

BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376

Volumen 15 · Suplemento 2 · 2014
Restauración ecológica



Biota Colombiana es una revista científica, periódica-semestral, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos, arbitrados mínimo por dos evaluadores externos y uno interno. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del (los) autor (es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. El proceso de arbitraje tiene una duración mínima de tres a cuatro meses a partir de la recepción del artículo por parte de *Biota Colombiana*. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Biota Colombiana incluye además, las secciones de Artículos de Datos (*Data Papers*), Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

Biota colombiana is a scientific journal, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish original articles and essays of biodiversity in the neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. Sending a manuscript, implies a the author's explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes the Data Papers, Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

Biota Colombiana es indexada en Publindex (Categoría B), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

Biota Colombiana is indexed in Publindex, Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's and Ebsco.

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

Información

biotacol@humboldt.org.co
www.humboldt.org.co/biota
www.sibcolombia.net

Comité Directivo / Steering Committee

Brigitte L. G. Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Germán I. Andrade	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Germán D. Amat García	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invemar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

Editor / Editor

Carlos A. Lasso	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------	--

Editores invitados / Guest editors

Wilson Ramírez	
Mauricio Aguilar-Garavito	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Editor Artículos de Datos / Data Papers editor

Dairo Escobar	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
---------------	--

Coordinación y asistencia editorial

Coordination and Editorial assistance

Susana Rudas Ll.	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
------------------	--

Comité Científico - Editorial / Editorial Board

Adriana Prieto C.	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Ana Esperanza Franco	Universidad de Antioquia
Arturo Acero	Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe
Cristián Samper	WCS - Wildlife Conservation Society
Donald Taphorn	Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela
Francisco de Paula Gutiérrez	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Gabriel Roldán	Universidad Católica de Oriente, Colombia
Hugo Mantilla Meluk	Universidad del Quindío, Colombia
John Lynch	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Jonathan Coddington	NMNH - Smithsonian Institution
José Murillo	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Juan A. Sánchez	Universidad de los Andes, Colombia
Martha Patricia Ramírez	Universidad Industrial de Santander, Colombia
Paulina Muñoz	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Rafael Lemaitre	NMNH - Smithsonian Institution, USA
Reinhard Schnetter	Universidad Justus Liebig, Alemania
Ricardo Callejas	Universidad de Antioquia, Colombia
Steve Churchill	Missouri Botanical Garden, USA
Sven Zea	Universidad Nacional de Colombia - Invemar

Impreso por JAVEGRAF

Impreso en Colombia / Printed in Colombia

Revista *Biota Colombiana*

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

Alexander von Humboldt

Teléfono / Phone (+57-1) 320 2767

Calle 28A # 15 - 09 - Bogotá D.C., Colombia

Presentación

En nuestro país se habla en forma recurrente de la necesidad de “conservar” la naturaleza, siendo la conservación interpretada en ocasiones como la preservación a ultranza de ciertos territorios. Sin embargo, actualmente se consideran otros escenarios alternos además de la preservación estricta del patrimonio natural. Dentro de dichos escenarios están múltiples opciones de la biodiversidad para lo cual la restauración de áreas degradadas (que en Colombia representan cerca del 40 % del territorio), es una opción muy importante. La preocupación frente a esta problemática ha llegado más allá del ámbito ambiental, alcanzando espacios en la toma de decisiones políticas nacionales e internacionales, precisamente porque esta situación afecta a las comunidades locales y a todos los grupos sociales que se benefician de los servicios ecosistémicos.

El país ha ratificado el compromiso del Convenio de Diversidad Biológica y su meta de restaurar para el 2020 al menos el 15 % de los ecosistemas degradados en el mundo. Colombia también es signataria de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD), donde la restauración ecológica juega un papel determinante en mejorar la situación de degradación de tierras. Para ello estamos trabajando activamente en la estructuración del objetivo de restauración 3 (b) (i) de la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), con el propósito de ofrecer lineamientos desde la ciencia hacia la política sobre este tema en particular. En el ámbito nacional el país ha presentado el documento final del Plan Nacional de Restauración con lineamientos sobre restauración y adicionalmente ha incluido en los últimos años metas cuantitativas al respecto dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND). En este sentido la restauración ecológica aparece como alternativa explícita de compensación ambiental a mega-proyectos licenciados en el Manual de asignación de compensaciones.

En síntesis, estamos en un momento en el cual la temática de restauración ecológica tiene un rol determinante en el escenario de la conservación tanto nacional como global. Nuestro país ha trabajado desde hace varios años en el tema y ya se perciben avances importantes. Sin embargo, cuando se revisan en conjunto los proyectos de restauración que se han desarrollado, se nota un especial énfasis en trabajos de restauración basados en flora local y poca divulgación para otros enfoques y escalas de trabajo. En este suplemento especial de *Biota Colombiana* hemos querido recopilar algunos estudios y trabajos de restauración que destacan también el componente social y su vínculo con lo biótico, incluyendo también ambientes marinos y temas como el monitoreo. Incluso se considera la restauración desde la escala del paisaje, pensando siempre en que nuestros lectores accedan a información actualizada y relevante sobre una temática que es cada vez más sensible y que requiere de múltiples enfoques.

Esperamos que este número sea de interés no solo para la comunidad de restauradores de nuestro país y Latinoamérica, sino para aquellos que deben responder día a día el reto de gestionar ambientalmente un territorio mixto muy dinámico, con escenarios cambiantes de degradación y recuperación con criterios socioecológicos.

Brigitte L. G. Baptiste

Directora

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

Alexander von Humboldt

Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos

Review and state of the art for ecological restoration of coral reefs

Valeria Pizarro, Vanessa Carrillo y Adriana García-Rueda

Resumen

Los arrecifes coralinos son ecosistemas costeros de gran importancia para el hombre y especies marinas por la diversidad de servicios ecosistémicos que ofrecen. Desafortunadamente y a consecuencia de factores antropogénicos y naturales están perdiéndose rápidamente. Para frenar su degradación y potencial pérdida, se han diseñado e implementado estrategias de conservación pasivas y activas. En estas últimas, que implican la intervención directa del hombre sobre el ecosistema, se ubica la restauración ecológica (RE), la cual lleva pocos años implementándose en ecosistemas marinos. Sin embargo, desde comienzo de la década de 1980 se vienen implementando diferentes métodos con el fin de mitigar amenazas y recuperar los arrecifes degradados. En la actualidad, aunque aún están en etapas experimentales, los métodos de RE en arrecifes coralinos más utilizados son la cría de corales mediante propagación asexual y sexual, y la restauración doble. En este artículo se presenta una descripción general sobre la RE en arrecifes coralinos, comenzando con características de los corales constructores de arrecifes, pasando por los métodos que más se están aplicando y haciendo un recorrido por las experiencias que se han y están desarrollando en todo el mundo. Se finaliza con unas recomendaciones para los interesados implementar procesos de RE en arrecifes coralinos.

Palabras clave. Corales escleractíneos. Tensores arrecifales. Deterioro arrecifal. Propagación asexual y sexual. Restauración doble.

Abstract

Coral reefs are important coastal ecosystems for both humans and marine species due to the diversity of ecosystem services they provide. Unfortunately, and as a consequence of anthropogenic and natural factors these ecosystems are disappearing. To mitigate coral reef degradation and potential loss, several active and passive conservation strategies have been implemented. Active strategies imply the direct intervention of humans in the ecosystem. Ecological restoration (ER) is an active strategy recently used in marine ecosystems. However, since the 1980s, different methodologies have been designed and implemented to mitigate threats and recover degraded coral reefs. Currently, although still under development, the most used ER methodologies on coral reefs are coral rearing through asexual and sexual propagation, and double restoration. This paper presents a general description of coral reef ER. It begins with characteristics of reef building corals ER methods and experiences, and ends with recommendations for those who want to develop and implement ER processes on coral reefs.

Key words. Scleractinian corals. Reef threats. Reef deterioration. Asexual propagation. Sexual propagation. Double restoration.

Introducción

A lo largo de muchas de las costas tropicales y subtropicales se encuentra uno de los ecosistemas más biodiversos del mundo: los arrecifes coralinos (Figura 1). En estos ecosistemas, que no cubren más del 0,1 % de la superficie de la tierra, se encuentra cerca del 35 % de la biodiversidad marina y el 25 % de las especies de peces marinos (Knowlton *et al.* 2010). Adicionalmente, los arrecifes coralinos proveen una gran cantidad de servicios ecosistémicos tales como recursos pesqueros, protección de la línea de costa y atractivo turístico (Moberg y Folke 1999), los cuales tienen implicaciones sociales, económicas y ambientales. Estudios recientes afirman que alrededor de 850 millones de personas dependen directamente de estos ecosistemas (Burke *et al.* 2011), y que los servicios que prestan tienen un valor anual cercano a los 30 billones de dólares americanos (Conservación Internacional 2008). Desafortunadamente, como consecuencia de factores antropogénicos y naturales, los arrecifes coralinos están deteriorándose rápidamente. Entre los primeros, en escala local y regional, se encuentran la sobrepesca (incluyendo la

pesca destructiva con dinamita y redes de arrastre), el desarrollo costero, la entrada de sedimentos, aguas negras y grises, y el daño directo debido a encallamientos o dragados entre otros (Halpern *et al.* 2007). El calentamiento global y la acidificación de los océanos, procesos que ocurren naturalmente, están siendo potenciados por las actividades humanas y son los factores ambientales que más amenazan el futuro de los arrecifes coralinos (Hughes *et al.* 2003).

Aunque el deterioro de los arrecifes varía dependiendo de su localización, la última evaluación realizada a nivel mundial señala que hasta el momento el 19 % de los arrecifes se encuentran degradados, el 15 % está en estado crítico y el 20 % podría desaparecer en las próximas décadas (Wilkinson 2008). Particularmente para el Caribe, la degradación de estos ecosistemas comenzó a registrarse entre las décadas de 1970 y 1980 con eventos de mortalidad masiva del erizo negro (*Diadema antillarum*) y de los corales acropóridos (*Acropora palmata* y *A. cervicornis*) (Lessios 1984, Bythell y Sheppard 1993).



Figura 1. Arrecife coralino del Caribe colombiano, en el sector de Barú, en buen estado. Se caracteriza por tener una alta cobertura coralina viva y diversidad de especies. Un arrecife en buenas condiciones ofrece múltiples servicios ecosistémicos. Foto: autores.

Esta degradación ha continuado de manera tal que en la mayoría de las áreas arrecifales ha ocurrido lo que se conoce como un cambio de fase en las especies dominantes, pasando de corales constructores de arrecifes coralinos a macroalgas (Hughes *et al.* 2010) (Figura 2). La última evaluación sobre el futuro de los arrecifes del Caribe establece que si no se reducen las presiones locales sobre estos ecosistemas (recuperación de poblaciones de peces loro y reducción en la presión por pesca y entrada de contaminantes), ellos desaparecerán en las próximas dos décadas (Jackson *et al.* 2014).

Los arrecifes del Pacífico están en mejores condiciones que los del Caribe, en especial aquellos que se encuentran aislados de centros urbanos y con poca entrada de aguas contaminadas (Chin *et al.* 2011). Los principales factores que afectan los arrecifes del Pacífico, son los mismos que afectan los del Caribe: actividades extractivas de pesca y minería, malas prácticas de turismo y de desarrollo costero, entrada de aguas eutrofizadas y con alta carga sedimentaria, dragados y cambio global (aumento de la temperatura

y acidificación de los océanos). Hasta el momento, en esta región se ha perdido el 4 % de estos ecosistemas, el 7 % está en estado crítico, 16 % están amenazados y el 72 % en buen estado (Burke *et al.* 2011).

En Colombia, los arrecifes coralinos se encuentran en las costas Caribe y Pacífico. En la primera se han descrito 21 áreas discretas, cuya magnitud, complejidad, diversidad de especies y condiciones ambientales son muy variadas y contienen aproximadamente el 70 % de la biodiversidad marina que se ha descrito para el Caribe, y más de 50 % de la pesca artesanal proviene de estos ecosistemas (Díaz *et al.* 2005). Dos terceras partes de la extensión ocupada por los arrecifes colombianos se localizan en los atolones, bancos e islas oceánicas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el Caribe suroccidental, a más de 700 km de distancia de la costa continental colombiana. Las otras 14 áreas se distribuyen a lo largo de la costa continental y corresponden a bancos, islas o archipiélagos coralinos situados a cierta distancia de la costa (Díaz *et al.* 2000). El estado de los arrecifes en el Caribe

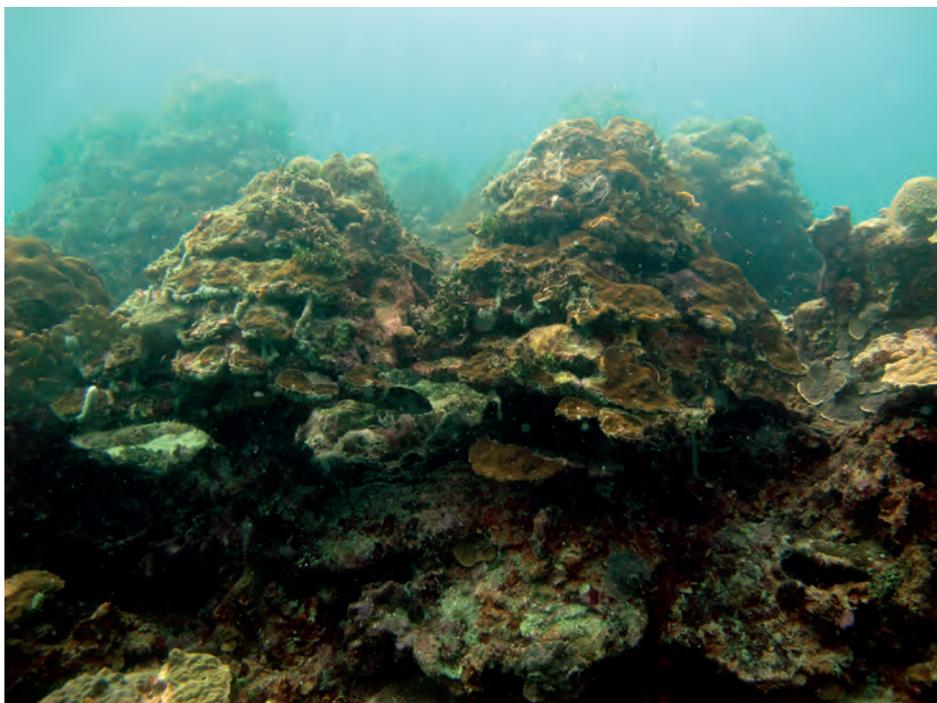


Figura 2. Un arrecife coralino degradado se distingue por la baja cobertura de coral vivo. El bentos es dominado usualmente por macroalgas y otros organismos, lo que se conoce como un cambio de fase (foto arrecife del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo - Isla Grande). Foto: autores.

colombiano es similar al reportado para otras áreas del Caribe, presentando el cambio de fase de corales a macroalgas mencionado anteriormente (Navas *et al.* 2010). Para el 2010 se reportó que la cobertura coralina viva variaba entre 5,4% en el área de Santa Marta a 67,2 % en Urabá, mientras que la cobertura de macroalgas está entre 23,2 % en Urabá y 81,8 % en la isla de San Andrés (Rodríguez-Ramírez *et al.* 2010), con un promedio nacional de 32 % y particulares para algunas zonas de 20,5 % para Providencia y Santa Catalina, 12,6 para San Andrés y 31,1 para Santa Marta (Jackson *et al.* 2014).

Los arrecifes de la costa Pacífica colombiana son relativamente pequeños y se restringen a cuatro áreas: Ensenada de Utría, Punta Tebada, Isla Malpelo e Isla Gorgona. En esta última está el mayor desarrollo arrecifal (Díaz *et al.* 2005). Respecto a los arrecifes del Caribe, los del Pacífico se encuentran en mejor estado con coberturas promedio de 55 % (55,1 – 65,7 %), siendo los arrecifes someros los que mayores pérdidas de cobertura de coral han tenido (Zapata *et al.* 2010). Lo anterior responde principalmente a amenazas de origen natural (blanqueamiento coralino, eventos ENSO y mareas bajas extremas) puesto que estos arrecifes coralinos están lejos de grandes centros urbanos (Rodríguez-Ramírez *et al.* 2008, Zapata *op. cit.*).

La pérdida de los ecosistemas arrecifales ha motivado el diseño e implementación de medidas de mitigación, control y conservación, en especial en aquellas áreas altamente deterioradas. Dentro de las estrategias que se han desarrollado a escala mundial están tratados y convenciones (p. e. Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, Agenda 21, Convención de Diversidad Biológica, etc.) que aportan elementos importantes para la conservación de estos ecosistemas (Pretch 2006). A escala regional y local se han implementado medidas pasivas y activas: las primeras promueven la recuperación natural de los arrecifes mediante medidas de manejo donde no hay una manipulación del arrecife y las segundas implican la intervención directa en el ecosistema para su recuperación (Rinkevich 2006, Edwards 2010).

Las medidas pasivas más utilizadas son las reservas marinas y/o las Áreas Marinas Protegidas (AMP), las

cuales, además de tener importantes objetivos como reducir la presión de factores antrópicos directos sobre los ecosistemas marinos (Mora *et al.* 2006), han demostrado que pueden contribuir a incrementar la resiliencia de los ecosistemas (p. e. Hughes *et al.* 2003, Mumby *et al.* 2006, McCook *et al.* 2010). Sin embargo, su efectividad varía ampliamente debido a que no protegen de la contaminación o de los impactos del cambio global (Mascia 2003, Hughes *et al.* 2010), y a que solo en unos pocos casos su implementación se ha hecho apropiadamente (Rinkevich 2005, 2008). Desafortunadamente en áreas degradadas, donde los ecosistemas no han podido recuperarse naturalmente, la implementación de medidas pasivas no han logrado sus objetivos (Rinkevich 2008).

Por otra parte, las medidas activas implican la rehabilitación mediante la intervención del hombre en el ecosistema que esté deteriorado mediante medidas de restauración, rehabilitación, remediación y mitigación (Young *et al.* 2002, Edwards 2010). Estos cuatro términos están relacionados y en muchos casos los términos restauración y rehabilitación se usan indistintamente (Edwards 2010). La restauración es el acto de llevar un ecosistema degradado, lo más cercano posible, a la condición original. La rehabilitación es el acto de remplazar parcial o totalmente las características estructurales o funcionales de un ecosistema, o la sustitución de estas características o cualidades a unas que tengan mayor valor social, ecológico o económico. La remediación es el acto o proceso de reparar el daño que haya sufrido el ecosistema, y la mitigación es la reducción o control de los efectos deletéreos que tenga un proyecto en el ambiente. En esta revisión se hará uso indistintamente de los términos rehabilitación y restauración, con el mismo fin que plantea Edwards (2010) el cual se relaciona con que la expectativa final de la intervención activa se realice mediante la rehabilitación ya que la restauración total es poco probable a la luz del cambio global actual. El objetivo de la restauración ecológica es asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido en cuanto a su composición de especies, estructura de la comunidad, función ecológica y conectividad con ecosistemas adyacentes (Clewell y Aronson 2007). A pesar que la restauración ecológica lleva varias décadas desarrollándose en ecosistemas

terrestres, en ecosistemas marinos, especialmente en arrecifes coralinos, aún está en experimentación (Rinkevich 2008). Al mismo tiempo que se desarrolla el componente técnico, se están definiendo las bases conceptuales de la restauración de dichos ecosistemas (Jaap 2000, Rinkevich 2000, Epstein *et al.* 2001, Schuhmacher 2002, Epstein *et al.* 2003, Rinkevich 2005). En ese sentido, la recomendación de muchos investigadores es combinar estrategias pasivas y activas con el fin de incrementar la resiliencia, productividad y funcionalidad de los arrecifes coralinos, para así aumentar la sobrevivencia de estos ecosistemas a los cambios globales actuales (p. e. Rinkevich 2008, Edwards 2010).

Teniendo en cuenta la degradación de los arrecifes coralinos y el desarrollo que ha tenido en los últimos años la restauración ecológica en estos ecosistemas, se presenta esta revisión. A continuación se hace una descripción de las características de los corales escleractíneos que permiten que sean usados en los procesos de restauración, los diferentes métodos que están siendo utilizados, una descripción de procesos de restauración ecológica que se están desarrollando en diferentes áreas del mundo, con énfasis en los procesos de restauración en el Caribe, incluyendo descripciones generales de lo que se está haciendo en Colombia (cuyas descripciones detalladas se hacen en otro artículo de este número especial). Finalmente, se hacen recomendaciones para tener en cuenta al plantear proyectos de restauración ecológica. La revisión de literatura de los proyectos de restauración de arrecifes coralinos se realizó usando los buscadores de Google, Google académico y Web of Science en una ventana de tiempo de 1980 – 2014, se buscaron todos los artículos publicados y literatura gris (resúmenes de conferencias, reportes técnicos, artículos de divulgación, etc.) que estuvieran relacionados con los términos arrecifes coralinos, restauración, rehabilitación y remediación.

De corales a arrecifes

Los corales escleractíneos son los principales bioconstructores de los arrecifes coralinos (Goreau, 1963), los cuales mediante la secreción y deposición de carbonato de calcio proveen la estructura tridimensional característica de estos ecosistemas

(Hoegh-Gulberg 2011). Aunque no todos los corales escleractíneos construyen arrecifes coralinos, los que lo hacen se caracterizan por ser organismos clonales (Jackson 1997). Esta característica les permite reproducirse asexualmente y en algunos casos dispersarse localmente mediante la fragmentación (Highsmith 1982, Hughes 1984). Durante la reproducción asexual los pólipos (unidad del coral) producen uno o más pólipos genéticamente iguales mediante mecanismos como gemación partenogénesis, mortalidad parcial o fisión de tejido (fragmentación) (Lasker y Coffroth 1999, Fautin 2002). Este último favorece la propagación local de las especies en los arrecifes (Foster *et al.* 2007) y contribuye al mantenimiento de las poblaciones (Cairns 1988, Lasker y Coffroth 1999).

Así mismo, estos organismos tienen la capacidad de reproducirse sexualmente, lo que incrementa la variabilidad genética y las posibilidades de permanencia de las especies y poblaciones en el ecosistema (Harrison 2011). Los corales escleractíneos presentan cuatro patrones básicos de reproducción sexual definidos por el modo (hermafroditas y gonocóricos) y el tipo de reproducción (liberadores de gametos o incubadores de larvas) (Harrison 2011). Los incubadores de larvas se caracterizan por tener fertilización interna (liberación de larvas a la columna de agua) y los liberadores de gametos por tener fertilización externa (liberación de gametos a la columna de agua). En general, la fertilización externa es el modo reproductivo dominante entre los corales escleractíneos, y se ha sugerido que está relacionado con una mayor dispersión potencial de las larvas (Miller y Mundy 2003).

El ciclo de vida consta de una fase planctónica y una fase bentónica (Figura 3) (Harrison y Wallace 1990). Para los corales hermafroditas liberadores de gametos, la fase planctónica involucra la liberación a la columna de agua de bolsas gaméticas (huevos y esperma) (Pizarro 2006, Alvarado 2008), su posterior fertilización (Harrison y Wallace 1990) y desarrollo embrionario hasta el estadio de larva (Pizarro y Thomason 2008). Una vez la larva está completamente desarrollada, tiene la capacidad de nadar y explorar un sustrato donde fijarse (Pizarro y Thomason 2008). La fase bentónica inicia cuando

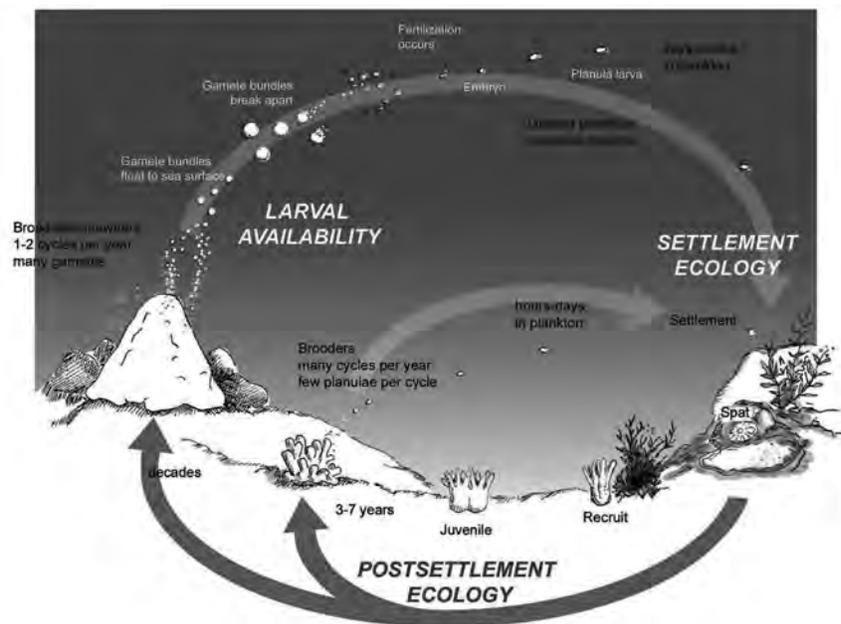


Figura 3. Ciclo de vida de los corales liberadores de gametos e incubadores de larvas (modificado de www.carmabi.org).

la larva se asienta (se adhiere al sustrato, Pizarro 2006) y sufre el proceso de metamorfosis, en el cual se forma un exoesqueleto rudimentario y aparecen tentáculos con células engrosadas alrededor de la boca y empieza a crecer hasta que alcanza su madurez sexual (Richmond 1997, Pizarro 2006). En este punto el ciclo inicia de nuevo.

La restauración ecológica es considerada la estrategia del futuro para la conservación y rehabilitación arrecifal a largo plazo (Jaap 2000, Rinkevich 2000, Epstein *et al.* 2001, Schuhmacher 2002, Young *et al.* 2002, Epstein *et al.* 2003, Rinkevich 2005). La propagación coralina vía reproducción sexual y asexual es parte fundamental de este proceso (Omori y Fujiwara 2004, Abelson 2006, Precht 2006, Rinkevich 2006, Petersen *et al.* 2007).

Métodos de restauración

Usando fragmentos: propagación asexual de corales escleractíneos

Hasta hace poco la propagación asexual como método de restauración constaba del trasplante de colonias o fragmentos de arrecifes sanos a degradados (p. e.

Bouchon *et al.* 1981, Yap y Gómez 1985, Yap *et al.* 1992, Clark y Edwards 1995, Bowden 1997, van Treec y Schuhmacher 1997). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que esta estrategia es ecológicamente errónea ya que perjudica las colonias donadoras y los fragmentos trasplantados (p. e. Clark y Edwards 1995, Rinkevich 2000, 2005, Edwards y Gomez 2007). Por esta razón y con el fin de reducir los costos ecológicos asociados a dicho trasplante, se planteó el concepto de jardinería (Rinkevich 1995). Bajo este concepto se ha desarrollado un protocolo en dos pasos, el primero de los cuales se centra en la cría de pequeños fragmentos de coral (también llamados *spats*, *nubbins* o fragmentos) en guarderías *in situ* o *ex situ* (Figura 4). El segundo paso consta del posterior trasplante de los fragmentos que han alcanzado un tamaño necesario para su supervivencia a áreas arrecifales degradadas (Shafir *et al.* 2006, Amar y Rinkevich 2007).

El método de obtención de fragmentos consta de la búsqueda de fragmentos de oportunidad (fragmentos desprendidos naturalmente por rompimiento mecánico como resultado de algún evento externo como tormentas, mar de leva o encallamientos; Shafir y Rinkevich 2010) o por remoción de fragmentos de



Figura 4. Guardería *in situ* flotante construida para la cría de corales en la bahía de Gayraca (Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano). Foto: autores.

colonias donadoras (Precht 2006). Estos fragmentos son transportados a la guardería para permitir su aclimatación a las condiciones oceanográficas en la misma. Posteriormente, de los fragmentos colectados se obtienen fragmentos más pequeños, los cuales se fijan a un sustrato y se instalan en la guardería para su crecimiento (Rinkevich 2006).

Se ha demostrado que las guarderías *in situ* son las que mejor cumplen con las metas de la restauración coralina (Amar y Rinkevich 2007). Existen dos modelos de guarderías *in situ*, fijas o flotantes, las cuales presentan características asociadas a su uso (Rinkevich 2006) (Tabla 1). Las primeras son instaladas cerca al arrecife y pueden ser de dos tipos: modulares o colgantes (en cuerda, nylon, etc.). El uso de estas guarderías reduce la depredación y los efectos de la sedimentación. Por su parte las guarderías flotantes, que permiten cultivar masivamente colonias de coral a un bajo costo (Rinkevich 2006), son instaladas aproximadamente a 200 metros del arrecife más cercano y pueden ser

de tres tipos, verticales, a media agua o colgantes (Rinkevich 2006). Estas guarderías, en especial aquellas instaladas a media agua, han presentado resultados exitosos en diferentes áreas arrecifales (e.g. Oren y Benayahu 1997, Bowden, 1997, Soong y Chen 2003, Forsman *et al.* 2006, Shafir *et al.* 2006, Amar y Rinkevich 2007, Shafir y Rinkevich 2008, Shaish *et al.* 2008), ya que además de disminuir la depredación y la sedimentación se ha observado una menor presencia de enfermedades (Edwards 2010), incrementando la tasa de supervivencia de los fragmentos (Rinkevich 2006).

La propagación coralina vía reproducción asexual en guarderías *in situ* ha demostrado ser una técnica que promueve una mayor supervivencia y crecimiento de los fragmentos en comparación con el medio natural, generando una producción masiva de corales de un tamaño adecuado para sobrevivir y crecer exitosamente en el arrecife a restaurar (Rinkevich 2006, Shafir *et al.* 2006, Edwards 2010). Sin embargo, su problema radica en que los fragmentos que son criados y posteriormente trasplantados al arrecife a restaurar, pueden tener una baja variabilidad genética (Omori 2001, Rinkevich 2005, Edwards y Gomez 2007).

Usando gametos: propagación sexual de corales escleractíneos

Teniendo en cuenta que la reproducción sexual incrementa la variabilidad genética (Harrison 2011) y así la resiliencia de una especie, implementar proyectos de restauración que involucren el uso de productos sexuales es de gran importancia (Guest *et al.* 2010). La propagación sexual como método de restauración ofrece varias ventajas: beneficia a especies cuya diversidad genética está disminuyendo (Edwards 2010, Roik 2012, Vaughan 2012); permite seleccionar especies con fecundidad alta, lo que se ve reflejado en una mayor cantidad de larvas y por ende un mayor potencial de producir un alto número de juveniles; causa poco daño al arrecife existente porque al ser los gametos colectados directamente del medio marino, el impacto generado sobre la colonia donadora es casi nulo; y maximiza el reclutamiento (Edwards 2010).

Tabla 1. Características asociadas a las guarderías fijas y flotantes. Modificado de Edwards (2010).

Características	Guarderías fijas	Guarderías flotantes
Sedimentación	Mayor cantidad de sedimentos resuspendidos	Menor cantidad de sedimentos resuspendidos
Régimen de luz	Mínimo régimen de luz	Variable. La profundidad se puede ajustar de acuerdo a la estación para optimizar las condiciones de crecimiento y evitar irradiación excesiva
Flujo de agua	Bajo intercambio de agua	Mayor flujo de agua que provee mayor circulación de nutrientes e intercambio de gases lo que incrementa el crecimiento
Proximidad al arrecife	Cercana al arrecife. Mayor efecto de depredadores, enfermedades y sedimentos resuspendidos sobre los fragmentos de coral	Alejada del arrecife. Reducción efectos negativos de predadores naturales, enfermedades y sedimentación
Mantenimiento	Alto	Bajo si hay buena calidad y circulación del agua
Depredación	Alta	Baja
Capacidad de reubicación	Si, pero difícil	Si
Crecimiento de los fragmentos	Menor	Mayor
Duración a largo plazo	Si	Si

Actualmente, el método de restauración coralina basado en la propagación sexual que se está implementado de forma más exitosa alrededor del mundo es la cría de larvas (Guest *et al.* 2010) (Figura 5). Dicho método puede llevarse a cabo de dos formas, la primera, introduciendo grandes cantidades de larvas a un arrecife degradado para que recluten naturalmente, y la segunda, criando embriones y larvas en acuarios *ex situ* para que estas recluten sobre sustratos artificiales, y una vez hayan alcanzado tallas de juveniles sean trasplantados al medio natural (Petersen y Tollrian 2001, Edwards 2010). La obtención de las larvas incluye la colecta de gametos/larvas *in situ* (Edwards 2010).

Los resultados obtenidos hasta el momento (p. e. Omori y Fujiwara 2004, Banaszak 2012, Chavanich 2012, Guest 2012, Okamoto 2012, Roik 2012, Toh 2012, Vaughan 2012) demuestran que en el futuro la principal técnica de restauración coralina

será la cría de larvas y posterior trasplante de los juveniles a arrecifes degradados. Esto se debe al incremento de la variabilidad genética y al potencial de obtener genotipos más resistentes al cambio global, enfermedades coralinas y blanqueamiento (Edwards 2010). Lo anterior resultará en poblaciones y arrecifes potencialmente más resilientes, así como en la formación de comunidades coralinas en lugares donde la recuperación natural es limitada (Omori y Fujiwara 2004).

Aun cuando los métodos de restauración coralina, como lo son la propagación vía reproducción sexual y asexual de las especies, contribuyen a la recuperación de los arrecifes coralinos, se recomienda con el fin de alcanzar un mayor éxito en la restauración de estos ecosistemas, combinar los métodos de propagación sexual y asexual (Roik 2012, Vaughan 2012). La primera fase consta de la cría *ex situ* de larvas y reclutas hasta que alcancen un tamaño adecuado.

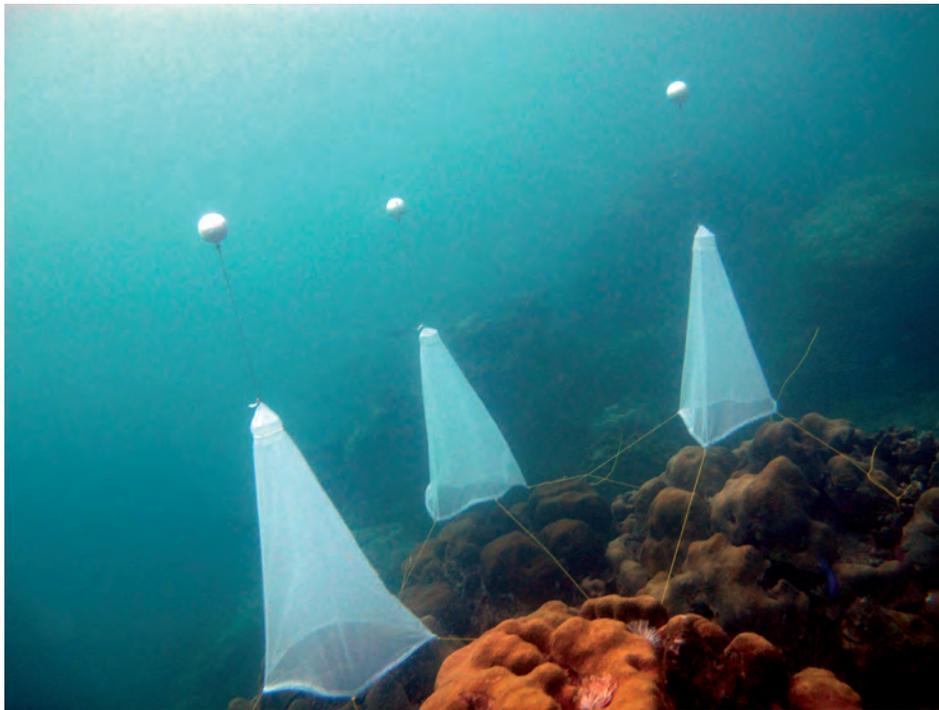


Figura 5. Dispositivos utilizados para la colecta de gametos de coral en la bahía de Gayraca (Parque Nacional Natural Tayrona) en el marco de un proyecto de cría de larvas de coral con fines de restauración. Foto: autores.

Seguidamente estos corales son trasladados a una guardería *in situ*, para posteriormente ser trasplantados al arrecife seleccionado (Vaughan 2012). De esta forma, se maximiza la supervivencia de los embriones y reclutas durante los meses más críticos y se incrementan las probabilidades de obtener un alto número de fragmentos con una alta heterogeneidad genética (Roik 2012, Vaughan 2012).

Restauración doble

Otra estrategia de restauración arrecifal activa, que ha ido tomando fuerza durante los últimos años es la restauración doble, la cual combina las técnicas utilizadas en la restauración física (restauración del medio arrecifal con un enfoque de ingeniería proporcionando disponibilidad de sustratos y diversidad topográfica (Edward y Gomez 2007), con técnicas usadas en la restauración biológica (trasplante de organismos vivos) (Goreau y Hilbertz 2005). El método de restauración doble más utilizado es la acreción mineral (electrodeposición mineral o ERCORN) (Goreau y Hilbertz 2005). Su objetivo

es generar arrecifes semi-artificiales mediante la aplicación de una corriente eléctrica continua sobre una estructura metálica embebida en agua de mar a un bajo voltaje y amperaje entre dos terminales conductivos (Hilbertz y Goreau 1996). Dicha corriente promueve la precipitación y cementación de minerales, lo cual resulta en la creación de un sustrato de carbonato de calcio que mejora y acelera el crecimiento y reproducción de organismos calcificadores (Hilbertz y Goreau 1996). Los arrecifes semi-artificiales generados son estables en el tiempo y permiten el desarrollo de comunidades coralinas y la recuperación de los bienes y servicios de arrecifes degradados (Goreau y Hilbertz 2005, Edwards y Gomez 2007).

En la actualidad, éste método se emplea con éxito para restaurar arrecifes degradados (Goreau y Hilbertz 1996, Sabater y Yap 2002). Esto responde a que la creación de sustratos propende al aumento de las tasas de reclutamiento, el crecimiento y la supervivencia de las especies de coral, además de favorecer la ejecución de trasplantes. (Schuhmacher

et al. 2000). La restauración doble es recomendada para ser utilizada junto con el cultivo de fragmentos de coral en guarderías *ex situ* e *in situ*, ya que puede asegurar el crecimiento y supervivencia de los mismos (Goreau y Hilbertz 1996).

Aun cuando los métodos de restauración mencionados contribuyen a la recuperación de los arrecifes coralinos, la restauración completa de estos ecosistemas tomará años o inclusive décadas (Clewell y Aronson 2007, Morrison 2009). Es así como para alcanzar un proceso de restauración adecuado, es necesario que dichos métodos estén acompañados de medidas de conservación pasiva exitosas (Epstein *et al.* 2005, Rinkevich, 2005, Cowen *et al.* 2006, Rinkevich 2008, Sale 2008, Young *et al.* 2012). Young *et al.* (2012) sugieren, como complemento a lo mencionado, implementar actividades de restauración arrecifal dentro de las áreas marinas protegidas, ya que esto resultaría en un sinergismo positivo entre las estrategias de restauración pasiva y activa.

Experiencias de restauración ecológica en arrecifes coralinos con énfasis en la región Caribe

En la revisión de literatura se encontraron 202 proyectos, en 53 países, que involucran los términos de restauración, rehabilitación y remediación en relación con los arrecifes coralinos. Los métodos más usados son trasplante de colonias o fragmentos de coral, seguido por arrecifes artificiales (Figura 6). Los métodos de propagación asexual, propagación sexual y restauración doble están en un intermedio, pero su aplicación está aumentando en todas las áreas arrecifales del mundo.

La mayor cantidad de los proyectos de restauración arrecifal se han desarrollado en Latinoamérica ($n = 65$), seguido por el océano Índico ($n = 60$), Indopacífico ($n = 45$) y el océano Pacífico ($n = 32$). El mayor número de proyectos en las tres primeras regiones se debe posiblemente a que son las que presentan un nivel más alto de degradación de los ecosistemas arrecifales (Wilkinson 2008).

En sus inicios, la estrategia de restauración ecológica en arrecifes coralinos se enfocó en los aspectos estructurales y de ingeniería que posibilitaran la

reparación de barreras naturales, cuya función primordial era la protección de las costas más importantes de los eventos de erosión. Así mismo, se perseguía el fin de recuperar la integridad topográfica de los arrecifes perturbados por factores antropogénicos como la actividad de embarcaciones (Precht 2006). A nivel mundial, esto solía llevarse a cabo mediante el trasplante directo de fragmentos o colonias de coral de arrecifes sanos a arrecifes degradados (Edwards 2010). Desafortunadamente este método puede generar impactos negativos tanto en las colonias donadoras como en los arrecifes receptores. Por esta razón, en las décadas de 1970 y 1980 los esfuerzos de restauración, además de apuntar a la restauración física de los ecosistemas coralinos, comenzaron a involucrar metodologías que minimizan estos efectos potenciales al considerar las diversas funciones biológicas y ecológicas de los corales (restauración biológica) (Harriott y Fisk 1988).

Los primeros y más ambiciosos proyectos que utilizaron métodos de restauración biológica por propagación asexual (uso de guarderías de coral),

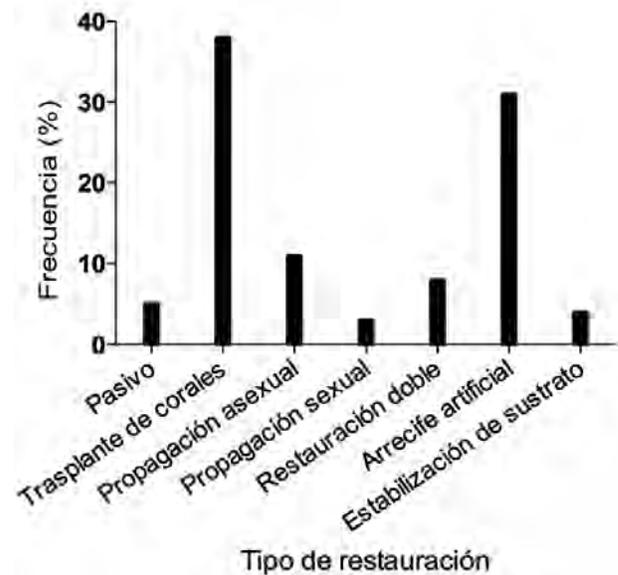


Figura 6. Frecuencia (%) de aplicación de diferentes métodos en proyectos de restauración en todo el mundo entre 1980 y la primera mitad de 2014 ($n = 202$). Modificado de Young *et al.* (2012).

tuvieron lugar en el Indo-Pacífico durante la década de 1990 (Rinkevich 1995, Epstein *et al.* 2001, Soong y Chen 2003). No obstante, en los últimos años la implementación de estos métodos a lo largo del Gran Caribe se ha incrementado sustancialmente. En esta región, las experiencias realizadas se han enfocado en el género *Acropora* que, como se mencionó, solía ser el principal género bioconstructor de arrecifes coralinos someros. La disminución de la abundancia coralina reportada para el Caribe es representada fundamentalmente por la pérdida de colonias de las especies *A. cervicornis* y *A. palmata*, hecho que se traduce en amenazas a la estructura y función arrecifal (Jackson 1992).

De acuerdo con Young *et al.* (2012), se han desarrollado alrededor de 60 proyectos de restauración de especies acropóridas en 14 países del Caribe (Figura 7). Entre ellos, la jardinería de coral a partir de la instalación de guarderías, se posiciona como el método más común, representando el 63 % de los proyectos de propagación de este género (Rinkevich 2000, Shafir *et al.* 2006). En términos generales, hasta la fecha cerca de 12,5 % de las experiencias realizadas se

centraron en el trasplante de corales desde arrecifes coralinos en buen estado hacia aquellos que sufrieron alguna clase de impacto natural o antropogénico, mientras que casi 60 % se basaron en el trasplante de fragmentos previamente cultivados en guarderías (Johnson *et al.* 2011).

Dentro de los países del Caribe que han ejecutado proyectos hacia la restauración de la especie *A. cervicornis* tras la cría de fragmentos en guarderías *in situ* se encuentra Estados Unidos. Allí, puntualmente en el cayo Tavernier (Florida), se emplearon 95 colonias donantes para generar un sistema de cultivo en guarderías en el año 2000 y se logró el trasplante de 1500 fragmentos en 2007, los cuales fueron observados desovando en 2009 (Nedimyer *et al.* 2011). Sumado a esto, se destaca el cultivo de fragmentos de dicha especie en República Dominicana, puntualmente en Punta Cana, donde en 2005 se instaló una serie de guarderías que contenían 25 fragmentos provenientes de cuatro colonias (Bowden-Kerby *et al.* 2005). A partir de los corales en cultivo se produjeron más de 1000 nuevos fragmentos, que fueron trasplantados en 2011.

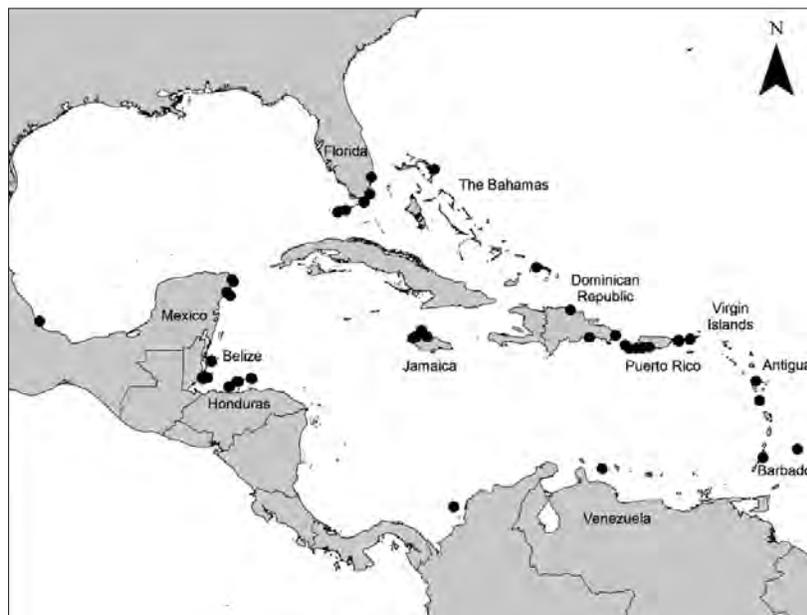


Figura 7. Mapa del Caribe, Atlántico occidental y el Golfo de México con la localización de los sitios donde se identificó la restauración y propagación del género *Acropora*. Young *et al.* (2012). Foto: autores.

En cuanto a *A. palmata*, algunas de las experiencias de restauración corresponden a la cría de fragmentos desde 2005 en la bahía de Oracabess (Jamaica) y desde 2008 en guarderías de coral en Veracruz (México). En la primera se trasplantaron 200 corales de 40 a 100 cm de longitud en 2011. Mientras tanto, en la segunda, una vez finalizado el periodo de cultivo, se trasplantaron 3600 fragmentos usando cemento, reportándose un porcentaje de supervivencia del 85 % luego de tres años. Por otro lado, en lugares como Ruskin (Florida) se han implementado guarderías de coral *ex situ* para cubrir una primera fase de levantamiento de cierto número de fragmentos de *A. cervicornis* bajo condiciones controladas, la cual posteriormente estaría seguida por el cultivo en sistemas *in situ* (Johnson 2011).

Otros países como Belice, Honduras, Puerto Rico y Colombia, se consolidan progresivamente como escenario de la cría de corales acropóridos con tasas de supervivencia mayores al 70 % (Hernández-Delgado *et al.* 2001). A una escala nacional, la reducción generalizada en la cobertura coralina de *A. cervicornis* y *A. palmata* en el Caribe colombiano hacia la década de 1980, fue determinante en el deterioro de ambas especies. De hecho, actualmente los métodos de conservación tradicionales son insuficientes para contrarrestar la pérdida de cobertura de tejido vivo. Por esta razón, en AMPs como son los Parques Nacionales Naturales (PNN)

Old Providence Mc Bean Lagoon, Tayrona, y Corales del Rosario y San Bernardo (CRYBS), se adelantan ensayos preliminares de crecimiento de fragmentos de corales en guardería para su posterior trasplante al medio natural (Cano y Posada 2010, Cano y Posada 2011, Carrillo *et al.* 2012, Zarza 2012). Así, en el año 2009, se puso en marcha un proyecto piloto en el Parque Nacional Natural Tayrona para ensayar dos metodologías propuestas para guarderías. Un año después, el PNN Old Providence decidió incursionar en este campo, seguido por el PNN CRYBS a través de la instalación de guarderías colgantes en 2011 (Tabla 2).

Con respecto al proceso de trasplante de los corales al arrecife cuya restauración se quiere asistir, se han empleado de manera típica diferentes plataformas de adhesión como el cemento, masilla epoxy resistente al agua, cuerdas plásticas, cables metálicos o los fragmentos han sido simplemente incrustados en el sustrato. Hasta el momento, la mayoría de estudios encontró que el uso de cuerdas plásticas fue uno de los métodos de fijación más económico, práctico y efectivo (Bruckner *et al.* 2009, Johnson *et al.* 2011). En la mayor parte de estudios se utilizaron no sólo varios métodos de cultivo, sino también múltiples medios de fijación al sustrato con base en las características ambientales locales (Quinn *et al.* 2005, Johnson *et al.* 2011).

Tabla 2. Información general de los dispositivos utilizados en las guarderías instaladas en los tres Parques Nacionales. Modificado de Cano *et al.* (2014). Ac: *Acropora vicornis*. Ap: *Acropora palmata*.

Parque Nacional Natural	Fecha de instalación	Diseño de guardería	Número de fragmentos	
			Ac	Ap
Tayrona	Abril, 2010	Colgante	40	34
	Julio, 2010	Flotante-media agua	300	
Old Providence McBean Lagoon	Junio, 2010	Colgante	50	50
	Abril, 2012		86	102
Corales del Rosario y de San Bernardo	Marzo, 2011	Colgante	48	0
	Septiembre, 2012		79	0
	Marzo, 2013		90	70
		Árbol	80	60

Sobre los factores que afectan la supervivencia de los corales durante y después de la fase de cría, las experiencias revelan que los daños producidos por tormentas y las anomalías en la temperatura, además de la depredación y una baja calidad de agua, son los más importantes. En ese sentido, los proyectos ejecutados a partir de la construcción e implementación de guarderías colgantes a media agua, que limitan el acceso a depredadores bentónicos y el espacio libre para la colonización de organismos oportunistas, sugirieron que este es el tipo de guardería más eficiente (Johnson 2011). No obstante lo anterior, la restauración coralina a través de fragmentos generados asexualmente no ha sido la única estrategia desarrollada en el Caribe. También se han adelantado estudios basados en la introducción de reclutas al medio natural, donde nuevamente el género *Acropora* se ha constituido como el más evaluado. Este fue por ejemplo el caso de Curaçao en el año 2010 (Lang *et al.* 2013).

Es importante resaltar que además del género *Acropora*, otros géneros formaron parte de los estudios de restauración coralina llevados a cabo a la fecha en el Gran Caribe pero, dadas las propiedades de los corales acropóridos, su proporción respecto a los demás taxones fue mayor. Adicionalmente, se evidenció que pese al aumento en el desarrollo de esta área de la restauración a lo largo de la región, aún es necesario socializar la información obtenida pues, mientras existen varios manuales que se basan en los resultados recopilados para el Pacífico (p. e. Rinkevich 2005, Edward 2010), sólo se cuenta con un manual para el Caribe (Johnson 2011).

Restauración ecológica de arrecifes coralinos: una herramienta de manejo

La restauración ecológica no es por si sola la clave para recuperar y salvar todos los ecosistemas arrecifales del mundo, es una herramienta que puede darle el primer empujón para que se recuperen naturalmente. Debe ir acompañada de estrategias enfocadas en reducir o mitigar los factores que están afectando a los ecosistemas a escala local, como lo son las medidas pasivas. Es claro que los procesos de restauración ecológica aún están en etapa experimental y que existe la necesidad de continuar

con estos esfuerzos (Edwards 2010), por lo que para asegurar el éxito debe tenerse en cuenta varios componentes: primero, los objetivos del proyecto o programa deben tener en cuenta necesidades económicas o sociales y tener, desde un comienzo, criterios bien definidos para evaluar la efectividad del proceso. No todos los proyectos de restauración tienen los mismos objetivos, algunos estarán enfocados a recuperar la biodiversidad y otros algún otro servicio ecosistémico (Hobbs y Harris 2001). Adicionalmente, todos los procesos y/o proyectos de restauración deben involucrar lo más que se pueda a los usuarios de los ecosistemas y a la comunidad en general (Choi 2007).

Segundo, cada localidad o área a restaurar tiene características particulares por lo que cada proyecto es único, aun cuando se utilicen las mismas metodologías y especies (Hildebrand *et al.* 2005). Por esta particularidad, los que desarrollen los proyectos y en especial las entidades encargadas del manejo y la conservación de los ecosistemas arrecifales, deben plantear medidas de manejo adaptativo (Choi *et al.* 2008), ya que es importante reconocer que los ecosistemas son dinámicos.

Tercero, los proyectos deben contar con apoyo financiero para hacer un monitoreo continuo del proceso, lo que permitirá evaluar el progreso y el éxito y hacer cambios que se consideren necesarios durante el desarrollo del proyecto (Hobbs y Norton 1996, Thom 2000).

Recomendaciones para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica

En Colombia los proyectos con fines de restauración ecológica están iniciando como resultado del evidente deterioro de los arrecifes coralinos y de la necesidad a nivel nacional de desarrollar estrategias de conservación activas. A la fecha el país cuenta con una serie de herramientas e instrumentos de planificación que orientan la protección, manejo y uso de los ecosistemas y su biodiversidad. Dentro de estas herramientas e instrumentos están la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) y el Plan Nacional de Restauración (que se encuentran actualmente

en revisión). En la PNGIBSE la restauración es un componente integral de la conservación de la biodiversidad conjuntamente con la preservación, uso sostenible y generación de conocimiento. Así mismo, tanto el Sistema de Parques Nacionales Naturales como las autoridades ambientales regionales tienen como parte de sus actividades y requerimientos el desarrollo de programas de restauración.

En la actualidad, desarrollar proyectos de restauración ecológica está de boga, sin embargo, es importante conocer bien los principios de la ciencia, así como el funcionamiento de los ecosistemas en donde se desarrollen los proyectos. Este entendimiento resultará en la implementación de proyectos efectivos en términos ecológicos y económicos. Adicionalmente, permitirá comprender la posibilidad de no poder regresar a la condición histórica de un ecosistema, lo que está estrechamente relacionado con la dinámica natural de los mismos (Hobbs 2007). Sumado a lo anterior, está la capacidad de identificar los cambios que está causando y que causará el cambio climático en ecosistemas sensibles a este fenómeno (Choi 2007). Este investigador recomienda identificar especies resistentes a los cambios ambientales asociados al cambio global para mantener y recuperar los servicios ecosistémicos.

Por último, dentro de los documentos que se han elaborado como herramientas orientadoras para el desarrollo de proyectos de restauración/rehabilitación de los arrecifes coralinos están los manuales de Edwards y Gomez (2007) y Edwards (2010). En estos documentos se encuentran los diferentes componentes que se deben tener en cuenta antes, durante y después de un proceso de restauración ecológica de arrecifes coralinos.

Bibliografía

- Abelson, A. 2006. Artificial reefs vs coral transplantation as restoration tools for mitigating coral reef deterioration: benefits, concerns and proposed guidelines. *Bulletin of Marine Science* 78 (1): 151-159.
- Alvarado, E. 2008. Estado de las lesiones naturales sobre la fecundidad: implicaciones en la estructura de talla de una población del coral *Montastraea annularis* en un arrecife degradado del caribe colombiano. Tesis de Doctorado. Universidad del Valle, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 146 pp.
- Amar, K. y B. Rinkevick. 2007. A floating mid-water coral nursery as larval dispersion hub: testing an idea. *Marine Biology* 151: 713-718.
- Banaszak, A. 2012. Propagation of sexually-derived coral recruits for active coral reef restoration. Pp. 1-175. *En: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*. Cairns, Australia.
- Bouchon, C., J. Jaubert y Y. Bouchon-Navarro. 1981. Evolution of a semi-artificial reef built by transplanting coral heads. *Tethys* 10: 173-176.
- Bowden, A. 1997. Coral transplantation in sheltered habitats using unattached fragments and cultured colonies. Pp. 2063-2068. *En: Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. Panamá.
- Bowden-Kerby, A., N. Quinn, M. Stennet y A. Mejia. 2005. *Acropora cervicornis* restoration to support coral reef conservation in the Caribbean. NOAA Coastal Zone 05. New Orleans, Louisiana. 8 pp.
- Bruckner, A., R. Bruckner y R. Hill. 2009. Improving restoration approaches for *Acropora palmata*: lessons from the Fortuna Reefer grounding in Puerto Rico. Pp. 1199-1203. *En: Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*. Fort Lauderdale.
- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding y A. Perry. 2011. Reefs at risk revisited. World Resource Institute. Washington, D.C. 130 pp.
- Bythell, J. y C. Sheppard. 1993. Mass mortality of Caribbean shallow corals. *Marine Pollution Bulletin* 26: 296-297.
- Cairns, S. D. 1988. Asexual reproduction in solitary scleractinia. Pp. 641-646. *En: Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*. Townsville, Australia.
- Cano, M. y S. Posada. 2010. Experiencia piloto de restauración de corales Acroporidos en el PNN Old Providence McBeanLagoon. Informe de Avance, Diciembre - 2010. Parques Nacionales Naturales. Isla de Providencia y Santa Catalina. 35 pp.
- Cano, M. y S. Posada. 2011. Experiencia piloto de restauración de corales Acroporidos en el PNN Old Providence McBeanLagoon. Segundo Informe de Avance, Septiembre - 2011. Parques Nacionales Naturales. Isla de Providencia y Santa Catalina.
- Cano, M., E. Zarza, J. Wong, R. Fanke, L. E. Angarita y S. Posada. 2014. Establecimiento de guarderías de coral, fase inicial para un proceso de restauración de ecosistemas marinos: caso Parque Nacional Natural Tayrona, Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon y Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y de San Bernardo. *In situ*: 84-99.

- Carrillo, V., R. Castaño, N. Charuvi, C. García y V. Pizarro. 2012. Proyectos piloto de cría de fragmentos de coral con fines de restauración realizados en el Parque Nacional Natural Tayrona. Informe de avance II. Santa Marta. 46 pp.
- Chavanich, S. 2012. Successful mass culture of corals using sexual reproduction technique in Thailand. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia.
- Chin, A., T. Lison de Loma, K. Reykar, S. Planes, K. Gerhardt, E. Clua, L. Burke y C. Wilkinson. 2011. Status of coral reefs of the Pacific and Outlook: 2011. Global Coral Reef Monitoring Network.
- Choi, Y. D. 2007. Restoration ecology to the future: A call for new paradigm. *Restoration Ecology* 15: 351-353.
- Choi, Y. D., V. M. Temperton, E. B. Allen, A. P. Grootjans, M. Halassy, R. J. Hobbs, M. A. Naeth y K. Torok. 2008. Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience* 15: 53-64.
- Clark, S. y A. Edwards. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Islands. *Coral Reefs* 14: 201-213
- Clewell, A. y J. Aronson. 2007. Ecological Restoration: Principles, values and structure of an emerging profession. Island Press. Washington. 216 pp.
- Conservation International. 2008. Economic values of coral reefs, mangroves and sea grasses: a global compilation. Center for Applied Biodiversity Science, Arlington. 35 pp.
- Cowen, R., C. Paris y A. Srinivasan. 2006. Scaling of connectivity in marine populations. *Science* 311: 522-527.
- Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Invemar, Serie de Publicaciones Especiales No.5, Santa Marta, Colombia. 176 pp.
- Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. A. Zapata y S. Zea. 2005. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. Serie de Publicaciones Especiales 8, Invemar, Santa Marta. 360 pp.
- Edwards, A. y E. Gómez. 2007. Reef restoration: concepts and guidelines. Coral reef targeted research and capacity building for management program. Santa Lucia, Australia. 38 pp.
- Edwards, A. 2010. Reef Rehabilitation Manual. Coral reef targeted research and capacity building for management program. Santa Lucia, Australia. 166 pp.
- Epstein, N., R. Bak y B. Rinkevich. 2001. Strategies for gardening denuded reef areas: the applicability of using different types of coral material for reef restoration. *Restoration Ecology* 9: 432-442.
- Epstein, N., R. Bak, B. Rinkevich. 2003. Applying forest restoration principles to coral reef rehabilitation. *Aquatic Conservation* 13: 387-395.
- Epstein, N., M. Vermeij, R. Bak y B. Rinkevich. 2005. Alleviating impacts of anthropogenic activities by traditional conservation measures: can a small reef reserve be sustainably managed?. *Biological Conservation* 121: 243-255.
- Fautin, D. 2002. Beyond Darwin: Coral reef research in the twentieth century. Pp. 446-449. *En: Proceedings of the 5th International Congress on the History of Oceanography*. La Joya, United States.
- Forsman, Z., B. Rinkevich y C. Hunter. 2006. Investigating fragment size for culturing reef-building corals (*Porites lobata* and *P. compressa*) in ex situ nurseries. *Aquaculture* 261: 89-97.
- Foster, N., I. Baums y P. Mumby. 2007. Sexual vs asexual reproduction in an ecosystem engineer: the massive coral *Montastraea annularis*. *Journal of Animal Ecology* 76: 384-391.
- Goreau, T. 1963. Calcium carbonate deposition by coralline algae and corals in relation to their roles as reef-builders. *Annals of the New York Academy of Sciences* 109: 127-167.
- Goreau, T. y W. Hilbertz. 2005. Marine ecosystem restoration: costs and benefits for coral reefs. *World resource review* 17: 375-409.
- Guest, J., A. Heyward, M. Otori, K. Iwao, A. Morse y C. Boch. 2010. Rearing coral larvae for reef rehabilitation. Pp. 73-98. *En: Edwards, A. (Ed.). Reef Rehabilitation Manual. Coral reef targeted research and capacity building for management program*. Santa Lucia, Australia.
- Guest, J. 2012. Closing the circle: rearing corals from eggs to adults for reef rehabilitation. *En: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*. Cairns, Australia.
- Halpern, B. S., K. A. Selkoe, F. Michelli y C. V. Kappel. 2007. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology* 21: 1301-1315.
- Harriott, V. y D. A. Fisk. 1988. Coral transplantation as a reef management option. Pp. 375-379. *En: Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*. Twonville, Australia.
- Harrison, P. L. 2011. Sexual reproduction of scleractinian corals. Pp: 59-85. *En: Dubinsky, Z y N. Stambler. Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer. 552 pp.
- Harrison, P. L. y Wallace, C. C. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. Pp. 133-207. *En: Dubinsky, Z. (Ed.) Coral Reefs. Ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam.

- Hernandez-Delgado, E. A., B. J. Rosado y A. M. Sabat. 2001. Restauración del hábitat esencial de peces juveniles mediante le replantación de corales fragmentados en la Reserva Pesquera Marina del Canal de Luis Pena, Culebra. Pp. 77-97. *En: Memorias del XXIV Simposio de Restauración Natural.*
- Highsmith, R. 1982. Reproduction by fragmentation in corals. *Marine Ecology Progress. Series 7*: 207-226.
- Hilbertz, W. 1984. Repair of reinforced concrete structures by mineral accretion. United States. Patente 4,440,605.
- Hilbertz, W. y T. Goreau. 1996. Method of enhancing the growth of aquatic organisms, and structures created thereby. United States. Patente 5,543,034.
- Hilderbrand, R. H., A. C. Watts y A. M. Randle. 2005. The myths of restoration ecology. *Ecology and Society* 10: 19-29.
- Hobb, R. J. 2007. Setting effective and realística restoration goals: key directions for research. *Restoration Ecology* 15: 354-357.
- Hobbs, R. J. y D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration ecology* 4: 93-110.
- Hobbs, R. J. y J. A. Harris. 2001. Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology* 9: 239-246.
- Hoegh-Guldberg, O. 2011. The impact of climate change on coral reef ecosystems. Pp. 391-404. *En: Dubinsky, Z. (Ed.). Ecosystems of the world: Coral Reefs.* Elsevier Science, Ámsterdam.
- Hughes, T. 1984. Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. *The American Naturalist* 123: 277-293.
- Hughes, T. P., A. H. Baird, D. R. Bellwood, M. Card, S. R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O. Hoegh-Guldberg, J. B. C. Jackson, J. M. Kleypas, J. M. Lough, P. Marshall, M. Nyström, S. R. Palumbi, J. M. Pandolfi, B. Rosen y J. Roughgarden. 2003. Climate change, human impact, and the resilience of coral reefs. *Science* 301: 929-933.
- Hughes, T. P., N. A. J. Graham, J. C. B. Jackson, P. J. Mumby y R. S. Steneck. 2010. Rising to the Challenger of sustaining coral reef resilience. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 633-642.
- Jaap, W. 2000. Coral reef restoration. *Ecological Engineering* 15: 345-364.
- Jackson, J. B. 1992. Pleistocene perspectives on coral reef community structure. *American Zoology* 32: 719-31.
- Jackson, J. B. C. 1997. Reefs since Columbus. *Coral reefs* 16: S23-S32.
- Jackson, J. B. C., 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. Gland, Switzerland. 306 pp.
- Johnson, 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. 64 pp.
- Knowlton, N. K., R. E. Brainard, R. Fisher, M. Moews, L. Plaisance y M. J. Caley. 2010. Coral Reef Biodiversity. Pp. 65-77. *En: McIntyre, A. D. (Ed.). Life in the world's oceans.* Blackwell Publishing, United States of America.
- Lang, M. A. y M. D. J. Sayer. 2013. Proceedings of the 2013 AAUS/ESDP Curaçao Joint International Scientific Diving Symposium. American Academy of Underwater Sciences. Curaçao. 353 pp.
- Lasker, H. y M. Coffroth. 1999. Responses of clonal reef taxa to environmental change. *American Zoologist* 39: 92-103.
- Lessios, H. A., D. R. Robertson y J. D. Cubit. 1984. Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science* 226: 335-337.
- Lewis, R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering* 24: 403-418.
- Mascia, M. 2003. The human dimension of coral reef marine protected areas: recent social science research. *Conservation Biology* 17: 630-632.
- McCook, L. J., T. Ayling, M. Cappel, J. H. Choat, R. D. Evans, D. M. De Freitas, M. Heupel, T. P. Hughes, G. P. Jones, B. Mapstone, H. Marsh, M. Mills, F. J. Molloy, C. R. Pitcherh, R. L. Pressey, G. R. Russ, S. Sutton, H. Sweatman, R. Tobin, D. R. Wachenfeld y D. H. Williamson. 2010. Adaptive management of the Great Barrier Reef: A globally significant demonstration of the benefits of networks of marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 18278-18285.
- Miller, K. y C. Mundy. 2003. Rapid settlement in broadcast spawning corals: implications for larval dispersal. *Coral reefs* 22: 99-106.
- Moberg, F. y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics* 29: 215-233.
- Mora, C., S. Andrefouet, M. Costello, C. Kranenburg, A. Rollo, J. Veron, K. Gaston y R. Myers. 2006. Coral reefs and the global network of marine protected areas. *Science* 312: 1750-1751.
- Morrison, M. 2009. Restoring Wildlife: ecological concepts and practical applications. Society for ecological restoration international. Island Press, Washington. 351 pp.
- Mumby, P., C. Dahlgren, A. Harborne y C. Kappel. 2006. Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. *Science* 311: 98-101.

- Navas-Camacho, R., D. L. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M. C. Reyes-Nivia y J. Garzón-Ferreira. 2010. Coral diseases and bleaching on Colombian Caribbean coral reefs. *Revista de Biología Tropical* 58: 95-106.
- Nedimyer, K., K. Gaines y S. Roach. 2011. Coral tree nursery: An innovative approach to growing corals in an ocean-based field nursery. *AAFL Bioflux* 4: 442-446.
- Okamoto, M. 2012. Experimental transplantation of corals using sexual reproduction in Mando, Indonesia. *En: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*. Cairns, Australia.
- Omori, M. 2001. Degradation and restoration of coral reefs: Experience in Okinawa, Japan. *Marine Biology Research* 7: 3-12.
- Omori, M. y S. Fujiwara. 2004. Manual for restoration and remediation of coral reefs. Nature Conservation Bureau. Japan. 90 pp.
- Oren, U. y Y. Benayahu. 1997. Transplantation of juvenile corals: a new approach for enhancing colonization of artificial reefs. *Marine Biology* 127: 499-505.
- Petersen, D. y R. Tollrian. 2001. Methods to enhance sexual recruitment for restoration of damaged reefs. *Bulletin of Marine Science* 69: 1000-2001.
- Petersen, D., M. Laterveer y G. Visser. 2007. Sexual Recruitment of the Corals *Favia fragum* and *Agaricia humilis* in a 30 m³ exhibit aquarium: Species- Specific limitations and implications on reproductive ecology. *Zoo Biology* 26: 75-91.
- Pizarro, V. 2006. The importance of connectivity between coral populations for the management of the Seaflower Biosphere Reserve. Tesis de Doctorado. Newcastle University, School of Biology. Newcastle upon Tyne, Reino Unido. 178 pp.
- Pizarro, V. y J. Thomason. 2008. How do swimming ability and behavior affect the dispersal of coral larvae. Pp. 454-458. *En: Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*. Okinawa, Japan.
- Precht, W. F. 2006. Coral reef restoration handbook. CRC Press. United States of America. 366 pp.
- Quinn, N. J., B. L. Kojis y A. Bowden-Kerby. 2005. Assessing the potential for natural recovery and coral restoration techniques for enhancing coral habitat in Jamaica. *Oceans* 3: 2752-2759.
- Richmond, R. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. Pp. 175-197. *En: Bikeland, C. (Ed.). Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York.
- Rinkevich, B. 1995. Restoration strategies for coral reefs damaged by recreational activities: the use of sexual and asexual recruits. *Restoration Ecology* 3: 241-251.
- Rinkevich, B. 2000. Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using small branch fragments. *Marine Biology* 136: 807-812.
- Rinkevich, B. 2005. Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and las decade progress. *Environmental Science and Technology* 39: 4333-4342
- Rinkevich, B. 2006. The coral gardening concept and the use of underwater nurseries: lessons learned from silvics and silviculture. Pp. 291-301. *En: Precht, W. (Ed.). Coral reef restoration handbook*. CRC Press, United States of America.
- Rinkevich, B. 2008. Management of coral reefs: we have gone wrong when neglecting active reef restoration. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1821-1824.
- Rodríguez-Ramírez, A., C. Bastidas, J. Cortés, H. M. Guzmán, Z. Leão, J. Garzón-Ferreira, R. Kikuchi, B. P. Ferreira, J. J. Alvarado, C. Jiménez, A. Fonseca, E. Salas, J. Nivia, C. Fernández, S. Rodríguez, D. Debrot, A. Cróquer, D. L. Gil-Agudelo, D. I. Gómez, R. Navas-Camacho, M. C. Reyes-Nivia, A. Acosta, E. M. Alvarado, V. Pizarro, A. M. Sanjuan, P. Herrón, F. A. Zapata, S. Zea, M. López-Victoria, J. A. Sánchez. 2008. Status of coral reefs and associated ecosystems in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panamá and Venezuela. Pp. 173-186. *En: C. Wilkinson (Ed.). Status of Coral Reefs of the World: 2008*. Global Coral Reef Monitoring Network and Rainforest Research Center, Townsville, Australia.
- Rodríguez-Ramírez, A., M. C. Reyes-Nivia, S. Zea, R. Navas-Camacho, J. Garzón-Ferreira, S. Bejarano, P. Herrón y C. Orozco. 2010. Recent dynamics and condition of coral reefs in the Colombian Caribbean. *Revista de Biología Tropical* 58: 107-131.
- Roik, A. 2012. Coral reef restoration based on sexual coral reproduction. Pp. 524. *En: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*. Cairns, Australia.
- Sabater, M. y H. Yap. 2002. Growth and survival of coral transplants with an without electrochemical deposition of CaCO₃. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 272: 131-146.
- Sale, P. 2008. Management of coral reefs: Where we have gone wrong and what we can do about it. *Marine Pollution Bulletin* 56: 805-809.
- Schuhmacher, H. 2002. Use of artificial reefs with special reference to the rehabilitation of coral reefs. *Booner Zoo Monography* 50: 81-108.
- Schuhmacher, H., P. van Treeck, M. Eisinger y M. Pater. 2000. Transplantation of coral fragments from ship groundings on electrochemically formed reef structures. *En: Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium*. Bali, 983-990.
- Shafir, S., J. van Rijn y B. Rinkevich. 2006. Steps in the construction of underwater coral nursery, an essential component in reef restoration acts. *Marine Biology* 149: 679-687.

- Shafir, S. y B. Rinkevich. 2008. The underwater silviculture approach for reef restoration: an emergent aquaculture theme. Pp: 279-295. *En*: Schwartz, S. (Ed.). *Aquaculture Research Trends*. Nova Science Publications, New York.
- Shafir, S. y B. Rinkevich. 2010. Integrated long-term mid-water coral nurseries: a management instrument evolving into a floatin ecosystem. *University of Mauritius Research Journal* 16: 365-385.
- Shaish, L., G. Levy, E. Gomez y B. Rinkevich. 2008. Fixed and suspended coral nurseries in the Philippines: establishing the first step in the gardening concept of reef restoration. *Journal of Experimental Marine Biology* 358: 86-97.
- Soong, K. y T. Chen. 2003. Coral transplantation: regeneration and growth of *Acropora* fragments in a nursery. *Restoration Ecology* 11: 62-71.
- Szmant, A. 1991. Sexual reproduction by the Caribbean reef corals *Montastraea annularis* and *M. cavernosa*. *Marine Ecology Progress Series* 74: 13-25.
- Thom, R. M. 2000. Adaptive management of coastal ecosystem restoration projects. *Ecological Engineering* 15: 365-372.
- Toh, T. C. 2012. Rearing sexually propagated massive corals for reef rehabilitation: feasibility and cost effectiveness. Pp. 526. *En*: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia.
- Vaughan, D. 2012. Advancing culture technologies for propagation of coral species for restoration. *En*: Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia.
- van Treeck, P. y H. Schuhmacher. 1997. Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology – options for reef rehabilitation. *Marine Ecology Progress Series* 150: 287-292.
- 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.
- Yap, H. y E. Gomez. 1985. Growth of *Acropora pulchra*. III. Preliminary observations on the effects of transplantation and sediment on the growth and survival of transplants. *Marine Biology* 87: 203-209.
- Yap, H., M. Aliño y E. Gomez. 1992. Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa: Scleractinia) including effects of transplantation. *Marine Ecology Progress Series* 83: 91-101.
- Young, C., M. Sewel y M. Rice. 2002. Atlas of marine invertebrate larvae. Academic Press. London. 640 pp.
- Young, C., S. Schopmeyer y D. Lirman. 2012. A review of reef restoration and coral propagation using the threatened genus *Acropora* in the Caribbean and Western Atlantic. *Bulletin of Marine Science* 88: 1075-1098.
- Zapata, F.A., A. Rodríguez-Ramírez, C. Caro-Zambrano y J. Garzón-Ferreira. 2010. Mid-term coral-algal dynamics and conservation status of a Gorgona Island (Tropical Eastern Pacific) coral reef. *Revista de Biología Tropical* 58 (Suppl. 1): 81-94.
- Zarza, E. 2012. Resultados preliminares de crecimiento de fragmentos del coral amenazado *Acropora cervicornis* en una guardería colgante en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. Informe Técnico PNN-COR-002 de 2012. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Cartagena de Indias. 20 pp.

Valeria Pizarro
Fundación Ecomares
El Rodadero, Santa Marta, Colombia
valeria.santamarta@gmail.com

Vanessa Carrillo
Departamento de Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Saint George's School
Boogotá, Colombia
leslie.carrillo@sgs.edu.co

Adriana García-Rueda
Programa de Biología Marina
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Universidad Jorge Tadeo Lozano
Santa Marta, Colombia
adriana.gr7@gmail.com

Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos

Cítese como: Pizarro, V., V. Carrillo y A. García-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 2): 132-149.

Recibido: 20 de agosto de 2014
Aprobado: 11 de marzo de 2015

Guía para autores

(www.humboldt.org.co/biota)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre(s) completo(s) del(los) autor(es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en tablas separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en cursiva (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg⁻¹.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53''N-56°28'53''O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Fotografías, figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Tesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Informes técnicos: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(www.humboldt.org.co/biota)

Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicate s:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40 pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).
- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e. sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53"N-56°28'53"W. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.

- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Pictures, Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 118 pp.

Thesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 160 pp.

Technical reviews: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe

Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). Insectos de Colombia. Estudios Escogidos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

Guía para autores - Artículos de Datos

www.humboldt.org.co/biota - biotacol@humboldt.org.co | www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

El objetivo de esta guía es establecer y explicar los pasos necesarios para la elaboración de un manuscrito con el potencial de convertirse en artículo de datos para ser publicado en la revista *Biota Colombiana*. En esta guía se incluyen aspectos relacionados con la preparación de datos y el manuscrito.

¿Qué es un artículo de datos?

Un artículo de datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que ha surgido como mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad, a la vez que es un medio para generar reconocimiento académico y profesional adecuado a todas las personas que intervienen de una manera u otra en la gestión de información sobre biodiversidad.

Los artículos de datos contienen las secciones básicas de un artículo científico tradicional. Sin embargo, estas se estructuran de acuerdo a un estándar internacional para metadatos (información que le da contexto a los datos) conocido como el *GBIF Metadata Profile* (GMP)¹. La estructuración del manuscrito con base en este estándar se da, en primer lugar, para facilitar que la comunidad de autores que publican conjuntos de datos a nivel global, con presencia en redes como la *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) y otras redes relacionadas, puedan publicar fácilmente artículos de datos obteniendo el reconocimiento adecuado a su labor. En segundo lugar, para estimular que los autores de este tipo de conjuntos de datos que aún no han publicado en estas redes de información global, tengan los estímulos necesarios para hacerlo.

Un artículo de datos debe describir de la mejor manera posible el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de la toma y almacenamiento de los datos, sin llegar a convertirse en el medio para realizar un análisis exhaustivo de los mismos, como sucede

en otro tipo de publicaciones académicas. Para profundizar en este modelo de publicación se recomienda consultar a Chavan y Penev (2011)².

¿Qué manuscritos pueden llegar a ser artículos de datos?

Manuscritos que describan conjuntos de datos primarios y originales que contengan registros biológicos (captura de datos de la presencia de un(os) organismo(s) en un lugar y tiempo determinados); información asociada a ejemplares de colecciones biológicas; listados temáticos o geográficos de especies; datos genómicos y todos aquellos datos que sean susceptibles de ser estructurados con el estándar *Darwin Core*³ (DwC). Este estándar es utilizado dentro de la comunidad de autores que publican conjuntos de datos sobre biodiversidad para estructurar los datos y de esta manera poder consolidarlos e integrarlos desde diferentes fuentes a nivel global. No se recomienda someter manuscritos que describan conjuntos de datos secundarios, como por ejemplo compilaciones de registros biológicos desde fuentes secundarias (p.e. literatura o compilaciones de registros ya publicados en redes como GBIF o IABIN).

Preparación de los datos

Como se mencionó anteriormente los datos sometidos dentro de este proceso deben ser estructurados en el estándar DwC. Para facilitar su estructuración, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), ha creado dos plantillas en Excel, una para registros biológicos y otra para listas de especies. Lea y siga detenidamente las instrucciones de las plantillas para la estructuración de los datos a publicar. Para cualquier duda sobre el proceso de estructuración de estos datos por favor contactar al equipo coordinador del SiB Colombia (EC-SiB) en sib+iac@humboldt.org.co.

¹ Wiecezorek, J. 2011. Perfil de Metadatos de GBIF: una guía de referencia rápida. *En:* Wiecezorek, J. The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual, version 2.0. Traducido y adaptado del inglés por D. Escobar. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 23p. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>.

² Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12 (Suppl 15): S2.

³ TDWG. 2011. *Darwin Core*: una guía de referencia rápida. (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D.; versión 2.0). Bogotá: SiB Colombia, 33 pp. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>

Preparación del manuscrito

Para facilitar la creación y estructuración del manuscrito en el estándar GMP, se cuenta con la ayuda de un editor electrónico (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) que guiará al autor en dicho proceso y que finalmente generará una primera versión del manuscrito. Se recomienda el uso del manual GMP, como una guía de la información a incluir en cada sección del manuscrito, junto con el anexo 1.

Pasos a seguir para la elaboración del manuscrito:

1. Solicite al correo sib+iac@humboldt.org.co el acceso al editor electrónico. El EC-SiB le asignará un usuario y contraseña.
2. Ingrese con su usuario y contraseña al editor electrónico, luego diríjase a la pestaña *Gestión de recursos* y cree un nuevo recurso asignando un nombre corto a su manuscrito usando el formato “AcrónimoDeLaInstitución_año_tipoDeConjuntoDeDatos”, p.e. ABC_2010_avestinije y dar clic en el botón crear.
3. En la vista general del editor seleccione “editar” en la pestaña *Metadatos* (por favor, no manipule ningún otro elemento), allí encontrará diferentes secciones (panel derecho) que lo guiarán en la creación de su manuscrito. Guarde los cambios al finalizar cada sección, de lo contrario perderá la información. Recuerde usar el manual GMP. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la construcción del manuscrito. Las secciones se indican en MAYUSCULAS y los elementos de dichas secciones en **negrilla**.
 - En PARTES ASOCIADAS incluya únicamente aquellas personas que no haya incluido en INFORMACIÓN BÁSICA.
 - Los DATOS DEL PROYECTO y DATOS DE LA COLECCIÓN son opcionales según el tipo de datos. En caso de usar dichas secciones amplíe o complemente información ya suministrada, p. ej. no repita información de la **descripción** (COBERTURA GEOGRÁFICA) en la **descripción del área de estudio** (DATOS DEL PROYECTO).
 - De igual manera, en los MÉTODOS DE MUESTREO, debe ampliar o complementar información, no repetirla. La información del **área de estudio** debe dar un contexto específico a la metodología de muestreo.
 - Es indispensable documentar el **control de calidad** en MÉTODOS DE MUESTREO. Acá se debe describir que herramientas o protocolos se utilizaron para garantizar

la calidad y coherencia de los datos estructurados con el estándar DwC.

- Para crear la **referencia del recurso**, en la sección REFERENCIAS, utilice uno de los dos formatos propuestos (Anexo 2). No llene el **identificador de la referencia**, este será suministrado posteriormente por el EC-SiB.
 - Para incluir la bibliografía del manuscrito en **referencias**, ingrese cada una de las citas de manera individual, añadiendo una nueva referencia cada vez haciendo clic en la esquina inferior izquierda.
4. Rectifique que el formato de la información suministrada cumpla con los lineamientos de la revista (p. ej. abreviaturas, unidades, formato de números etc.) en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.
 5. Una vez incluida y verificada toda la información en el editor electrónico notifique al EC-SiB al correo electrónico sib+iac@humboldt.org.co, indicando que ha finalizado la edición del manuscrito. Adicionalmente adjunte la plantilla de Excel con los datos estructurados (elimine todas las columnas que no utilizó). El EC-SiB realizará correcciones y recomendaciones finales acerca de la estructuración de los datos y dará las instrucciones finales para que usted proceda a someter el artículo.

Someter el manuscrito

Una vez haya terminado la edición de su manuscrito y recibido las instrucciones por parte del EC-SiB, envíe una carta al correo electrónico biotacol@humboldt.org.co para someter su artículo, siguiendo las instrucciones en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.

Recuerde adjuntar:

- Plantilla de Excel con la última versión de los datos revisada por el EC-SiB.
- Documento de Word con las figuras y tablas seguidas de una lista las mismas.

Cuando finalice el proceso, sus datos se harán públicos y de libre acceso en los portales de datos del SiB Colombia y GBIF. Esto permitirá que sus datos estén disponibles para una audiencia nacional e internacional, manteniendo siempre el crédito para los autores e instituciones asociadas.

Anexo 1. Estructura base de un artículo de datos y su correspondencia con el editor electrónico basado en el GMP.

SECCIÓN/SUBSECCIÓN	CORRESPONDENCIA CON LOS ELEMENTOS DEL EDITOR ELECTRÓNICO
TÍTULO	Derivado del elemento título .
AUTORES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas .
AFILIACIONES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . De estos elementos, la combinación de organización, dirección, código postal, ciudad, país y correo electrónico , constituyen la afiliación.
AUTOR DE CONTACTO	Derivado de los elementos creador del recurso y proveedor de los metadatos.
CITACIÓN	Para uso de los editores.
CITACIÓN DE LE RECURSO	Derivada del elemento referencia del recurso .
RESUMEN	Derivado del elemento resumen . Máximo 200 palabras.
PALABRAS CLAVE	Derivadas del elemento palabras clave . Máximo seis palabras.
ABSTRACT	Derivado del elemento abstract . Máximo 200 palabras.
KEY WORDS	Derivadas del elemento key words . Máximo seis palabras.
INTRODUCCIÓN	Derivado del elemento propósito (de las secciones Introducción y Antecedentes). Se sugiere un breve texto para introducir las siguientes secciones. Por ejemplo, historia o contexto de la colección biológica o proyecto en relación con los datos descritos, siempre y cuando no se repita información en las subsecuentes secciones.
Datos del proyecto	Derivada de los elementos de la sección Datos del proyecto: título, nombre, apellido, rol, fuentes de financiación, descripción del área de estudio y descripción del proyecto .
Cobertura taxonómica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura taxonómica: descripción, nombre científico, nombre común y categoría .
Cobertura geográfica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura geográfica: descripción, latitud mínima, latitud máxima, longitud mínima, longitud máxima .
Cobertura temporal	Derivada de los elementos de la sección Cobertura temporal: tipo de cobertura temporal .
Datos de la colección	Derivada de los elementos de la sección Datos de la colección: nombre de la colección, identificador de la colección, identificador de la colección parental, método de preservación de los especímenes y unidades curatoriales .
MATERIAL Y MÉTODOS	Derivado de los elementos de la sección Métodos de muestreo: área de estudio, descripción del muestreo, control de calidad, descripción de la metodología paso a paso .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derivado de los elementos de las secciones Discusión y Agradecimientos, contiene información del formato de los datos y metadatos: nivel de jerarquía, fecha de publicación y derechos de propiedad intelectual .
DISCUSIÓN	Se deriva del elemento discusión . Un texto breve (máximo 500 palabras), que puede hacer referencia a la importancia, relevancia, utilidad o uso que se le ha dado o dará a los datos en publicaciones existentes o en posteriores proyectos.
AGRADECIMIENTOS	Se deriva del elemento agradecimientos .
BIBLIOGRAFÍA	Derivado del elemento bibliografía .

Anexo 2. Formatos para llenar el elemento referencia del recurso.

La referencia del recurso es aquella que acompañará los datos descritos por el artículo, públicos a través de las redes SiB Colombia y GBIF. Tenga en cuenta que esta referencia puede diferir de la del artículo. Para mayor información sobre este elemento contacte al EC-SiB. Aquí se sugieren dos formatos, sin embargo puede consultar otros formatos establecidos por GBIF⁴.

TIPO DE RECURSO	PLANTILLA	EJEMPLO
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de un proyecto de carácter institucional o colectivo con múltiples participantes.	<Institución publicadora/ Grupo de investigación> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>. <Número total de registros>, <aportados por:> <parte asociada 1 (rol), parte asociada 2 (rol) (...)>. <En línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>.	Centro Nacional de Biodiversidad (2013). Vertebrados de la cuenca de la Orinoquia. 1500 registros, aportados por Pérez, S. (Investigador principal, proveedor de contenidos, proveedor de metadatos), M. Sánchez (Procesador), D. Valencia (Custodio, proveedor de metadatos), R. Rodríguez (Procesador), S. Sarmiento (Publicador), V. B. Martínez (Publicador, editor). En línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , publicado el 01/09/2013.
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de una iniciativa personal o de un grupo de investigación definido.	<Parte asociada 1, parte asociada 2 (...)> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>, <Número total de registros>, <en línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>	Valencia, D., R. Rodríguez y V. B. Martínez (2013). Vertebrados de la cuenca del Orinoco. 1500 registros, en línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin . Publicado el 01/09/2001.

Guidelines for authors - Data Papers

www.humboldt.org.co/biota - biotacol@humboldt.org.co | www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

The purpose of this guide is to establish and explain the necessary steps to prepare a manuscript with the potential to become a publishable data paper in Biota Colombiana. This guide includes aspects related to the preparation of both data and the manuscript.

What is a Data Paper?

A data paper is a scholarly publication that has emerged as a mechanism to encourage the publication of biodiversity data as well as an approach to generate appropriate academic and professional recognition to all those involved in the management of biodiversity information.

A data paper contains the basic sections of a traditional scientific paper. However, these are structured according to an international standard for metadata (information that gives context to the data)

known as the *GBIF Metadata Profile* (GMP)⁵. The structuring of the manuscript based on this standard enables the community of authors publishing datasets globally, with presence in networks such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and other related networks, to publish data easily while getting proper recognition for their work and to encourage the authors of this type of data sets that have not yet published in these global information networks to have the necessary incentives to do so.

A data paper should describe in the best possible way the Whom, What, Where, When, Why and How of documenting and recording of data, without becoming the instrument to make a detailed analysis of the data, as happens in other academic publications. To deepen this publishing model, it is recommended to consult Chavan & Penev (2011)⁶.

⁴ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

⁵ GBIF (2011). GBIF Metadata Profile, Reference Guide, Feb 2011, (contributed by O Tuama, E., Braak, K., Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 19 pp. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_how-to_en_v1.

⁶ Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. BMC Bioinformatics 12 (Suppl 15): S2.

Which manuscripts are suitable for publication as data paper?

Manuscripts that describe datasets containing original primary biological records (data of occurrences in a particular place and time); information associated with specimens of biological collections, thematic or regional inventories of species, genomic data and all data likely to be structured with the standard *Darwin Core Darwin Core*⁷ (DwC). This standard is used in the community of authors publishing biodiversity datasets to structure the data and thus to consolidate and integrate from different sources globally. It is not recommended to submit manuscripts describing secondary datasets, such as biological records compilations from secondary sources (e.g. literature or compilations of records already published in networks such as GBIF or IABIN).

Dataset preparation

As mentioned above data submitted in this process should be structured based on DwC standard. For ease of structuring, the Biodiversity Information System of Colombia (SiB Colombia), created two templates in Excel; one for occurrences and other for species checklist. Carefully read and follow the template instructions for structuring and publishing data. For any questions about the structure process of data please contact the Coordinator Team of SiB Colombia (EC-SiB) at sib+iac@humboldt.org.co

Manuscript preparation

To assist the creation and structuring of the manuscript in the GMP standard, an electronic writing tool is available (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) to guide the author in the process and ultimately generate a first version of the manuscript. The use of GMP manual as an information guide to include in each section of the manuscript, as well as the annex 1 is recommended.

Steps required for the manuscript preparation:

- 1 Request access to the electronic writing tool at sib+iac@humboldt.org.co. The EC-SiB will assign a username and password.
2. Login to the electronic writing tool, then go to the tab Manage Resources and create a new resource by assigning a short name for your manuscript and clicking on the Create button. Use the format: "InstitutionAcronym_Year_DatasetFeature", e.g. NMNH_2010_rainforestbirds.
3. In the overview of the writing tool click on edit in Metadata section (please, do not use any other section), once there you will find different sections (right panel) that will guide you creating your manuscript. Save the changes at the end of each section, otherwise you will lose the information. Remember to use the GMP manual. Here are some recommendations for editing the metadata, sections are indicated in CAPS and the elements of these sections in **bold**.

- In ASSOCIATED PARTIES include only those who are not listed in BASIC INFORMATION.
 - PROJECT DATA and COLLECTION DATA are optional depending on the data type. When using these sections extend or complement information already provided, i.e. do not repeat the same information describing the **description** (GEOGRAPHIC COVERAGE) in the **study area description** (PROJECT DATA).
 - Likewise, in SAMPLING METHODS, you must expand or complete the information, not repeat it. The information in **study extent** should give a specific context of the sampling methodology.
 - It is essential to document the **quality control** in SAMPLING METHODS. Here you should describe what tools or protocols were used to ensure the quality and consistency of data structured with DwC standard.
 - To create the **resource citation** in the CITATIONS section, follow one of the two formats proposed (Annex 2). Do not fill out the **citation identifier**, this will be provided later by the EC-SiB.
 - To include the manuscript bibliography in **citations**, enter each of the citations individually, adding a new citation each time by clicking in the bottom left.
4. Check that the format of the information provided meets the guidelines of the journal (e.g. abbreviations, units, number formatting, etc.) in the *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.
 5. Once included and verified all information in the writing tool, notify to EC-SiB at sib+iac@humboldt.org.co, indicating that you have finished editing the manuscript. Additionally attach the Excel template with structured data (remove all columns that were not used). The EC-SiB will perform corrections and final recommendations about the structure of the data and give you the final instructions to submit the paper.

Submit the manuscript

Once you have finished editing your manuscript and getting the instructions from EC-SiB, send a letter submitting your article to email biotacol@humboldt.org.co, following the instructions of *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.

Remember to attach:

- Excel template with the latest version of the data reviewed by the EC-SiB.
- Word document with figures and tables followed by a list of them.

At the end of the process, your information will be public and freely accessible in the data portal of SiB Colombia and GBIF. This will allow your data to be available for national and international audience, while maintaining credit to the authors and partner institutions.

⁷ Biodiversity Information Standards – TDWG. Accessible at <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/>

Annex 1. Basic structure of a data paper and its mapping to the writing tool elements based on GM.

SECTION/SUB-SECTION HEADING	MAPPING WITH WRITING TOOL ELEMENTS
TITLE	Derived from the title element.
AUTHORS	Derived from the resource creator , metadata provider , and associated parties elements.
AFFILIATIONS	Derived from the resource creator , metadata provider and associated parties elements. From these elements combinations of organization , address , postal code , city , country and email constitute the affiliation .
CORRESPONDING AUTHOR	Derived from the resource contact , metadata provider elements.
CITATION	For editors use.
RESOURCE CITATION	Derived from the resource citation element.
RESUMEN	Derived from the resumen element. 200 words max.
PALABRAS CLAVE	Derived from the palabras clave element. 6 words max.
ABSTRACT	Derived from the abstract element. 200 words max.
KEY WORDS	Derived from the key words element. 6 words max.
INTRODUCTION	Derived from the purpose (Introduction and Background section). A short text to introduce the following sections is suggested. For example, history or context of the biological collection or project related with the data described, only if that information is not present in subsequent sections.
Project data	Derived from elements title , personnel first name , personnel last name , role , funding , study area description , and design description .
Taxonomic Coverage	Derived from the taxonomic coverage elements: description , scientific name , common name and rank .
Geographic Coverage	Derived from the geographic coverage elements: description , west , east , south , north .
Temporal Coverage	Derived from the temporal coverage elements: temporal coverage type .
Collection data	Derived from the collection data elements: collection name , collection identifier , parent collection identifier , specimen preservation method and curatorial units .
MATERIALS AND METHODS	Derived from the sampling methods elements: study extent , sampling description , quality control and step description .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derived from the discussion and acknowledgments, contains information about the format of the data and metadata: hierarchy level , date published and ip rights .
DISCUSSION	Derived from the discussion element. A short text (max 500 words), which can refer to the importance, relevance, usefulness or use that has been given or will give the data in the published literature or in subsequent projects.
ACKNOWLEDGMENTS	Derived from the acknowledgments element.
BIBLIOGRAPHY	Derived from the citations element.

Annex 2. Citation style quick guide for “resource reference” section.

The Resource Reference is the one that refer to the dataset described by the paper, publicly available through SiB Colombia and GBIF networks. Note that this reference may differ from the one of the paper. For more information about this element contact EC-SiB.

Here two formats are suggested; however you can consult other formats established by GBIF⁸.

TYPE OF RESOURCE	TEMPLATE	EXAMPLE
The paper is the result of a collective or institutional project with multiple participants.	<Institution/Research Group>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>. <Number of total records>, <provided by :> <associated party 1 (role), associated party 2 (role), (...)>. <Online,> <resource URL>, <published on>. <Published on DD/MM/AAAA>.	National Biodiversity (2013). Vertebrates in Orinoco, 1500 records, provided by: Perez, S. (Principal investigator, content provider), M. Sanchez (Processor), D. Valencia (Custodian Steward, metadata provider), R. Rodriguez (Processor), S. Sarmiento (Publisher), VB Martinez (Publisher, Editor). Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2013.
The paper is the result of a personal initiative or a defined research group.	<associated party 1, associated party 2, (...)>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>, <Number of total records>, <Online,> <resource URL>. <Published on DD/MM/AAAA>.	Valencia, D., R. Rodríguez and V. B. Martínez. (2013). Vertebrate Orinoco Basin, 1500 records, Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2001

⁸ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Presentación / Presentation. <i>Brigitte L. G. Baptiste B.</i>	1
Caracterización de invasiones de <i>Ulex europaeus</i> L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos, Colombia. / Characterization of <i>Ulex europaeus</i> L. invasions of different ages, as a tool for ecological restoration of Andean forests, Colombia. <i>Héctor E. Beltrán-Gutiérrez y José I. Barrera-Cataño</i>	3
Crecimiento de <i>Baccharis macrantha</i> y <i>Viburnum triphyllum</i> , dos especies nativas útiles en restauración ecológica, plantadas en un pastizal andino (Boyacá, Colombia) / Growth of <i>Baccharis macrantha</i> and <i>Viburnum triphyllum</i> , two native species useful for ecological restoration, planted in a pasture Andean (Boyacá, Colombia). <i>Laura L. Hernández-Pineda, Oscar M. Roa-Casas y Francisco Cortés-Pérez</i>	27
Gustos, percepciones y conocimiento local de los habitantes rurales de la cuenca media del río La Vieja (cuenca del río Cauca, Colombia), sobre 60 especies nativas de árboles, arbustos y palmas / Preferences, perceptions and local knowledge of rural inhabitants of the middle section of the La Vieja River drainage a tributary of the Cauca River (Colombia), about 60 native species of trees, bushes and palms. <i>Zoraida Calle-D., Eudaly Giraldo-S., Adriana Giraldo-S., Oscar Tafur y José A. Bolívar</i>	39
Construcción participativa de estrategias de restauración ecológica en humedales del Magdalena Medio, Colombia: una herramienta para el ordenamiento ambiental territorial / Participative construction of ecological restoration strategies for wetlands of the middle Magdalena River drainage: a tool for environmental land management. <i>Natasha V. Garzón, Mireya P. Córdoba y Juan C. Gutiérrez</i>	58
Seed dispersal by bats across four successional stages of a subandean landscape / Dispersión de semillas por murciélagos a través de cuatro estados sucesionales de un paisaje subandino. <i>Mauricio Aguilar-Garavito, Luis Miguel Renjifo y Jairo Pérez-Torres</i>	87
Ensayo preliminar de crecimiento de fragmentos del coral amenazado <i>Acropora cervicornis</i> en una guardería colgante y experiencia piloto de trasplante en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo, Caribe colombiano / Preliminary trial on the growth of fragments of the endangered coral <i>Acropora cervicornis</i> in a hanging nursery and pilot project experience with transplantation to the Corales del Rosario and San Bernardo National Parks in Caribbean Colombia. <i>Esteban Zarza, Ameth Vargas, Luis Londoño, Alejandro Pacheco y Diego Duque</i>	102
Aportes a la consolidación de un proceso regional para la conservación de arrecifes coralinos: ensayos para la estandarización de metodologías para el repoblamiento de especies amenazadas del género <i>Acropora</i> en tres Parques Nacionales Naturales del Caribe colombiano / Contributions to the consolidation of a regional process for the conservation of coral reefs: trials for the standardization of methodologies for the repopulation of endangered species of the genus <i>Acropora</i> in three National Parks in Caribbean Colombia. <i>Rebeca Franke-Ante, Esteban Zarza, Marcela Cano-Correa, Juan A. Wong Lubo y Elkin Hernández</i>	114
Ensayo. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos / Review and state of the art for ecological restoration of coral reefs. <i>Velería Pizarro, Vanessa Carrillo y Adriana García-Rueda</i>	132
Guía para autores / Guidelines for authors	150