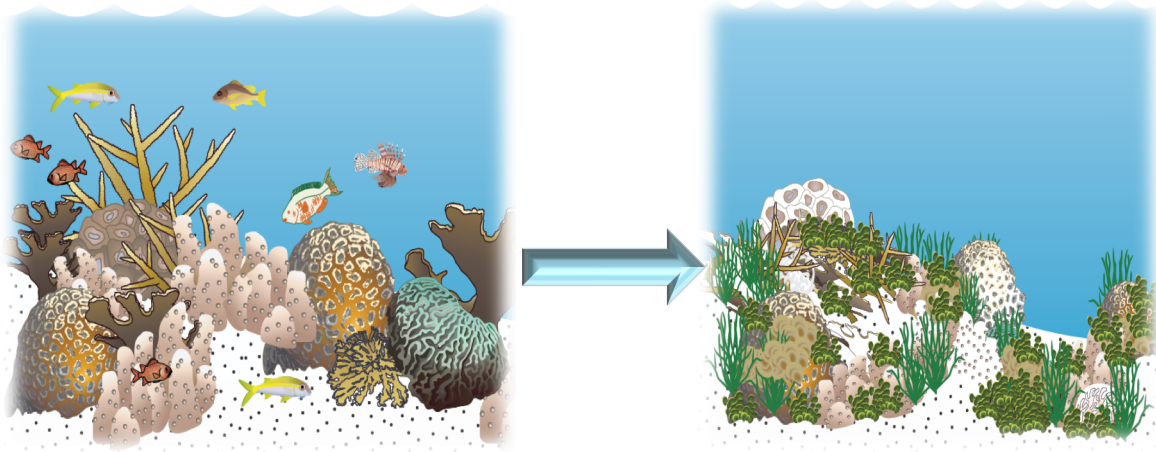
línea de costa) lo que pone en riesgo la estructura, complejidad y función del arrecife (Goreau *et al.*, 2000; Aronson y Precht, 2001; Jackson *et al.*, 2014).

Por todo lo anterior, La Fundación Grupo Puntacana (FGPC), Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR) , en conjunto con instituciones públicas, privadas y gubernamentales; han maximizado el esfuerzo por restaurar los arrecifes de coral degradados presentes en República Dominicana, así como, expandir los esfuerzos a Haití. Mediante la implementación del programa de restauración coralina (principalmente utilizando las especies que se encuentran en peligro de extinción), se pretende rescatar especies claves de estos ecosistemas, como por ejemplo *A. cervicornis* y *A. palmata*, de una posible extinción local, además de otras especies, de manera que se logre asegurar la conservación y biodiversidad de estos ecosistemas. En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es proponer un manual para la evaluación del rendimiento de viveros de coral que forman parte de una red distribuidos a lo largo de las costas de la Isla La Hispaniola (República Dominicana y Haití), considerando alcances, beneficios, costos y participación comunitaria de cada uno de estos sitios. Y con base a la información recaudada, llevar a cabo una operación con altos estándares de calidad de todos los viveros, formando un Consorcio Dominicano de Restauración Costera (CDRC).

2. ANTECEDENTES

Los primeros trabajos de restauración, cultivo y propagación de corales se desarrollaron en el Indo-Pacífico a finales de la década de 1980. En la región del Caribe estas técnicas se emplearon por primera vez a inicios de los años 90s, como respuesta a la continua y abrupta degradación que estaban sufriendo los arrecifes coralinos debido a eventos de mortalidad masiva del erizo negro (*Diadema antillarum*) y de los corales acropóridos (*A. cervicornis* y *A. palmata*)

(Aronson y Precht, 2001). Desafortunadamente esta situación se ha mantenido vigente y los signos de recuperación no son significativos en la región Caribe (Chamberland *et al.*, 2013). La degradación de estos ecosistemas continúa de tal



manera, que en varios sistemas arrecifales ha ocurrido un cambio de fase en las especies dominantes, pasando de corales (principales constructores de arrecifes coralinos) a macroalgas, lo que conlleva a la pérdida de la estructura y complejidad del ecosistema (Jackson *et al.*, 2014; Arias-González *et al.*, 2017) (Figura 1).

Figura 1. Esquema gráfico de un arrecife de coral degradado que ha sufrido un cambio de fase en las especies formadoras de estos ecosistemas (coral–macroalgas).

Se ha demostrado que los viveros de coral *in situ* tienen la capacidad de cumplir las metas de restauración coralina como; el aumento de la cobertura de coral, rápido crecimiento, dispersión y reservorio de la biodiversidad (Edwards, 2010). Distintos diseños de viveros han demostrado ser exitosos a lo largo del Caribe, estos incluyen tanto diseños fijos al sustrato como flotantes (Figura 2). Cada diseño provee diferentes beneficios basados en las condiciones ambientales locales del sitio y de los objetivos del proyecto de restauración (Johnson *et al.*,

2011). En la Tabla 1, se muestran algunos antecedentes del uso de distintos tipos de guarderías que han resultado exitosas para cada objetivo particular.

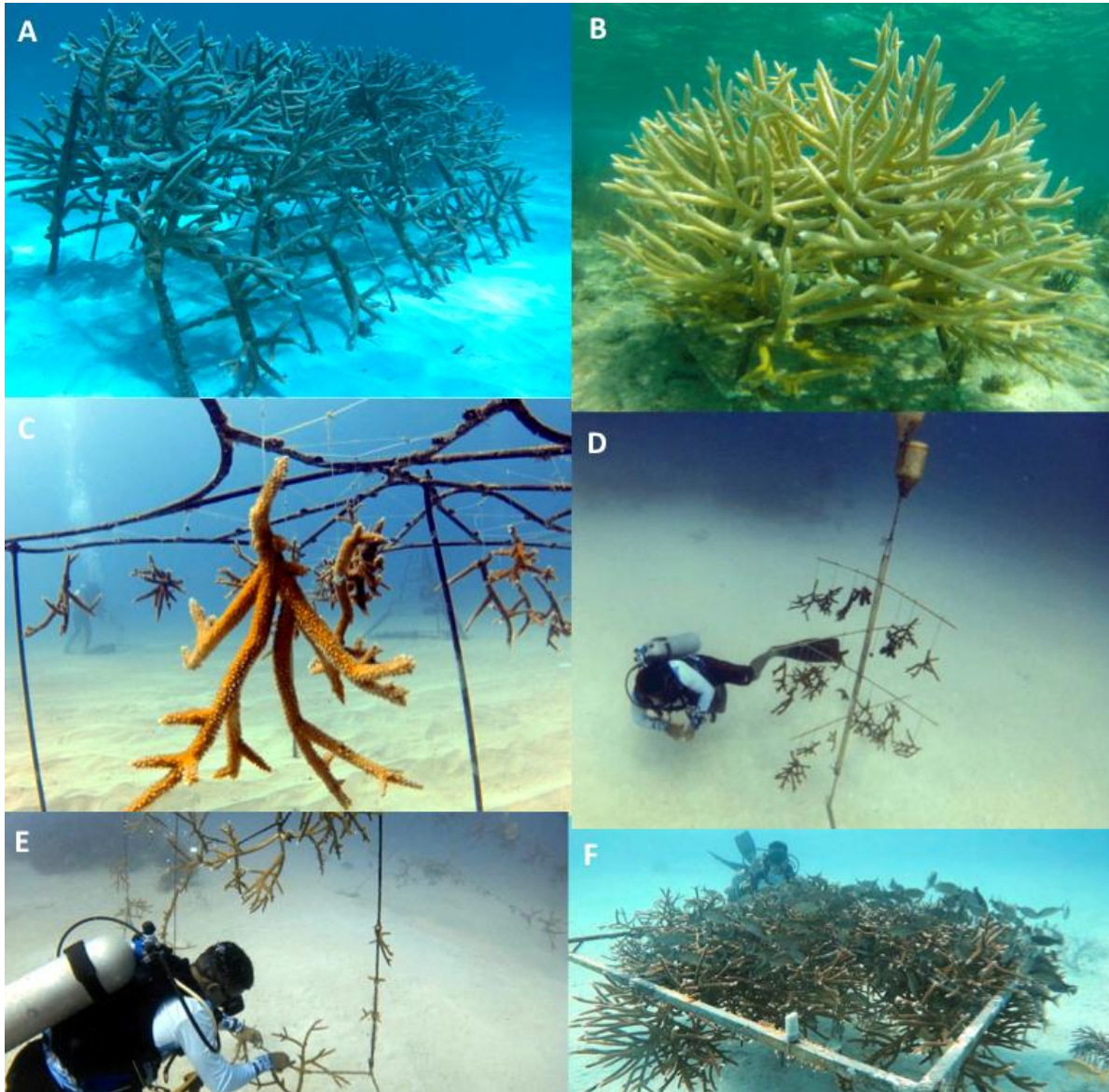


Figura 2. Ejemplo de algunas estructuras empleadas en los viveros de coral; A) Marco, B) Domo, C) Tendedero, D) Árbol, E) Soga y F) Mesa.

Tabla 1. Tipos de estructuras utilizadas en viveros de coral que han sido probadas exitosamente para cada objetivo particular del proyecto de restauración en el Caribe.

Ubicación del vivero	Diseño del vivero	Objetivo Principal	Éxito del Trasplante	Bibliografía
Punta Cana, República Dominicana	Marcos en forma A Línea en media columna Mesa de sogá	Propagación de distintos genotipos de <i>A. cervicornis</i> en arrecifes degradados en Punta Cana	85%	Johnson <i>et al.</i> , 2011
Tavernier Key, Florida	Bloques de cemento Líneas en media columna, Coral Tree	Recuperación de <i>A. cervicornis</i> en los cayos de Florida mediante la mejora en la producción del coral a través del diseño de viveros	70%	Johnson <i>et al.</i> , 2011
El Escambi6n, San Juan, Puerto Rico	Taino Reef	Estructura artificial para restaurar arrecifes de coral en un sitio de buceo turístico y recreativo	80%	Ruiz <i>et al.</i> , 2011
Puerto de Guayanilla, Puerto Rico	Estructuras de PVC y FUCA	Restauración de un arrecife impactado por el encallamiento del buque M/T Margara	90%	Ruiz <i>et al.</i> , 2011
Oracabessa Bay, St. Mary, Jamaica	Line	Producir un jardín de buceo para el Goldeneye Resort y desarrollar hábitat para el santuario de Pescados de la Bahía de Oracabessa	_____	Johnson <i>et al.</i> , 2011

La mayoría de los trabajos que se mencionan en la tabla concluyen que, para asegurar el éxito de un vivero de coral o guardería se deben contemplar los siguientes componentes:

- Los objetivos del programa deben tener en cuenta tanto las necesidades económicas como las sociales.
- Los criterios para evaluar la efectividad del proceso deben estar bien definidos desde un inicio. Vale la pena destacar que no todos los proyectos de restauración tienen los mismos objetivos; algunos están enfocados a recuperar la biodiversidad, otros hacia el turismo y recreación, otros pueden tener fines educativos, o algún otro servicio ecosistémico.
- Es necesario involucrar a los usuarios de los ecosistemas y a la comunidad local en el programa de restauración.
- Se debe contar con apoyo financiero no solo para la creación del vivero, sino para desarrollar un monitoreo continuo del proceso. Lo anterior con la finalidad de evaluar el progreso, el éxito, o bien, las debilidades y poder hacer cambios que se consideren necesarios durante el desarrollo del proyecto.
- Debido a que cada sitio a restaurar tiene características locales específicas, se deben plantear medidas de manejo adaptativas.

Edwards y colaboradores, proponen la relación costo–beneficio, como una herramienta para evaluar el éxito de un programa de restauración arrecifal. Considerando que cada programa de restauración es único y persigue objetivos concretos, es difícil su comparación con otros proyectos similares. Por lo que esta relación permite comparar el éxito entre proyectos y diferentes metodologías (para mayor información, ver Edwards *et al.*, 2010). Diversos autores han implementado

esta herramienta dentro de su metodología (Tabla 2) lo que ha facilitado su replicación en otras zonas y ha aumentado el porcentaje de éxito de los mismos.

Tabla 2. Relación costo – beneficio de distintos proyectos de restauración.

Lugar	Objetivo	Costo Total	Beneficio Ecológico	Beneficio Social	Referencia
Kuda Huraa, Malvinas	Trasplantar colonias de coral amenazadas por el desarrollo turístico y crear un jardín coralino con fines recreativos.	US\$ 50 – 200/ m2	En tres años el área total del jardín coralino abarcaba 1,250 m2.	4 pescadores locales dejaron la pesca para dedicarse al mantenimiento del jardín coralino.	Edwards, 2010
Cozumel, Quintana Roo, México	Reducir la presión turística en arrecifes degradados, estableciendo sitios alternos para el desarrollo de actividades eco turísticas	US\$25,000	Trasplantes de colonias de coral en arrecifes naturales. Incremento en la densidad de peces, especialmente de pez loro	Programas de educación ambiental Convenios con instituciones nacionales e internacionales para pasantías y voluntariado Continuo entrenamiento a guías turísticos y capitanes de embarcaciones	Edwards, 2010
La Parguera, Puerto Rico	Instituir viveros del coral <i>A. Cervicornis</i> y <i>A. palmata</i>	US\$ 84,000 US\$ 30/ colonia	Se establecieron dos viveros más Se han trasplantado 379 colonias de <i>A.</i>	Programas de difusión sobre el proyecto y concienciación de los arrecifes de coral Programas de voluntariado	Ruiz <i>et al.</i> , 2011

			<i>Cervicornis</i> y 25 de <i>A.</i> <i>palmata</i> con una supervivencia del 95%	
Isla Mayotte	Rescatar colonias de coral y un experimento piloto trasplantando las colonias amenazadas a la laguna de Mayotte	US\$ 97,000	Se trasplantaron 600 colonias de coral con una supervivencia del 80% después de un año	Edwards y Gómez, 2007

En República Dominicana la restauración coralina tiene sus comienzos en el año 2004, bajo la iniciativa caribeña de jardines de coral de Counterpart International (CPI) que incluyó también Jamaica y Honduras. En el año 2005 la (FGPC) lidera los esfuerzos en el país para la propagación y restauración de corales cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*) como punto de acción común, entre los principales logros de restauración alcanzados desde 2005, están el establecimiento de 51 sitios de trasplante, en los cuales se han trasplantado aproximadamente 5,394 metros lineales de tejido.

Precisamente este punto de partida como destaca Calle *et al.*, 2018 en su revisión, logró extender esta metodología a otras regiones de República Dominicana de manera gestionada, incluida el área de Bayahibe, gracias a la participación conjunta de instituciones privadas, públicas y gubernamentales; logrando la creación de otros viveros en distintas partes de la Isla (Figura 3) y la propagación de aproximadamente 3,000 fragmentos de 21 genotipos distintos. Sin embargo, actualmente los beneficios ecológicos y sociales de estos sitios no son claros, posiblemente esto se debe a que no se le ha dado continuidad al monitoreo de las actividades de restauración.



Figura 3. Ubicación geográfica de las comunidades con viveros de coral registrados.

En el año 2009 la FGPC, CPI y el Dr. Diego Lirman de Universidad de Miami, firman un acuerdo para llevar a escala los esfuerzos de restauración en el país, teniendo como base la validación de metodologías y procesos, incluyendo la ciencia para soportar los esfuerzos de restauración coralina. Además acuerdan contratar personal fijo para la rápida expansión y replicación de los esfuerzos, en colaboración con instituciones nacionales que fueron capacitadas en la metodología (Bowden-Kerby, 2014). Esa rápida expansión hizo que acciones independientes surgieran en polos turísticos del país, de modo que aparecen viveros fantasmas y clandestinos, de ahí la necesidad de promover una mejor gestión de todos los viveros del país. En 2016 se hace un llamado nacional para la formación de una estructura de manejo, con los mejores estándares posibles, rendimientos medibles y bien documentados, y evaluaciones de rendimiento basadas en parámetros científicos, de este llamado surge el 15 de febrero del

2017 el Consorcio Dominicano de Restauración Costera (CDRC) como un acuerdo de Colaboración entre tres instituciones locales e incluye a FGPC, CPI y FUNDEMAR. El CDRC es parte de una iniciativa para la conservación, manejo sostenible, y restauración de los ecosistemas marinos y costeros de la República Dominicana. Los fondos para el desarrollo de este consorcio fueron provistos por CPI. Mediante esta iniciativa se realizaron las primeras evaluaciones en viveros recién implementados (< 3 años de antigüedad) y pertenecientes al CDRC. Estos esfuerzos continúan gracias al apoyo del proyecto de Biodiversidad y Negocio en Centro América y Republica Dominicana de la GIZ, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Republica Dominicana y la Red Arrecifal Dominicana. En ese sentido este manual propone un método de evaluación y estandarización de los indicadores de beneficios y funcionamiento de los viveros presentes en República Dominicana. Además de orientar a la expansión de otros viveros en la isla y la región Caribe teniendo en cuenta los estándares de calidad.

3. JUSTIFICACIÓN

La restauración coralina es considerada como el futuro para la rehabilitación y conservación de los sistemas arrecifales y sus servicios ecosistémicos (Wilkinson, 2008). Particularmente, la Jardinería de coral ha resultado ser una estrategia de restauración exitosa a distintas escalas y a nivel global (Young, 2012; Lirman y Schopmeyer, 2016). Sin embargo, para que esta estrategia resulte ser exitosa, se requiere que, desde la planeación del programa de restauración, los objetivos estén claramente identificados y planteados, de tal manera que permita evaluar el éxito o fracaso del proyecto. En República Dominicana esta técnica se ha utilizado para mitigar los efectos de diversos estresores locales como globales que han causado una severa reducción en la cobertura de coral vivo y la pérdida de especies constructoras de arrecife (Cortés- Useche, 2019).

Por esta razón, el uso adecuado de esta estrategia resulta imprescindible para el futuro de los arrecifes de coral presentes en el país. Este manual pretende aportar un conjunto de indicadores cuantificables que permitan evaluar los viveros de coral distribuidos a lo largo de la costa de la Isla La Hispaniola en alianza estratégica con el Ministerio de Medio Ambiente, teniendo en cuenta 3 componentes principales; 1) productividad del vivero, 2) estado de condición y 3) participación social.

4. OBJETIVOS

4.1. *Objetivo General del CDCR*

Contribuir a la conservación, restauración y el mantenimiento de los bienes y servicios ecosistémicos costeros y su biodiversidad.

4.1.1. *Objetivo General del Manual*

Establecer un método unificado para evaluar el estado y rendimiento de una red de viveros de coral implementados, teniendo en cuenta 4 componentes principales; 1) generalidades, 2) productividad del vivero, 3) estado de condición y 4) bienestar social.

4.2. *Objetivos Particulares del CDCR*

- Conservar la biodiversidad de los ecosistemas marinos y costeros (incluyendo especies, ecosistemas y genes).
- Contribuir a restaurar y a mantener el balance e integridad del ecosistema.
- Promover la educación y la concienciación ambiental.
- Propiciar alternativas de uso sostenible para las comunidades costeras.

4.2.1. *Objetivos Particulares del Manual*

- Determinar el estado actual de los viveros y evaluar el progreso de cada proyecto.
- Analizar los beneficios a la dinámica social y la sustentabilidad de cada proyecto.

5. MARCO TEORICO

5.1. *Restauración Genética*

Constituye un requisito fundamental debido a que el éxito a largo plazo de los esfuerzos de restauración está influenciado por la diversidad genética y genotípica de las poblaciones de coral restauradas. Los esfuerzos de restauración de arrecifes de coral pueden tener consecuencias perjudiciales para la supervivencia de la especie a largo plazo debido a dos factores:

- a) La depresión por endogamia es una reducción en la condición física debido al apareamiento de parientes.
- b) La depresión exacerbada puede resultar del apareamiento entre individuos distantemente relacionados o apareamiento entre individuos que están fuertemente adaptados a las condiciones locales (eco tipos) (Johnson *et al.*, 2011).

5.2. *Tipos de viveros*

- Vivero de producción de tejido: Es aquel cuyo objetivo es maximizar la producción de tejido de coral lo más rápido y económicamente posible, minimizar mortalidad y asegurar la variabilidad genética, para realizar la restauración de los arrecifes degradados y asegurar la recuperación de la especie. Este tipo de vivero lleva como enfoque principal las actividades de restauración (Figura 4).

2016

2019



Figura 4. Vivero de producción de tejido.

- Viveros para la investigación: Tienen como objetivo promover el estudio científico sobre las diferentes especies de corales a restaurar. Los manejadores de estos viveros trabajan en la creación de bancos genéticos, la determinación de los genotipos más resilientes a los cambios adversos



del ambiente marino, y las mejores prácticas que generan nuevos avances en la jardinería de coral (Figura 5).

Figura 5. Vivero para la investigación.

- Viveros para educación y concienciación: Cuyo objetivo principal es concientizar a la gente por medio de actividades educativas dentro y fuera del vivero para centros educativos y personas particulares, además desarrollar capacidades y formar futuros restauradores de esta manera se involucra a la comunidad a través de un proceso participativo. Este tipo de viveros ayuda indirectamente a incrementar las probabilidades de supervivencia de los corales trasplantados a largo plazo (Figura 6).



Figura 6. Vivero para educación y concienciación.

- Viveros para ofrecer ingresos alternativos: Estos viveros son útiles principalmente como fuente de trabajo de las poblaciones locales y es una de las estrategias para disminuir las actividades extractivas en el mar, además minimiza el impacto turístico en los arrecifes degradados y en los viveros de producción dejando un rédito económico a varios actores claves involucrados (Figura 7). Son creados con el objetivo de generar más fuentes de trabajo. Las actividades que pueden realizarse dentro de este tipo de viveros son:

- ✓ Jardineros de corales
- ✓ Buceo recreativo
- ✓ Snorkeling
- ✓ Actividades acuáticas con remo (Paddle board)
- ✓ Canotaje (Kayak)

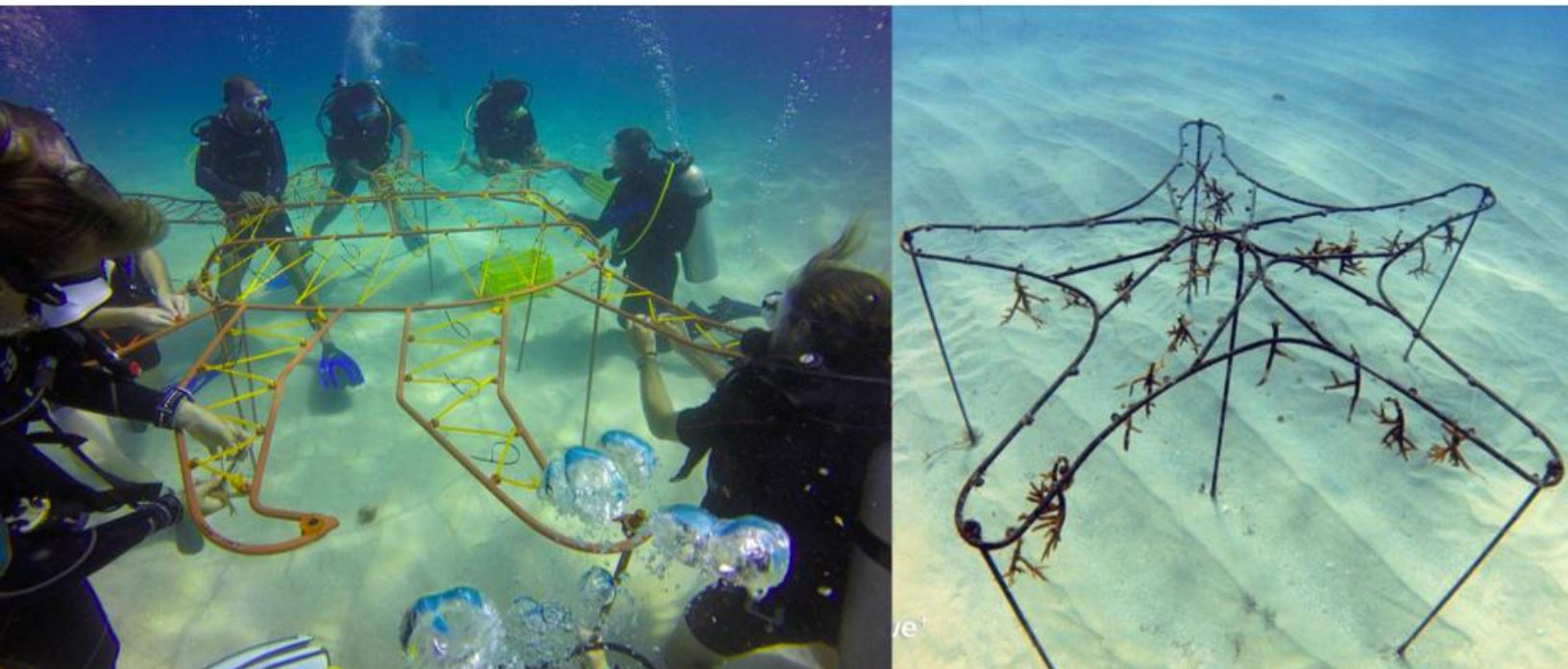


Figura 7. Vivero turísticos y de ingresos alternativos.

6. METODOLOGÍA

El marco conceptual para la evaluación de vivero de coral que utiliza este manual, se basa en generalidades o información general, elementos fundamentales de su productividad y estado de condición basados en la información científica disponible, además de factores sociales para el bienestar que están estrechamente relacionados con actividades locales y regionales de las comunidades (Figura 8).



Figura 8. Marco conceptual para el mantenimiento y evaluación de un vivero de coral.

El marco conecta múltiples indicadores en función de alcanzar estándares de calidad óptimos por parte de los operadores de cada vivero, además sirve para evaluar e interpretar resultados por cada tipo de vivero, siendo una herramienta útil para tomar decisiones y continuar con los esfuerzos de conservación en la región. Similarmente, estandariza los diferentes documentos de colección de data para facilitar la colecta de la misma. Cada vivero y sitio de trasplante deberá recolectar información a través de encuestas con los operadores locales y tomar datos *in situ* (Anexos), posteriormente serán evaluados con fundamento al porcentaje de cumplimiento en cada uno de los factores que incrementan su probabilidad de ser viable.



© Greg Asner | divephoto.org

6.1. Generalidades

La información general sirve de punto de referencia para evaluar un vivero de coral (Figura 9) y determinar el interés o el continuo interés de la comunidad solicitante/asociada. Aunque estas características no garantizan un vivero exitoso, entre más características cumple, la probabilidad de éxito aumenta. Los datos recolectados (Anexo 1) describen las siguientes características básicas, algunas de ellas sirven para la herramienta de evaluación (*símbolo de calificación = **).

Indicador		Calificación				
		Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)
Generalidades	Ubicación del vivero (cada requisito es un punto)	<3	4_5	6_7	8_9	>10
	1. Los genotipos han sido rastreados y monitoreados ?	NO				SI
	2. Se cuenta con datos iniciales de extensión lineal de tejido (TLE) ?	NO				SI
	3. Se tienen datos comparativos del crecimiento (TLE) durante el 1er año de operación ?	NO				SI
	4. Se han registro de eventos de desove de corales en el sitio ?	NO	-	-	-	SI

Figura 9. Indicadores y calificación para el componente de generalidades de un vivero de coral.

▪ Preguntas generales para cada proyecto a evaluar:

- ✓ Nombre del vivero
- ✓ Ubicación geográfica (latitud y longitud)
- ✓ Cuantos viveros existen en el sitio ?
- ✓ Fecha de establecimiento inicial del vivero (dd/mm/aa)
- ✓ Fundadores del vivero
- ✓ Tiene permiso legal (dd/mm/aa)
- ✓ Status del permiso (vigente, vencido, en proceso, otro)
- ✓ Responsable del permiso legal
- ✓ Fecha de última evaluación

- ✓ Objetivos de la creación del vivero
 - ✓ Operador principal
 - ✓ Socios colaboradores
 - ✓ Tipo de manejo (privado, público o mixto)
 - ✓ Quiénes lo financian ?
- **Ubicación (*)**: Para la evaluación se tendrán en cuenta 10 requisitos, donde el cumplimiento de 10 puntos es igual a una puntuación excelente, 9-8 muy bueno, 7-6 bueno, 5-4 débil y <3 malo.
1. El sitio está en un Área Protegida ?Cuál ?
 2. Posee un sustrato arenoso sin fango, sin escombros y sin arena fina ?
 3. Posee sustrato sin pendiente ?
 4. Posee una profundidad promedio (metros) entre 3.5 y 10 ?
 5. Posee leve corriente de agua para ayudar a eliminar los desechos ?
 6. Tiene protección de oleaje y tormentas preferiblemente por un arrecife natural ?
 7. Tiene accesibilidad bajo casi todas las condiciones marítimas ?
 8. Tiene presencia de peces herbívoros ?
 9. Tiene suficiente espacio para trabajar cómodamente sin dañar el entorno ?
 10. Tiene suficiente espacio para continuar la expansión del vivero ?
- **Viveros y sitios de trasplante (registro histórico de datos) (*)**:
1. Número de estructuras iniciales y actuales
 2. Número de especies iniciales y actuales *Acropora cervicornis* u otras especies según el caso
 3. Número de genotipos iniciales y actuales
 4. Número de corales (fragmentos) iniciales y actuales
 5. Número de sitios de trasplante

6. Número de fragmentos trasplantados hasta la fecha
7. Método que usa (soga, marco, mesa, otro)
8. Cuantas veces al año se le da mantenimiento a los viveros ? (*): Basado la pregunta de mantenimiento de los viveros (8), la calificación será < 3 veces al año = Malo, entre 3_5 = Débil, 6_8= Bueno, 9_11= Muy bueno y > 12= Excelente.

4 Preguntas para evaluación (registro histórico de datos) (*): Estas preguntas tienen 2 opciones de respuesta, SI = Excelente (5) y NO = Malo (1).

1. ¿Los genotipos han sido rastreados y monitoreados?
2. ¿Se cuenta con datos iniciales de extensión lineal de tejido (TLE)?
3. ¿Se tienen datos comparativos del crecimiento (TLE) durante el 1er año de operación?
4. ¿Se tienen registro de eventos de desove de corales en el sitio? Nota: Es la base de todo programa de restauración. La promoción de episodios exitosos de reproducción sexual de los genotipos que en teoría son los que han sobrevivido y mas fuertes.

6.2. Productividad

La productividad de un vivero de coral incluye la proporción de crecimiento de nuevo tejido en relación al tamaño inicial de la colonia (Lohr *et al.*, 2015) (Anexo 2.1). Para esto es indispensable contar con datos de las tallas, número de estructuras y fragmentos (Anexo 2.2), así como, la diversidad de especies y genotipos de coral (Figura 10). Además se debe evaluar los sitios de trasplante que cada vivero está aportando a su zona de influencia de manera que se sume el total de tejido del proyecto (Anexo 2.3)

Indicador		Calificación				
		Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)
Productividad del vivero	Supervivencia % (# total fragmentos - # fragmentos 100% muertos)*100/# total de fragmentos)	< 50 %	51 _ 60 %	61 _ 70%	71 _ 80 %	> 81%
	TLE anual (metros) (hoja descargo de datos)	200 _ 400	401 _ 600	601 _ 1000	1001 _ 1500	> 1501
	Número de estructuras por sitio (institución)	< 5	7_9	10_12	13_15	> 15
	Número de especies	1	2	3	4	> 5
	Número de genotipos	1	2_6	6_8	9_12	> 30

Figura 10. Indicadores y calificación para el componente de productividad de un vivero de coral.

A continuación se describen los conceptos principales de la productividad de un vivero de coral:

- **Supervivencia (*):** Se calcula mediante la resta del porcentaje total de corales colocados en un vivero (100%), menos el porcentaje de mortalidad del vivero de coral: el número de corales que están totalmente muertos entre el número total de corales del vivero (Bowden-Kerby *et al.*, 2005).

$$\text{Supervivencia} = 100\% - \left[\frac{M}{T} \right] * 100$$

M: número de corales totalmente muertos.

T: número total de corales en el vivero.

Para la evaluación valores de supervivencia > 81% se consideran = Excelente, entre 71 – 80 % = Muy bueno, 61 – 70% = Bueno, 51 – 60 % = Débil y < 50% Malo (Lirman, *comunicación personal*). De acuerdo a estudios comparativos de 13 viveros pertenecientes a 6 diferentes

organizaciones con 161 genotipos en total y 20316 estructuras, arrojan resultados con respecto a la supervivencia de los fragmentos de coral dentro de un vivero, este factor está relacionado con los métodos de transporte y recolección de *A. cervicornis*. Se encontró que solo 10% de los fragmentos demuestran 100% de mortalidad. Se sugiere que un punto de referencia de 80% de supervivencia de los fragmentos luego del 1er año de recolección es razonable. Grandes desviaciones podrían significar que un genotipo o varios son inadecuados para el vivero, condiciones inadecuadas de recolección o un ambiente de crianza no suficientemente óptimo (Shinn, 1966) , esto significaría que es necesario la reubicación o rediseño de estos viveros (Schopmeyer *et al.*, 2017).

- **Extensión linear total (TLE) (*):** Es el valor obtenido al medir todas las ramas de más de 1cm de longitud de una determinada colonia, generalmente la unidad métrica usada es el metro. TLE se colecta en ambos los viveros al instalarse un vivero y durante los esfuerzos de trasplante para establecer una línea base. Durante los procesos de restauración es importante medir la longitud total de coral en el vivero y restaurado, pues en función de esto se plantean metas para un determinado periodo de tiempo, de esta manera se puede tener un indicador de productividad de un determinado vivero.

Teniendo como base los trasplantes registrados en el año 2018 por el CDRC, se establece como punto de referencia en este manual para fines evaluativos de los esfuerzos de trasplante, los siguientes valores; siendo > 1500m de tejido anuales la meta mínima a alcanzar cada año para un vivero con óptima producción. El mismo que corresponderá a una calificación = Excelente, entre 1001 – 1500m = Muy bueno, 601 – 1000m = Bueno, 401 – 600m = Regular y < 400m = Malo. Tomar en cuenta que

estos parámetros son específicos para viveros de productividad. Para los otros viveros, el mínimo es 200m anuales.

- **Número de estructuras (*)**: Las estructuras pueden ser de diferentes tipos de acuerdo a las necesidades de cada vivero y el objetivo, sin embargo, la cantidad presente en cada vivero se puede utilizar como indicador de calidad para fines evaluativos. Cada vivero debe contar con un mínimo de cinco (5) estructuras (o su equivalencia #f fragmentos totales/30 fragmentos mínimos), esto para ser considerado como tal (Reef Futures, 2018). Basados en el caso de estudio de los viveros de la Fundación Grupo Puntacana que constituyen los más exitosos de República Dominicana, se establece que >15 estructuras, con capacidad para soportar 25 fragmentos cada una, producen suficiente tejido para restaurar 1500 m de TLE (objetivo anual). Para efectos de la evaluación un vivero con >15 estructuras = Excelente, entre 13 – 15 = Muy bueno, 10 – 12 = Bueno, 7 – 9 = Regular y < 5 = Malo.

- **Diversidad**: En este estudio nos referimos al término diversidad aplicado a los viveros de coral, estará determinado por el porcentaje de variabilidad tanto genética dentro de una especie, como entre organismos, es decir, presencia de corales de diferente especie. Para fines evaluativos se contará con los siguientes indicadores: número de especies y número de genotipos.

- **Número de especies diferentes (*)**:: Hace referencia a la diversidad entre especies, cantidad de diferentes especies dentro de un vivero. Para efectos de la evaluación un vivero con > 5 especies = Excelente, 4 = Muy bueno, 3 = Bueno, 2 = Débil y 1 = Malo.

- **Número de genotipos (*):** Hace referencia a la diversidad dentro de cada especie en un determinado vivero. Debido a que la propagación asexual por métodos de fragmentación puede producir clones idénticos, cada vivero debería poder producir la mayor cantidad de genotipos posibles. 30 genotipos en el vivero representan el 95% de las poblaciones silvestres (Drury *et al.*, 2017). Para efectos de la evaluación un vivero con > 30 genotipos = Excelente, entre 9 – 29 = Muy bueno, 6-8 = Bueno, 2 – 6 = Débil y 1 = Malo.

6.3. Estado del vivero de coral

El mantenimiento de un vivero de coral es un factor clave en el estado de este a largo plazo. En varias ocasiones, un vivero puede degenerarse en pocos meses si no se tiene un mantenimiento adecuado. Se debe considerar, que los beneficios que ofrece un vivero *in situ* podrían convertirse en grandes desventajas si se descuida este factor. Para mantener este factor bajo control es importante hacer limpiezas periódicas y control de depredadores, tales como; gusanos de fuego, caracoles, damiselas y coralimorfarios, a cada una de las estructuras y componentes de un vivero como son sogas marcos, boyas, medallas etc. El mantenimiento de un vivero pueden variar dependiendo del tamaño del vivero y el número de estructuras:

- ✓ Limpieza de medallas cada mes. Después de un tiempo, evaluar y ajustar el plazo (si es necesario).
- ✓ Poda de corales para trasplante mínimo 4 veces por año. Ajustar la frecuencia de ser necesario. No se recomienda podar cuando la temperatura haya superado los 32 grados (Schopmeyer comunicación personal).

- ✓ Limpieza de estructuras cada 3 meses máximo. Evaluar las necesidades después de un tiempo para ajustar frecuencia si es necesario.

Los indicadores que nos permitirán reconocer un apropiado o inapropiado mantenimiento son:

- **Mantenimiento a lo viveros de coral (*)**: Para efectos de la evaluación un vivero con > 12 jornadas de limpieza al año = Excelente, entre 9 – 11 = Muy bueno, 6 – 8 = Bueno, 3 – 5 = Débil y < 3 = Malo.
- **Presencia de depredadores (*)** : Los principales depredadores de coral son gusanos de fuego, caracoles, damiselas, coralimorfarios y el número de estos en un vivero determinará la viabilidad del mismo. Para efectos de la evaluación un vivero con 0 depredadores = Excelente, entre 1 – 2 = Muy bueno, 2 – 5 = Bueno, 5 – 10 = Regular y > 10 = Malo. Un vivero con alto número de depredadores puede ser el resultado de bajo mantenimiento y/o sobre madurez del vivero, lo que produce las condiciones necesarias para que estos depredadores se asienten de la columna de agua y desarrollen en el vivero debido a la cantidad de espacio que utilizan como refugio. Para entender más sobre depredadores y como contrarlar algunos de ellos, ver Mejores Prácticas para la Restauración de Corales *Acropora* elaborado por Bowden-Kerby y Galván (2014) para la Fundación Grupo Puntacana.
- **Presencia de algas (*)**: La presencia de algas es un indicador importante de mal mantenimiento, se las puede observar cubriendo las medallas los marcos y los corales. La herramienta contempla la Cobertura % algas ($\frac{\# \text{ total fragmentos cubiertos por algas} \times 100}{\# \text{ total de fragmentos}}$). Para efectos de la evaluación un vivero con % de cobertura de algas entre 0 - 5% = Excelente, entre 6 – 12% = Muy bueno, 12 – 25% = Bueno, 25 – 30% = Débil y > 30% = Malo. Existen técnicas eficaces en la construcción de viveros para ayudar a reducir la cantidad de algas en los marcos tipo A

(ver Mejores Prácticas para la Restauración de Corales *Acropora* elaborado por Bowden-Kerby y Galván 2014.

- **Porcentaje de Blanqueamiento % (*):** Se expresa como ($\#$ total fragmentos blanqueados*100/# total de fragmentos). Para efectos de la evaluación un vivero con % de blanqueamiento de < 10% = Excelente, entre 10 – 20% = Muy bueno, 20 – 30% = Bueno, 30 – 40% = Regular y > 40% = Malo.
- **Porcentaje de fragmentos con signos de mortalidad (reciente, antigua, enfermedad) % (*):** Se expresa como ($\#$ total fragmentos con signos*100/# total de fragmentos), es decir, los fragmentos que presenten algún tipo de signo de enfermedad o mortalidad parcial (reciente o antigua). Para efectos de la evaluación un vivero con % signos de mortalidad de 0% = Excelente, entre 1 – 5% = Muy bueno, 6 – 10% = Bueno, 11– 15% = Débil y > 15% = Malo.

Toda la información que se obtenga acerca del proceso de mantenimiento y ejecución de actividades en los viveros y sitios de trasplante será fundamental para determinar el estado de los mismos (Figura 11).

Indicador	Calificación					Calificación				
	Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)	Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)
Mantenimiento a los viveros (veces al año)	< 3	3_5	6_8	9_11	> 12					5
Número de depredadores (promedio de las es)	> 10	5_10	2_5	1_2	0			3		
Cobertura % algas (# total fragmentos cubiertos por algas*100/# total de fragmentos)	> 30%	25_30%	12_25%	6_12%	0_5%					5
Blanqueamiento %	> 40%	30_40%	20_30%	10_20%	<10%					5
Enfermedades % (# total fragmentos enfermos*100/# total de fragmentos)	>15%	11_15%	6-10%	1-5%	0%					5

Figura 11. Indicadores y calificación para el componente de estado de un vivero de coral.

6.4. Bienestar Social

Las actividades que se llevarán a cabo en los viveros son un factor importante para calificar a los viveros con vocación de turismo y de educación, pues permiten evaluar si estos están cumpliendo con sus objetivos a largo plazo (Anexo 3). Algunos indicadores de la gestión de los proyectos aportan información clave (Figura 12).

Indicador	Calificación				
	Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)
Número de eventos educativos entorno a la conservación marina (ver hoja bienestar)	1	2	3	4, 5	6
Número de actividades generadoras de capital (ver hoja bienestar)	1	2	3	4	5
Número de participantes claves para la sostenibilidad del vivero (ver hoja bienestar)	1	2-3	4-8	9-11	12
El proyecto esta establecido sobre la base de directrices aprobadas (metodología)	NO	-	-	-	SI
El proyecto tiene medidas claras de éxito (por ejemplo, número de corales en vivero o plantados, número de trabajos, evidencia de reproducción sexual, etc.)	NO	-	-	-	SI
El proyecto incluye varios viveros de coral	1	-	-	-	> 1
El proyecto incluye varios sitios de trasplante	1	-	-	-	> 1
Los sitios de trasplante establecidos sobre la base de directrices aprobadas (metodología)	NO	-	-	-	SI
Los fragmentos recolectados en base a prácticas aprobadas (metodología)	NO	-	-	-	SI
El proyecto puede obtener los recursos necesarios para el éxito a largo plazo de fuentes principalmente locales (no depende de financiación externa).	NO	-	-	-	SI
El proyecto proporciona oportunidades significativas de educación y extensión	NO	-	-	-	SI
El proyecto tiene un fuerte compromiso con los grupos de interés social	NO	-	-	-	SI
El proyecto encaja dentro de un plan de manejo más amplio (no pesca, AMPs, manejo de cuencas hidrográficas)	NO	-	-	-	SI
El proyecto puede ser gestionado y mantenido por el personal y los recursos disponibles localmente.	NO	-	-	-	SI
El proyecto ha aumentado la estructura y función del arrecife (por ejemplo, aumento de la abundancia de peces e invertebrados) (viveros y sitios de trasplante).	NO	-	-	-	SI

Figura 12. Indicadores y calificación para el componente de bienestar de un vivero de coral.

Preguntas para evaluar el componente de bienestar social:

- **De estos eventos educativos cuales ha realizado en el ultimo año? (*):**

1. Capacitaciones y talleres para profesionales durante el proyecto ?
2. Charlas de concienciación con la comunidad ?

3. Han realizado capacitación a nivel de primaria ?
4. Han realizado capacitación a nivel de secundaria ?
5. Eventos relacionados a conmemoraciones del medio ambiente ?
6. Proyectos de investigación ?

Para efectos de la evaluación un proyecto con de 6 de los anteriores eventos = Excelente, entre 4 – 5 = Muy bueno, 3 = Bueno, 2 = Débil y 1 = Malo.

▪ **De estas actividades generadoras de capital cuales realiza su programa? (*):**

1. Llevan a cabo actividades de buceo recreativo en los viveros ?
2. Llevan a cabo actividades de buceo para la jardinería en los viveros ?
3. Llevan a cabo actividades de snorkeling en los viveros ?
4. Llevan a cabo comercialización de productos para generar ingresos ?
5. Llevan a cabo actividades paddle board en los viveros ?
6. Llevan a cabo actividades de kayak en los viveros ?
7. Llevan a cabo excursiones educativas en los viveros ?
8. Llevan a cabo programas científicos en los viveros ?
9. Mencione otras actividades de ingresos ?

Para efectos de la evaluación un proyecto con de 5 de las anteriores actividades = Excelente, entre 4 – 5 = Muy bueno, 3 = Bueno, 2 = Débil y 1 = Malo.

▪ **De los siguientes participantes claves para la sostenibilidad del vivero cuales participan en su programa ? (*):**

1. Gobierno
2. Sector privado

3. Instituciones educativas
4. Centros de investigación
5. Estudiantes y profesores
6. Pescadores
7. Artesanos
8. Centros turísticos
9. Sector hotelero
10. Actividades acuáticas
11. Centros de buceo
12. Restauradores capacitados

Para efectos de la evaluación un proyecto con participación de 12 de los actores claves = Excelente, entre 9 –1 = Muy bueno, 4 – 8 = Bueno, 2 - 3 = Débil y 1 = Malo.

▪ **Gestión (*):**

1. El proyecto esta establecido sobre la base de directrices aprobadas (metodología) ?. SI = Excelente y NO = Malo.
2. El proyecto tiene medidas claras de éxito (por ejemplo, número de corales en vivero o plantados, número de trabajos, evidencia de reproducción sexual, etc.) . SI = Excelente y NO = Malo.
3. El proyecto incluye varios viveros de coral. >1 = Excelente y 1 = Malo.
4. El proyecto incluye varios sitios de trasplante. >1 = Excelente y 1 = Malo.
5. Los sitios de trasplante están establecidos sobre la base de directrices aprobadas (metodología) ?. SI = Excelente y NO = Malo.
6. Los fragmentos recolectados están en base a prácticas aprobadas (metodología) ?. SI = Excelente y NO = Malo.

7. El proyecto puede obtener los recursos necesarios para el éxito a largo plazo de fuentes principalmente locales (no depende de financiación externa). SI = Excelente y NO = Malo.
8. El proyecto proporciona oportunidades significativas de educación y extensión. SI = Excelente y NO = Malo.
9. El proyecto tiene un fuerte compromiso con los grupos de interés social. SI = Excelente y NO = Malo.
10. El proyecto encaja dentro de un plan de manejo más amplio (no pesca, AMPs, manejo de cuencas hidrográficas). SI = Excelente y NO = Malo.
11. El proyecto puede ser gestionado y mantenido por el personal y los recursos disponibles localmente. SI = Excelente y NO = Malo.
12. El proyecto ha aumentado la estructura y función del arrecife (por ejemplo, aumento de la abundancia de peces e invertebrados) en viveros y sitios de trasplante). SI = Excelente y NO = Malo.

6.5 Herramienta de evaluación para los viveros de coral

Para obtener la calificación de los 4 componentes se promedian los resultados de cada uno de los indicadores por componente, teniendo de esta manera 4 calificaciones, una vez se obtengan esas 4 calificaciones se multiplican de la siguiente manera:

- ✓ Calificación Generalidades * 0,1
- ✓ Calificación Productividad * 0,6
- ✓ Calificación Estado del vivero * 0,2
- ✓ Calificación Bienestar social del proyecto * 0,1

De esta manera se obtienen un valor ponderado de cada componente, finalmente se realiza una suma de los 4 valores promedio para establecer la

calificación final de la evaluación de cada vivero de coral, en una escala de 1 a 5 (Figura 13).

Malo	Débil	Bueno	Muy bueno	Excelente
1	2	3	4	5

Figura 13. Valores (calificación) para determinar el estado de los viveros de coral.

En el (Anexo 4) se muestran los parámetros de todos los indicadores que se deben tomar en cuenta para la evaluación de los viveros de coral, teniendo como base los indicadores principales del marco de evaluación, se tendrá en cuenta la puntuación de cada uno de los 4 componentes (Figura 14).

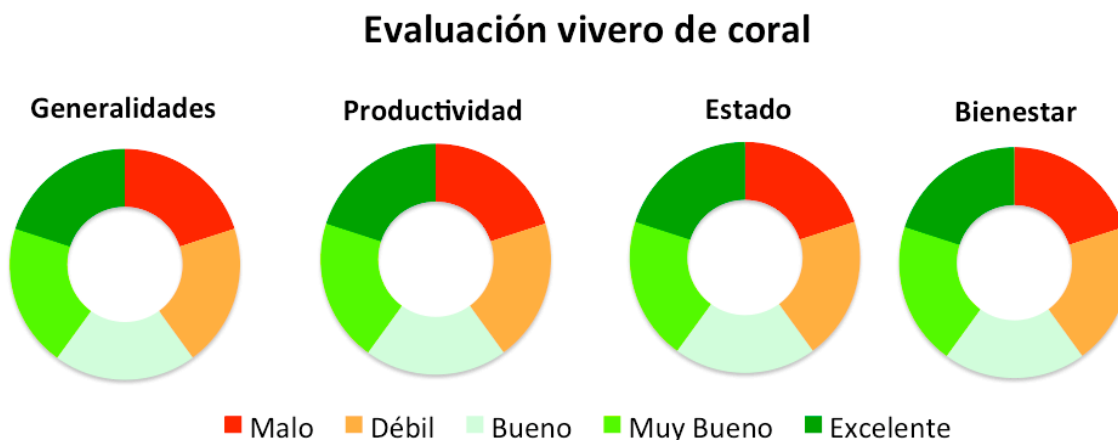
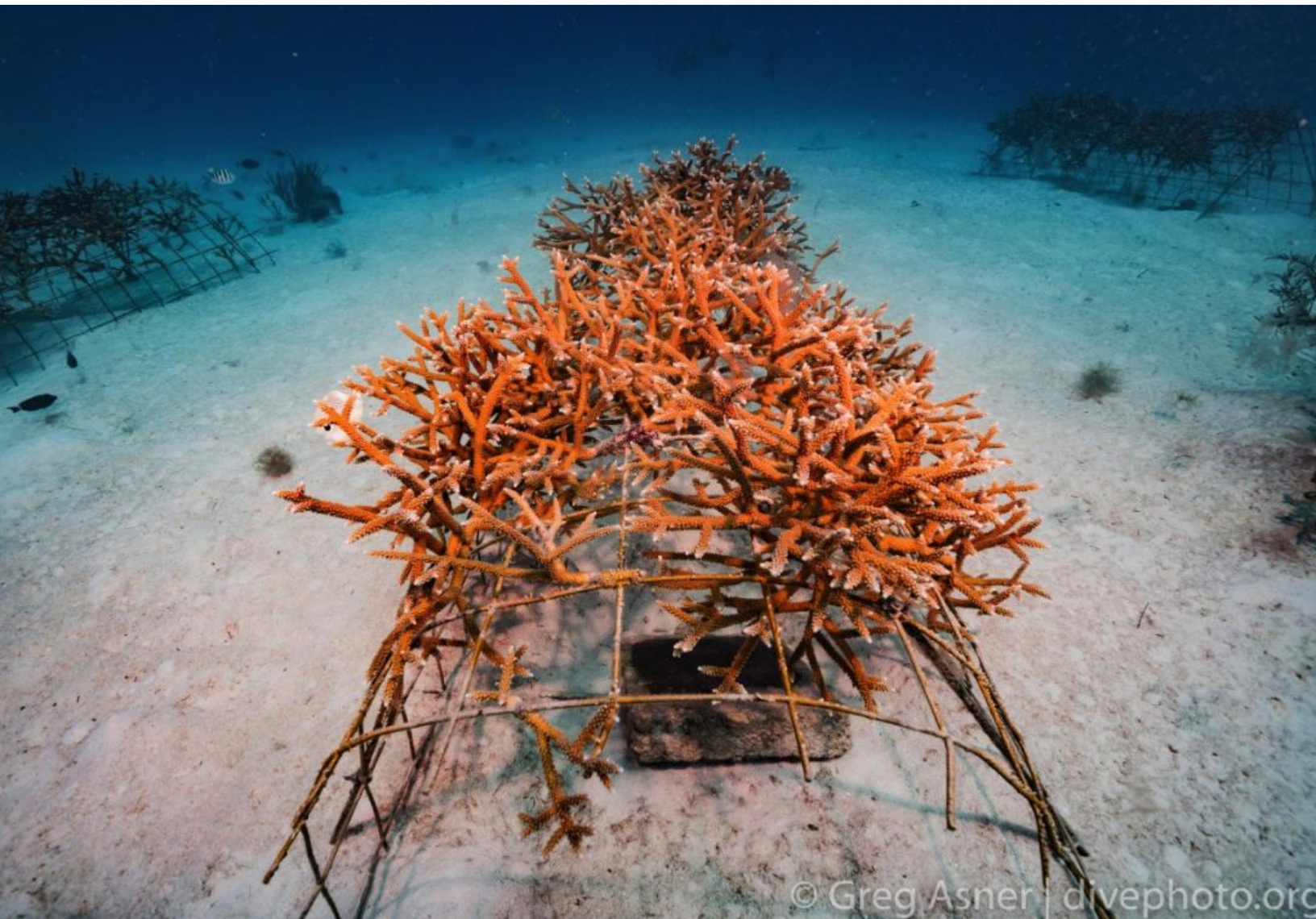


Figura 14. Herramienta de evaluación para los viveros de coral.



7. RECOMENDACIONES

- Este manual está desarrollado sobre la base de viveros maduros (> 3 años), sin embargo, se anexa el formato para la toma de datos específicos para viveros nuevos (Anexo 2.2).
- Con efectos de escalar los programas de restauración, se recomienda tener en cuenta la toma de datos de productividad y estado para los sitios de trasplante que cada programa tenga (Anexo 2.3).
- Los daños y la degradación en los arrecifes de coral no pueden ser restaurados o rehabilitados, sin antes entender y atender los procesos responsables de la degradación de estos ecosistemas. La implementación de Áreas Naturales Protegidas o la determinación de zonas de no pesca, pueden complementar el esfuerzo y asegurar un mayor éxito en las actividades de restauración.
- Gran parte del éxito de los programas de restauración y propagación de corales, es la participación activa de los usuarios del arrecife y de la comunidad local. Por lo que se recomienda crear programas de concientización, capacitación y participación.



8. REFERENCIAS

- Arias-González J.E., Fung T., Seymour R.M., Garza-Pérez J.R., Acosta-González G. and Bozec Y.M. 2017. A coral-algal phase shift in Mesoamerica not driven by changes in herbivorous fish abundance. PLoS ONE 12(4): e0174855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174855>
- Aronson R.B., Precht., W.F. 2001. Evolutionary paleoecology of Caribbean reef corals En: Allmon W.D. y D.J. Bottjer (Eds). Evolutionary Paleoecology: the ecological context of macroevolutionary change. Columbia University Press, New York. pp. 171-233.
- Bowden–Kerby, A.N., S.M. Quinn, A. Mejia. 2005. *Acropora cervicornis* restoration to support coral reef conservation in the Caribbean. NOAA Coastal Zone 05. New Orleans, Louisiana. 8pp.
- Bowden-Kerby, A. 2014. Best Practices Manual for Caribbean *Acropora* Restoration. 59pp.
- Bruno, J. F., & E. R. Selig. 2007. Regional decline of coral cover in the Indo – Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. PloS ONE. 2 (8): e711
- Calle-Triviño, J., Cortés-Useche, C., Sellares-Blasco, R. I., and J. E. Arias-González. 2018. Assisted fertilization of threatened Staghorn Coral to complement the restoration of nurseries in Southeastern Dominican Republic. *Regional Studies in Marine Science*, 18, 129–134. <http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.02.002>
- Chamberland V.F., Petersen, D., Vermeij, M.J.A. 2013. Restoration of critically endangered elkhorn coral (*Acropora palmata*) using sexually produced recruits. Curaçao AAUS/ESDP Joint International Symposium. 6 pp.
- Cortés –Useche, C. A. (2019). Condición y manejo de los arrecifes de coral en las Áreas Marinas Protegidas del Sureste de la República Dominicana.
- Drury C., Schopmeyer S., Goergen E., Bartels E., Nedimyer K., Johnson M., Maxwell K., Galvan V., Manfrino C., and Lirman D. (2017) Genomic patterns in *Acropora cervicornis* show extensive population structure and variable genetic diversity. *Ecol Evol* . 2017;7:6188–6200. <https://doi.org/10.1002/ece3.3184>.

- Edwards AJ, Gómez ED. 2007. Reef Restoration Concepts & Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building to Management program. St. Lucia, Australia. 38pp.
- Edwards, A.J. (ed.) 2010. Reef Rehabilitation Manual. Coral Reef Targed Research & Capacity Bulding for Management Program. St. Lucia, Australia. 166pp.
- Goreau T., T., McClanahan. R., Hayes and Strong A. 2000. Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conserv. Biol.* 14(1): 5-17.
- Hoegh-Guldberg, O. 2014. Coral reef sustainability through adaptation: glimmer of hope or persistent mirage?. *Current Opinion in Environmental Sustainability.* 7, 127–133
- Horoszowski-Fridman Y.B., Izhaki I., Rinkevich B. 2011. Engineering of coral reef larval supply through transplantation of nursery-farmed gravid colonies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 399(2): 162–166. doi: 10.1016/j.jembe.2011.01.005
- IPCC. Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen Para Responsables de Política. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. Suiza, 2013. 27 pp.
- Jackson, J.B., M.K. Donovan, K.L. Cramer y V.V. Lam. 2014. Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970–2012. Global Reef Monitoring Network, IUCN. Glang Switzerland. 306pp.
- Jackson, M.E., C. Lustic, E. Bartels, I.B. Baums, D.S. Gilliam, L. Larson, D. Lirman, M.W. Miller, K. Nedimyer y S. Schopmeyer. 2011. Caribbean Acropora restoration guide: best practices for propagation and population enhancement. The Nature Conservancy, Arlington, VA. 64pp.
- Johnson M.E., Lustic C., Bartels E., Baums I.B., Gilliam D.S., Larson L., Lirman D., Miller M.W., Nedimyer K., Schopmeyer S. 2011. Caribbean Acropora Restoration Guide: Best Practices for Propagation and Population Enhancement. The Nature Conservancy, Arlington, p. 56.
- Lohr, K. E., Bejarano, S., Lirman, D., Schopmeyer, S., & Manfrino, C. (2015). Optimizing the productivity of a coral nursery focused on staghorn coral

- Acropora cervicornis*. *Endangered Species Research*, 27(3), 243-250.
<https://doi.org/10.3354/esr00667>
- Mumby P.J. 2013. Operationalizing the resilience of coral reefs in an era of climate change. *Conservation Letters*. DOI: 10.1111/conl.12047.
- Pizarro, V., V. Carrillo y A. Garcia–Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos.
- Rinkevich B. 2008. Management of coral reefs: we have gone wrong when neglecting active reef restoration. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1821e1824.
- Rinkevich, B. 2015. Novel tradable instruments in the conservation of coral reefs, based on the coral gardening concept for reef restoration. *Journal of Environmental Management*. 162: 199-205.
- Ruiz, H.J., A.L. Ortiz, M.I. Nemeth, M.T. Scherer y S. Griffin. 2015. Casos de estudio en la restauración de arrecifes de coral de Puerto Rico. Primer Simposio Internacional de la Administración Sostenible de los Archipiélagos Isla del Rosario y San Bernardo. 273–290pp.
- Schopmeyer, S. A., Lirman, D., Bartels, E., Gilliam, D. S., Goergen, E. A., Griffin, S. P., ... Walter, C. S. (2017). Regional restoration benchmarks for *Acropora cervicornis*. *Coral Reefs*, 36(4), 1047–1057. <http://doi.org/10.1007/s00338-017-1596-3>
- Shinn, E. A. 1966. Coral growth-rate: An environmental indicator. *J. Paleontol.* 40:233–40.
- Spalding, M. D., & B. E. Brown. 2015. Warm–water coral reefs and climate change. *Science* 350, 769–771
- Thompson, D. M., & R. V. Woesik. 2009. Corals escape bleaching in regions that recently and historically experienced frequent thermal stress. *Proc. R. Soc. B.* 276, 2893–2901
- Wilkinson, C. 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia. 298 pp.

9. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de datos de generalidades del vivero de coral.

CDCR Generalidades				
Evaluador:				
Fecha:				
Elemento			Respuesta	
General	Nombre del vivero			
	Ubicación geográfica (latitud y longitud)			
	Cuantos viveros existen en el sitio ?			
	Fecha de establecimiento inicial (dd/mm/aa)			
	Fundadores del vivero:			
	Tiene permiso legal (dd/mm/aa)			
	Status del permiso (vigente, vencido, en proceso, otro)			
	Responsable del permiso legal			
	Fecha ultima evaluación			
	Objetivos de la creación del vivero			
	Operador principal			
	Socios colaboradores			
	Tipo de manejo (privado, publico o mixto)			
	Quienes lo financian ?			
Ubicación	10 Requisitos para evaluación		SI	NO
		1. El sitio está en un Área Protegida ? Cuál ?		
		2. Posee un sustrato arenoso sin fango, sin escombros y sin arena fina ?		
		3. Posee sustrato sin pendiente ?		
		4. Posee una profundidad promedio (metros) entre 3.5 y 10 ?		
		5. Posee leve corriente de agua para ayudar a eliminar los desechos ?		
		6. Tiene protección de oleaje y tormentas preferiblemente por un arrecife natural ?		
		7. Tiene accesibilidad bajo casi todas las condiciones marítimas ?		
		8. Tiene presencia de peces herbívoros ?		
		9. Tiene suficiente espacio para trabajar cómodamente sin dañar el entorno ?		
		10. Tiene suficiente espacio para continuar la expansión del vivero ?		
Viveros y sitios de trasplante	Histórico		INICIAL	ACTUAL
		Número de estructuras iniciales y actuales		
		Número de especies iniciales y actuales Acopora cervicornis		
		Número de genotipos iniciales y actuales		
		Número de corales (fragmentos) iniciales y actuales		
		Número de sitios de trasplante		
		Número de fragmentos trasplantados hasta la fecha		
		Método que usa (soga, marco, mesa, otro)		
	Cuantas veces al año se le da mantenimiento a los viveros ?			
		SI	NO	
	4 Preguntas para evaluación	1. Los genotipos han sido rastreados y monitoreados ?		
		2. Se cuenta con datos iniciales de extensión lineal de tejido (TLE) ?		
		3. Se tienen datos comparativos del crecimiento (TLE) durante el 1er año de operación ?		
		4. Se han registrado eventos de desove de corales en el sitio ?		

Anexo 2.1. Hoja de datos de productividad y estado del vivero de coral para las estructuras.

CDCR Productividad_Estado del Vivero (Estructura)													
Evaluador:													
Código:													
Sitio:													
Ubicación geográfica (latitud y longitud):													
Fecha:													
Episodios de tormentas y huracanes recientes (fecha):													
Temperatura del agua:													
Datos por estructura													
# Estructura	Tipo de estructura	# Total fragmentos	# Fragmentos 100% muertos	# Fragmentos cubiertos por algas	# Fragmentos blanqueados	# Fragmentos con signos de mortalidad	# Depredadores en la estructura	Clases Tallas fragmentos corales					Observaciones
								<25 cm	26-50	51-100	101-200	>200	

Anexo 2.2. Hoja de datos de productividad y estado del vivero de coral para los fragmentos de coral.

CDCR Productividad_Estado del Vivero (Fragmentos)								
Evaluador:								
Codigo:								
Sitio:								
Fecha:								
Datos por fragmento								
# Fragmento	Especie	Genotipo	% Blanqueamiento	Enfermedades	Extensión lineal (cm)	# Ramas	# Ápices	% Fragmento vivo

Anexo 2.3. Hoja de datos de productividad y estado de los sitios de trasplante.

CDCR Productividad Estado del Sitio de Trasplante													
Evaluador:													
Fecha:													
Codigo:													
Sitio de trasplante:													
Ubicación (latitud y longitud):													
Profundidad (m):													
Trasplante (dd/mm/aa):													
Datos sitio de trasplante													
# Fragmentos presentes en el sitio de trasplante	# Especies	Clases Tallas (cm)			% Mortalidad por fragmento		# Fragmentos blanqueados	# Fragmentos enfermos	# Depredadores			Fijación al sustrato	
		<25	25-50	50-100	# 100%	# <50%			Caracoles	Gusano de fuego	Otro	# Fragmentos sueltos	# Fragmentos sujetados
		100-200	>200		# >50%	> 80%							

Anexo 3. Hoja de datos asociada al bienestar social que ofrece el vivero de coral.

CDCR Bienestar Social				
Evaluador:				
Fecha:				
De estos eventos educativos cuales ha realizado en el ultimo año?	SI	NO	Número de eventos	ESPECIFIQUE
1. Capacitaciones y talleres para profesionales durante el proyecto ?				
2. Charlas de concienciación con la comunidad ?				
3. Han realizado capacitación a nivel de primaria ?				
4. Han realizado capacitación a nivel de secundaria ?				
5. Eventos relacionados a conmemoraciones del medio ambiente ?				
6. Proyectos de investigación ?				
De estos actividades generadoras de capital cuales realiza su programa?	SI	NO	Número de actividades	ESPECIFIQUE
1. Llevan a cabo actividades de buceo recreativo en los viveros ?				
2. Llevan a cabo actividades de buceo para la jardinería en los viveros ?				
3. Llevan a cabo actividades de snorkeling en los viveros ?				
4. Llevan a cabo comercialización de productos para la generación de ingresos ?				
5. Llevan a cabo actividades paddle board en los viveros ?				
6. Llevan a cabo actividades de kayak en los viveros ?				
7. Llevan a cabo excursiones educativas en los viveros ?				
8. Llevan a cabo programas científicos en los viveros ?				
9. Mencione otras actividades de ingresos ?				
De los siguientes participantes claves para la sostenibilidad del vivero cuales participan en su programa ?	SI	NO		
1. Gobierno				
2. Sector privado				
3. Instituciones educativas				
4. Centros de investigación				
5. Estudiantes y profesores				
6. Pescadores				
7. Artesanos				
8. Centros turísticos				
9. Sector hotelero				
10. Actividades acuáticas				
11. Centros de buceo				
12. Restauradores capacitados				
Gestión	SI	NO	ESPECIFIQUE	
1. El proyecto esta establecido sobre la base de directrices aprobadas (metodología) ESPECIFIQUE ?				
2. El proyecto tiene medidas claras de éxito (por ejemplo, número de corales en vivero o plantados, número de trabajos, evidencia de reproducción sexual, etc.)				
3. El proyecto incluye varios viveros de coral				
4. El proyecto incluye varios sitios de trasplante				
5. Los sitios de trasplante ESTAN establecidos sobre la base de directrices aprobadas (metodología) ESPECIFIQUE ?				
6. Los fragmentos recolectados ESTAN en base a prácticas aprobadas (metodología) ESPECIFIQUE ?				
7. El proyecto puede obtener los recursos necesarios para el éxito a largo plazo de fuentes principalmente locales (no depende de financiación externa).				
8. El proyecto proporciona oportunidades significativas de educación y extensión.				
9. El proyecto tiene un fuerte compromiso con los grupos de interés social.				
10. El proyecto encaja dentro de un plan de manejo más amplio (no pesca, AMPs, manejo de cuencas hidrográficas).				
11. El proyecto puede ser gestionado y mantenido por el personal y los recursos disponibles localmente.				
12. EL proyecto ha aumentado la estructura y función del arrecife (por ejemplo, aumento de la abundancia de peces e invertebrados) EN viveros y sitios de trasplante).				

Anexo 4. Herramienta de evaluación del vivero de coral.

Valores de los indicadores para la evaluación de viveros de coral						
Indicador	Calificación					
	Malo (1)	Débil (2)	Bueno (3)	Muy bueno (4)	Excelente (5)	
Generalidades	Ubicación del vivero (cada requisito es un punto)	<3	4,5	6,7	8,9	>10
	1. Los genotipos han sido rastreados y monitoreados ?	NO				SI
	2. Se cuenta con datos iniciales de extensión lineal de tejido (TLE) ?	NO				SI
	3. Se tienen datos comparativos del crecimiento (TLE) durante el 1er año de operación ?	NO				SI
	4. Se han registro de eventos de desove de corales en el sitio ?	NO				SI
Generalidades TOTAL						
Productividad del vivero	Supervivencia % (# total fragmentos - # fragmentos 100% muertos)*100/# total de fragmentos)	< 50 %	51 _ 60 %	61 _ 70%	71 _ 80 %	> 81%
	TLE anual (metros) (hoja descargo de datos)	200 _ 400	401 _ 600	601 _ 1000	1001 _ 1500	> 1501
	Número de estructuras por sitio (institución)	< 5	7_9	10_12	13_15	> 15
	Número de especies	1	2	3	4	> 5
	Número de genotipos	1	2	9	12	30
Productividad TOTAL						
Estado del vivero	Mantenimiento a los viveros (veces al año)	<3	3,5	6,8	9,11	>12
	Número de depredadores (promedio de las estructuras)	>10	5_10	2_5	1_2	0
	Cobertura % algas (# total fragmentos cubiertos por algas*100/# total de fragmentos)	> 30%	25_30%	12_25%	6_12%	0_5%
	Blanqueamiento % (# total fragmentos blanqueados*100/# total de fragmentos)	> 40%	30_40%	20_30%	10_20%	<10%
	Enfermedades % (# total fragmentos enfermos*100/# total de fragmentos)	>15%	11_15%	6-10%	1-5%	0%
Estado TOTAL						
Bienestar Social del proyecto	Número de eventos educativos entorno a la conservación marina (ver hoja bienestar)	1	2	3	4,5	6
	Número de actividades generadoras de capital (ver hoja bienestar)	1	2	3	4	5
	Número de participantes claves para la sostenibilidad del vivero (ver hoja bienestar)	1	2,3	4,8	9,11	12
	El proyecto esta establecido sobre la base de directrices aprobadas (metodología)	NO				SI
	El proyecto tiene medidas claras de éxito (por ejemplo, número de corales en vivero o plantados, número de trabajos, evidencia de reproducción sexual, etc.)	NO				SI
	El proyecto incluye varios viveros de coral	1				> 1
	El proyecto incluye varios sitios de trasplante	1				> 1
	Los sitios de trasplante establecidos sobre la base de directrices aprobadas (metodología)	NO				SI
	Los fragmentos recolectados en base a prácticas aprobadas (metodología)	NO				SI
	El proyecto puede obtener los recursos necesarios para el éxito a largo plazo de fuentes principalmente locales (no depende de financiación externa).	NO				SI
	El proyecto proporciona oportunidades significativas de educación y extensión	NO				SI
	El proyecto tiene un fuerte compromiso con los grupos de interés social	NO				SI
	El proyecto encaja dentro de un plan de manejo más amplio (no pesca, AMPs, manejo de cuencas hidrográficas)	NO				SI
	El proyecto puede ser gestionado y mantenido por el personal y los recursos disponibles localmente.	NO				SI
	EL proyecto ha aumentado la estructura y función del arrecife (por ejemplo, aumento de la abundancia de peces e invertebrados) (viveros y sitios de trasplante).	NO				SI
Bienestar TOTAL						
EVALUACIÓN						

Contacto

<http://cdrc.restauraciondearrecifes.org/>

Créditos Fotográficos

Greg Asner, Camilo Cortés Useche, Johanna Calle Triviño, FGPC, FUNDEMAR,
Corales Las Terrenas.

