

Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación

Recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés en conservación



Cristina López-Gallego

Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación

Recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés en conservación

Cristina López-Gallego



© **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt**

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente.

Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

Contribución IAvH 507

Autores

Cristina López-Gallego, mariac.lopez@udea.edu.co

Grupo de Investigación EECO (Ecología Evolutiva y Conservación), Instituto de Biología, Universidad de Antioquia

Revisión técnica, coordinación editorial y corrección de estilo

Carolina Castellanos Castro, Instituto Alexander von Humboldt

Revisores Externos

Eloisa Lasso De Paulis, Laboratorio de Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de los Andes

Eline Matos Martins, Unidade de Botanica Sistemática, Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Fotografías

Carolina Castellanos Castro, Cristina López Gallego, Federico Pardo Caicedo,

Roy González, René López, John Alexander Uribe Rosas

Fotografía de portada

Federico Pardo

Fotografías de contraportada

Bosque seco tropical, Atlántico y sabana inundable, Casanare por C. Castellanos

y *Cavanillesia chicamochae* por J. A. Uribe Rosas

Ilustración

Camila Pizano

Diseño editorial

John Khatib / Carlos González (ediprint.com.co)

Impresión

Ediprint Ltda.

ISBN obra impresa: 978-958-8889-11-5 - **ISBN obra digital:** 978-958-8889-12-2

Primera edición, febrero de 2015: 1000 ejemplares - Impreso en Bogotá D. C., Colombia

Esta publicación hace parte de la Colección Humboldt de la Editorial Instituto Alexander von Humboldt.



Gabriel Vallejo López
Ministro



Brigitte L.G. Baptiste Ballera
Directora General



Citación sugerida: López-Gallego, C. 2015. Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación: recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés en conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 56 p.

Responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Así mismo, las opiniones expresadas en esta publicación no representan necesariamente las decisiones o políticas del Instituto, ni la citación de nombres o procesos comerciales constituyen un aval de ningún tipo.

Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación: recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés de conservación / Cristina López-Gallego; editado por Carolina Castellanos-Castro; fotografías de Federico Pardo-Caicedo -- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015.

56 p.: il., col.; 22 x 21 cm.

Incluye bibliografía, fotografías y tablas

ISBN 978-958-8889-11-5

1. Biodiversidad 2. Conservación 3. Monitoreo 4. Especies vegetales -- conservación 5. Plantas -- especies amenazadas I. López-Gallego, Cristina II. Castellanos-Castro, Carolina (Ed) III. Pardo-Caicedo, Federico (fot) IV. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible V. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CDD: 333.953 Ed. 23

Número de contribución: 507

Registro en el catálogo Humboldt: 14946

Catalogación en la publicación – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado



Presentación

◀ Palmar de *Acoelorrhaphes wrightii* en la isla de Providencia. Fotografía: R. González.

Un eje fundamental de la Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas, es la conservación efectiva de las especies en su hábitat natural, especialmente de aquellas que se encuentran bajo algún grado de amenaza. Existen diversas acciones a nivel de ecosistema que contribuyen a la conservación de la diversidad de plantas *in situ*, incluyendo la creación y gestión integral de áreas protegidas y el control y prevención de amenazas. Sin embargo, en muchos casos estas acciones no son suficientes y es indispensable hacer un manejo dirigido específicamente al nivel de especie.

En Colombia se estima que un 20% de las especies de plantas reportadas pueden ser endémicas, por lo que su conservación representa un compromiso nacional con el mundo. Adicionalmente, existen un gran número de especies de interés para la conservación debido a su estado de amenaza, importancia ecológica y valor socioeconómico. Para estas especies es necesario contar con un programa de monitoreo de poblaciones silvestres que genere información sobre su estado de conservación y apoye la toma de decisiones para su manejo a nivel nacional y regional.

En este contexto, la generación de información que apoye teórica y técnicamente la implementación de planes de monitoreo por parte de instituciones que no cuentan con expertos en el área de biología poblacional es necesaria. Por lo anterior, la publicación *Monitoreo de Poblaciones de Plantas para Conservación* busca ser un documento sencillo y práctico, que promueva el diseño e implementación de planes de monitoreo a nivel regional por parte de instituciones académicas y no académicas. Se espera que estos planes de monitoreo se articulen a otro tipo de iniciativas como la ejecución de estrategias de restauración y planes de uso sostenible y la regulación de especies sujetas a tráfico y aprovechamiento, entre otras.

Brigitte L.G. Baptiste

Directora General, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Carolina Castellanos Castro

Investigadora Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Prólogo

La conservación de la biodiversidad es un reto complejo, que incluye acciones de preservación y restauración de ecosistemas y el uso sostenible de los recursos naturales en general. Todos los niveles de la biodiversidad (desde los genes hasta los ecosistemas) se encuentran bajo algún grado de amenaza por las actividades humanas. La destrucción y degradación de ecosistemas, la sobre-explotación e uso irracional de los recursos naturales y el cambio climático global generan impactos negativos sobre poblaciones de plantas, animales y microorganismos y sobre los ecosistemas de todo el planeta. Existen muchos esfuerzos de conservación de la biodiversidad, desde áreas protegidas hasta paisajes de manejo sostenible que aportan a tratar de armonizar las interacciones entre las sociedades humanas y su entorno natural. Sin embargo, estos esfuerzos todavía requieren de un apoyo sólido y amplio de los distintos sectores de la sociedad y de mejor inversión de recursos para integrar la conservación con el desarrollo social.

Todo proyecto o programa de conservación requiere de un componente importante de planificación para que su implementación sea organizada y su efectividad pueda ser evaluada. En el marco del “manejo adaptativo”, un proyecto de conservación debe definir propósitos claros, fundamentarse en un análisis situacional que permita identificar estrategias adecuadas para lograr esos propósitos, y llevar a cabo monitoreo del estado de la biodiversidad y del impacto de las acciones de conservación. Sólo con un buen plan de monitoreo se pueden generar “lecciones aprendidas” para sistematizar y compartir con otros públicos, de tal manera que podamos evaluar el éxito de los proyectos y mejorar las prácticas de conservación. Los esfuerzos de monitoreo, y en general la investigación sobre biodiversidad, proveen conocimiento de alta calidad que debe ser la base de la toma de decisiones en conservación.

Muchos proyectos de conservación están basados en la conservación de especies particulares o grupos de especies, o pueden contemplar especies como un componente importante del proyecto. Estas “especies de interés en conservación” pueden ser





◀ *Pouteria* sp. en un bosque seco tropical de Bolívar.
Fotografía: C. Castellanos

especies representativas (carismáticas, sombrilla, etc.), especies amenazadas, especies foco de uso sostenible, o incluso especies que amenazan la biodiversidad (como las invasoras). Luego de que una especie o grupo de especies ha sido priorizada para un proyecto de conservación, debe existir una fase de planificación para diagnosticar la problemática de conservación de la especie, y así poder establecer metas claras y proponer acciones de conservación. Esta planificación de proyectos para conservación de especies debe incluir un plan de monitoreo del estado de sus poblaciones, como un componente esencial para medir el progreso hacia las metas de conservación. En este documento nos enfocamos en recomendaciones para diseñar esos planes de monitoreo para hacer seguimiento del estado de las poblaciones de plantas de interés en conservación.

Estructura de este documento

Este documento está diseñado como una referencia de fácil acceso por practicantes de la conservación que necesitan implementar planes de monitoreo para especies de plantas dentro de sus proyectos de conservación, y que no son expertos en el tema de ecología de especies o biología poblacional. El documento presenta una breve introducción al tema de conservación a nivel de especies, describe los principales tipos de especies de interés en conservación y plantea los aspectos fundamentales de la planificación para conservación de especies. El documento no profundiza en cuanto a procedimientos o criterios para la elección de especies para proyectos de conservación, y tampoco enfatiza mucho en los aspectos de la planificación del proyecto de conservación como tal. Se asume entonces, que antes de enfrentarse al diseño e implementación de un plan de monitoreo el equipo de trabajo ha llevado a cabo la fase de planificación del proyecto, las metas de conservación para la especie están claras y las acciones de conservación para lograr esas metas han sido planteadas.

Para abordar el diseño de un plan de monitoreo dentro de un proyecto de conservación es necesario tener claridad sobre la relevancia del monitoreo y sobre el uso final de la información que produce. Este documento presenta una introducción al monitoreo en el marco de proyectos de conservación, que es un monitoreo orientado a informar la gestión y la toma de decisiones usando la filosofía del “manejo adaptativo”. Presenta también los componentes básicos de un plan de monitoreo, y describe en detalle aspectos importantes de los planes de monitoreo que deben ser cuidadosamente planificados. En particular, el documento se enfoca en recomendaciones para fases críticas de la planificación del monitoreo, sobretodo en la definición de indicadores y metodologías apropiadas para recolectar la información en poblaciones de plantas de interés en conservación. A manera de ejemplo, se presenta un modelo de los diferentes componentes de un plan de monitoreo en el marco de una estrategia de conservación para una especie de planta. Finalmente, además de la literatura citada, este manual hace recomendaciones sobre referencias bibliográficas que son de acceso público y disponibles en internet que permiten ampliar y complementar los contenidos presentados, especialmente en el tema de planificación de proyectos de conservación para especies.

Cristina López-Gallego

Grupo de Investigación EECO -Ecología Evolutiva y Conservación-

Instituto de Biología, Universidad de Antioquia

Diciembre de 2014

Tabla de contenido

- 10 / Conservación a nivel de especies**
 - 14 / Planificación para conservación de especies
- 16 / Monitoreo para conservación de especies**
 - 18 / Monitoreo en el marco del manejo adaptativo
- 20 / Implementación de un plan de monitoreo**
 - 23 / Indicadores para el monitoreo de poblaciones de plantas
 - 35 / Métodos para el monitoreo de poblaciones de plantas
 - 45 / Monitoreo de amenazas/oportunidades y acciones de conservación
 - 46 / Divulgación de la información de monitoreo
- 48 / Modelo de un plan de monitoreo para una especie**
 - 49 / Plan de acción de una “Estrategia de Conservación para Especie (ECE)”
 - 51 / Plan de monitoreo para el proyecto de conservación (ECE)
- 53 / Referencias recomendadas y literatura citada**



**Conservación
a nivel de especies**

◀ *Tillandsia turneri* en el municipio de Paipa, Boyacá.
Fotografía: F. Pardo

En la visión contemporánea de la conservación, los sistemas naturales se consideran como sistemas complejos en los que las sociedades humanas constituyen parte integral e interactúan de diversas maneras con el ambiente y la biodiversidad (sistemas socio-ambientales o socio-ecosistemas). El propósito fundamental de la mayoría de los proyectos o programas de conservación es garantizar que esos sistemas naturales puedan ser viables o funcionales a corto y largo plazo. En estos sistemas complejos, y ante problemáticas de conservación que generalmente plantean grandes retos, los proyectos de conservación responden a múltiples necesidades y combinan diferentes tipos de acciones con equipos de trabajo multidisciplinarios (CDB 2010, Sodhi & Ehrlich 2010, MEA 2005).

Los proyectos de conservación normalmente contemplan varios componentes relacionados con distintas acciones que se complementan para abordar una problemática: acciones de protección de áreas o sistemas naturales, de restauración de ecosistemas, de uso sostenible de algunos de los elementos de la biodiversidad, y de gestión en general (instrumentos de legislación, regulaciones e incentivos, gobernanza, generación de conocimiento, educación y comunicación).

La gestión en conservación se realiza desde muchos frentes, por iniciativas públicas y privadas, desde instituciones con variados intereses (como organizaciones gubernamentales).

CONSERVACIÓN

PROTECCIÓN

RESTAURACIÓN

USO SOSTENIBLE

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN:
regulaciones, gobernanza, conocimiento, educación, etc.

mentales y no gubernamentales), y con énfasis en distintas problemáticas o intereses. Adicionalmente, la gestión en conservación se realiza para diferentes niveles de la biodiversidad. Muchos esfuerzos de conservación se enfocan en áreas o ecosistemas de interés, y muchos otros usan especies que pueden ser foco de un proyecto de conservación o un componente importante de proyectos a escala de áreas naturales.

Para la gestión de la conservación de la biodiversidad existen varios tipos de especies que pueden ser de interés (Wiens *et al.* 2008, Caro & O’Doherty 1999). Algunas especies son usadas como “especies representativas” para potenciar programas de conservación, como especies carismáticas, sombrilla, etc.; mientras que otras especies pueden ser focos específicos de trabajo por su importancia particular, como especies amenazadas o de interés para uso sostenible. Además, en algunos casos pueden existir “especies problema” que constituyen amenazas a la biodiversidad de un lugar, como especies invasoras o plaga. La elección de una especie o grupo de especies como foco para un programa de conservación se realiza usualmente con diversos criterios y prioridades, y depende del equipo de trabajo y sus intereses en la conservación.

Una vez una especie o grupo de especies se ha elegido para implementar un proyecto de conservación específico o como parte de un proyecto de conservación de un área se procede con la planificación del proyecto. Un proyecto de conservación enfocado en una especie generalmente tiene algún propósito relacionado con garantizar la viabilidad de las poblaciones de la especie a largo plazo, o un control efectivo en el caso de las especies problema. La implementación de proyectos de conservación a nivel de especie puede incorporar acciones relacionadas con protección o restauración de poblaciones y hábitats, uso sostenible de individuos en poblaciones, o control y erradicación de poblaciones de especies problema.



Ilustración: Camila Pizano



Fotografías: F. Pardo

La diversidad de plantas en Colombia es una de las más altas entre los países del mundo y la Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas se enfoca en su conservación, como una herramienta complementaria a otras estrategias dirigidas a la gestión integral de la biodiversidad en el país. Los proyectos de conservación a nivel de especies son una parte integral de esta Estrategia y se dirigen a especies de plantas prioritarias debido a su importancia ecológica, categoría de amenaza, importancia cultural y/o aprovechamiento comercial.

Tipos de especies de interés en conservación:

Especies representativas	Especies que no exhiben directamente alguna problemática de interés pueden ser usadas en proyectos de conservación. Por ejemplo, especies carismáticas, sombrilla, indicadoras y especies clave se usan ampliamente como componentes de biodiversidad en proyectos enfocados en áreas de interés o para proyectos con énfasis en una especie o grupo de especies.
Especies amenazadas	Especies cuya viabilidad está siendo reducida por amenazas como destrucción y degradación de hábitat, sobre-explotación, etc. y que tienen una alta probabilidad de extinguirse en el corto o mediano plazo.
Especies para uso sostenible	Especies que son usadas por comunidades humanas pueden ser de interés en conservación porque necesitan planes de manejo que puedan garantizar la viabilidad a largo plazo de sus poblaciones mientras sostienen algún nivel de uso.
Especies invasoras o plaga	Especies invasoras son especies no nativas que se establecen y expanden exitosamente en un nuevo hábitat y pueden generar impactos negativos en el ecosistema invadido. Otras especies, aunque sean nativas, pueden tener su dinámica poblacional alterada y representar problemas para la conservación de la biodiversidad en sus ecosistemas (especies plaga o problema).

Planificación para conservación de especies

La planificación estratégica en conservación es fundamental para tener una buena comprensión de la problemática de conservación a enfrentar, y así poder definir metas claras y acciones concretas para lograr esas metas. Una de las herramientas de planificación más usadas actualmente para proyectos de conservación es los “Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación” (CMP 2007). Esta metodología de planificación incluye un análisis situacional del estado y la problemática de conservación de elementos de la biodiversidad, y cadenas de resultados específicos para las acciones de conservación. Esta metodología se basa en la aplicación del “manejo adaptativo”, que permite ajustar los objetivos y acciones de conservación según lecciones aprendidas e información complementaria proveniente de planes de monitoreo e investigación en general sobre biodiversidad.

Es recomendable usar alguna herramienta de este tipo para planificar el proyecto de conservación de la especie de interés, pues este es un paso indispensable antes de plantear un plan de monitoreo para el proyecto. Usando alguna herramienta de planificación, se puede plantear una “Estrategia de Conservación para Especie”. Las Estrategias de Conservación para Especie -ECE- son herramientas de planificación que establecen objetivos y acciones concretas de manejo de poblaciones y un plan de monitoreo para evaluar la efectividad de las acciones de conservación (IUCN/SSC 2010). Estas ECE se deben implementar teniendo en cuenta a todos los actores relevantes en la problemática de conservación de la especie, y se construyen después de un análisis situacional detallado sobre las características de la especie, las amenazas y oportunidades para su conservación y las posibles acciones que pueden aportar a cumplir las metas de conservación.

Componentes de una Estrategia de Conservación de Especie (IUCN/SSC 2010):

Revisión del estado de la especie	Debería incluir la información disponible sobre las poblaciones conocidas para la especie; como su distribución geográfica, abundancia, hábitat, y otra información sobre la biología poblacional (historia de vida, fenología, etc.), además de las tendencias históricas en las poblaciones. También incluye un análisis de la problemática de conservación para la especie.
Formulación de la visión y metas de la estrategia	La visión representa una descripción del estado futuro deseado en cuanto a lo que se quiere lograr con la estrategia de conservación. Las metas describen lo que debe ser logrado para alcanzar esa visión. Las metas deben tener resultados esperados claros y medibles que puedan ser alcanzados con acciones de conservación.
Definición de objetivos de conservación	Los objetivos necesarios para alcanzar las metas de conservación generalmente dirigen acciones para abordar la problemática de conservación. Los objetivos también deben estar asociados a resultados esperados concretos que puedan medirse y ser monitoreados en el tiempo.
Decisión sobre las acciones de conservación	Las acciones de conservación deben contener pasos detallados que son necesarios para cumplir con todos los objetivos de la estrategia de conservación. Los objetivos, resultados esperados y acciones se pueden definir usando un buen análisis situacional de la problemática de conservación de la especie. La efectividad de las acciones se monitorea según resultados esperados alcanzables y medibles en el tiempo.

Referencias recomendadas sobre planificación para conservación

(fuentes de acceso público y disponibles en internet)

- IUCN/SSC 2010. Strategic Planning for Species Conservation: An Overview, Version 1.0. IUCN, Switzerland.
- CMP 2007. Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación, Versión 2.0. CMP, USA.

A close-up photograph of a plant branch. The branch is light green and has several large, dark green, lanceolate leaves. Clusters of small, elongated fruits are attached to the branch. Some fruits are bright red, while others are a dull, olive-green color. The background is a soft-focus green, suggesting a natural, outdoor setting.

**Monitoreo para
conservación de
especies**

- ◀ Frutos de *Trichilia oligofoliolata*, especie endémica de los bosques secos tropicales del Tolima. Fotografía: R. López

En conservación, el monitoreo se usa para evaluar si las acciones implementadas producen los resultados deseados según metas de conservación establecidas. La gestión en conservación debe estar fundamentada en un buen análisis de la problemática de conservación de interés que permita una buena planificación de las metas y las acciones de conservación. Usualmente los recursos para implementar proyectos de conservación de la biodiversidad son limitados, entonces definir prioridades estratégicas y buenas prácticas para invertir estos recursos es fundamental. En este sentido, el monitoreo de las estrategias de conservación es crucial para hacer una buena inversión de los recursos y garantizar su efectividad (Stem *et al*, 2005, Sheil 2001).

El monitoreo se ha convertido en un componente fundamental de los proyectos de conservación de plantas, independientemente del tipo de acciones de conservación implementadas (Heywood & Iriondo 2003). A nivel internacional, el Convenio de Diversidad Biológica lidera un “Plan Estratégico de Conservación de la Biodiversidad”, que incluye una serie de metas globales de conservación de la biodiversidad. El progreso hacia el cumplimiento de esas metas es monitoreado con un conjunto de indicadores usados a escala global. Este marco conceptual para el monitoreo incorpora el seguimiento del estado de diferentes niveles de la biodiversidad (genes, poblaciones, especies, ecosistemas), las presiones o amenazas sobre la biodiversidad, las respuestas o acciones/estrategias de gestión, y los beneficios derivados de la conservación en términos de servicios ecosistémicos (Butchard *et al* 2010). También existe una “Estrategia Global para la Conservación de Especies Vegetales” (Sharrock 2012) y una “Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas” en Colombia (García 2010), en donde se resalta la importancia del monitoreo para la conservación de la flora.

En este marco, el monitoreo requiere implementar procesos sistemáticos de colección y análisis de datos para explorar tendencias de cambio en el tiempo en atributos de interés, que pueda aportar información relevante para la gestión en conservación. En el caso del monitoreo para proyectos de conservación de especies, los atributos de interés

para evaluar cambios en el estado de la biodiversidad se relacionan con características biológicas de sus poblaciones o hábitats. Generalmente se usan atributos que pueden dar cuenta de la viabilidad de la especie, i.e. atributos que permiten evaluar si las poblaciones pueden persistir en el largo plazo conservando su dinámica ecológica y evolutiva natural. Para el monitoreo de los aspectos de la gestión del proyecto se usan atributos que puedan dar cuenta del cambio en las amenazas y en general del progreso en las acciones de conservación que puedan servir para evaluar la efectividad del proyecto y mejorar las prácticas de conservación.

Monitoreo en el marco del manejo adaptativo

Existen muchos marcos de referencia sobre el monitoreo de la biodiversidad y la gestión en conservación. Algunos sistemas de monitoreo son usados para producir solamente información básica sobre la biodiversidad a través de la investigación, y otros se enfocan en conocimiento que sea de utilidad para la gestión, al comparar estrategias alternativas de conservación o evaluar la efectividad de las estrategias (Mace & Baillie 2007). En los últimos años, la tendencia ha sido hacia implementar un monitoreo enfocado en la evaluación de impactos, que pueda ser usado para aprender y mejorar las prácticas de conservación. Este enfoque del monitoreo permite no sólo que el equipo de trabajo de un proyecto pueda adaptarse y mejorar sus prácticas, sino que también permite que los proyectos puedan valorar sus contribuciones a la conservación, hacer recomendaciones sobre aproximaciones que funcionan o que necesitan ajustes para enriquecer la práctica de la conservación más allá de su proyecto, y fortalecer el sentido de credibilidad y transparencia en la ejecución de proyectos (CMP 2007, Stem *et al.* 2005, Sheil 2001).

La toma de decisiones en conservación se lleva a cabo en respuesta a problemáticas que demandan medidas urgentes, pero usualmente sin contar con información suficiente para plantear las soluciones más adecuadas. Es por esto que la gestión en conservación debe ser ajustable en el tiempo, según una evaluación crítica del éxito de las prácticas de conservación y el incremento en la disponibilidad de la información pertinente. Para programas de conservación a niveles regionales y locales se ha sugerido que una aproxi-

mación desde la filosofía del “manejo adaptativo” es imprescindible para evaluar los impactos de los proyectos y mejorar las prácticas de conservación (Nichols & Williams 2006, Salafski *et al.* 2002). De manera similar al marco conceptual usado para el monitoreo con indicadores globales de biodiversidad, en el marco del manejo adaptativo el monitoreo de un proyecto se realiza para producir información principalmente en tres ámbitos:

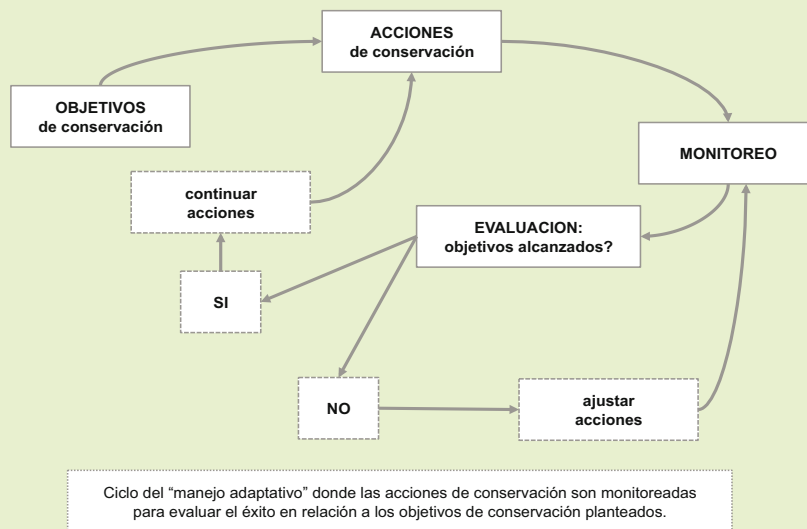
- la condición o el estado de elementos de la biodiversidad.
- el impacto de las amenazas y oportunidades de conservación.
- la efectividad de las acciones de conservación implementadas.

Manejo adaptativo

La interacción entre las sociedades humanas y la biodiversidad que las sostiene se caracteriza por altos niveles de complejidad e incertidumbre. Sin embargo, las problemáticas de conservación son urgentes, y la toma de decisiones debe ser realizada con conocimiento incompleto de la dinámica de los sistemas naturales y sin información detallada de los posibles impactos de las acciones de conservación.

El manejo adaptativo es una aproximación para una toma de decisiones estructurada e informada en la gestión para la conservación. Una toma de decisiones informada requiere de planificación, i.e. la definición de metas claras/medibles y el planteamiento de acciones concretas para alcanzar esas metas. Además, son necesarios planes de monitoreo para evaluar la efectividad de acciones de conservación específicas o comparar la efectividad de escenarios alternativos de conservación (Nichols & Williams 2006).

En el marco de un manejo adaptativo se integra la generación de conocimiento y la práctica, y el monitoreo se convierte en un componente esencial para la evaluación crítica de acciones de conservación. El proceso de manejo adaptativo permite generar lecciones aprendidas y ajustar/adaptar la planificación e implementación de los proyectos de conservación. Bajo esta aproximación los practicantes de la conservación podemos aprender de los éxitos y los fracasos, mejorar nuestras capacidades, y compartir lo aprendido para mejorar la efectividad de la práctica de la conservación en general (Salafski *et al.* 2002).





**Implementación
de un plan de
monitoreo**

◀ Cono femenino de *Zamia roezlii* en el municipio de Buenaventura, Valle del Cauca.
Fotografía: R. González

Un plan de monitoreo se construye luego de un esfuerzo de planificación donde se examine en detalle la problemática de conservación y se planteen metas y resultados esperados concretos de acciones de conservación para una especie o grupo de especies. Después de estas fases de planificación del proyecto normalmente se identifican poblaciones/hábitats de interés, las amenazas/oportunidades y las acciones prioritarias para el proyecto de conservación. Con estas prioridades en mente, un plan de monitoreo se diseña e implementa para evaluar el progreso y el éxito del proyecto de conservación.

El plan de monitoreo debe tener una metodología apropiada para generar la información que se requiere para evaluar el progreso hacia las metas de conservación. Además, un plan de monitoreo debe contar con una buena estrategia para la divulgación de los resultados, que permita una buena discusión sobre el éxito de las acciones de conservación. Finalmente, la información producida por el monitoreo debe ser precisa y clara para que pueda ser usada en la toma de decisiones. Según esto, para diseñar un plan de monitoreo se requiere diseñar cuidadosamente la metodología para generar información y para divulgar esa información al público que la usará, según sus necesidades de conocimiento para la gestión del proyecto.

El diseño de un plan de monitoreo es específico para una problemática de conservación en su contexto local, así que la planificación adecuada del monitoreo depende de cada situación. Es deseable que el diseño del plan de monitoreo sea asesorado por expertos que pueda hacer recomendaciones para asegurar que la metodología para la toma de datos y para la divulgación sea apropiada según las necesidades del proyecto. Además, si es posible se recomienda realizar un estudio piloto antes de implementar el plan para ajustar la metodología del monitoreo y asegurar que los requerimientos logísticos sean razonables.

Componentes de un plan de monitoreo

Revisión de necesidades de información	Para monitorear el progreso hacia las metas del proyecto se debe definir qué tipo de información sería la más relevante para evaluar la efectividad de las acciones propuestas. Es importante también considerar el público y el tipo de información necesarios para la divulgación, para que el monitoreo pueda realmente cumplir la función de evaluar y retroalimentar el desarrollo del proyecto.
Definición de indicadores	Después de definir qué se necesita monitorear se deben elegir indicadores adecuados para proveer la información requerida. Los indicadores son medidas específicas que permiten explorar tendencias de cambio en atributos a monitorear (atributos de los elementos de biodiversidad o de la gestión de conservación).
Diseño de la metodología	En este paso debe definirse la escala espacial y temporal para el monitoreo, el diseño de muestreo (unidades de muestreo y sus características), y los métodos para la toma de datos. Además, se debe definir el tipo de análisis de datos que se usará para reportar los resultados.
Diseño de la divulgación de resultados	La manera más estratégica de presentar los resultados de los análisis de datos debe ser cuidadosamente escogida. Las herramientas adecuadas para comunicar los resultados del monitoreo dependerán del público que los requiere y las necesidades de información para la gestión del proyecto.
Plan operativo	Luego de que la metodología se haya definido se deben considerar los recursos necesarios para implementar el plan de monitoreo (recursos en términos de personal y su experiencia técnica, equipos, y requerimientos logísticos) para diseñar un plan viable.

Referencias recomendadas sobre Planes de monitoreo

(fuentes de acceso público y disponibles en internet)

- CMP 2007. Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación, Versión 2.0. CMP, USA.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W. 1998. Measuring and monitoring plant populations. BLM -Bureau of Land Management-, CO, USA.

Indicadores para el monitoreo de poblaciones de plantas

Los principales componentes de un plan de monitoreo en un proyecto de conservación de especies tienen que ver con el seguimiento de atributos biológicos para medir el estado de las poblaciones o hábitats, y sobre atributos que permitan evaluar el impacto de las amenazas sobre la especie y de las acciones de conservación. La información del monitoreo se recopila usando indicadores, que son medidas específicas que producen información para explorar tendencias de cambio en los atributos a monitorear. Los atributos son características que son útiles para definir el estado de un objeto, por ejemplo las características ecológicas de una población que permiten evaluar si la población se encuentra en buen estado o es viable en el largo plazo.

Un buen indicador para un plan de monitoreo debe cumplir con los siguientes criterios (según CMP 2007):

- medible: puede ser registrado y analizado cualitativa o cuantitativamente.
- preciso: definido de manera similar por cualquier persona.
- consistente: siempre mide lo mismo y no cambia en el tiempo.
- sensible: cambia proporcionalmente en respuesta a cambios reales en la entidad que está midiendo.

Existen muchos indicadores ya desarrollados para el monitoreo de la biodiversidad y la gestión en conservación. Incluso se han propuesto metodologías para el desarrollo de indicadores de biodiversidad a nivel global y regional (por ejemplo, ver BIP 2011). La elección de los indicadores para un plan de monitoreo puede tomar ventaja de medidas ya usadas en conservación (incluso de su información si ya está disponible), o puede resultar en la creación de nuevas medidas según las necesidades del proyecto. En cualquier caso, los indicadores usados deben ser viables técnica y logísticamente, deben ser eficientes o proveer el máximo de información relevante

con el mínimo esfuerzo posible, y deben ser de interés para todos los actores del proyecto de conservación.

Para la definición de los indicadores en un plan de monitoreo se revisan los objetivos específicos de conservación y los puntos críticos de la implementación del proyecto que necesitan del monitoreo, que también pueden tener objetivos a alcanzar con respecto a las acciones de conservación. Los objetivos de un proyecto de conservación de especie generalmente tienen que ver con mejorar el estado de las poblaciones/hábitats de una especie o con reducir el impacto de amenazas a través de las acciones de conservación. Cuando se plantean estos objetivos se definen atributos de las especies (entre otros) que pueden ser usados para medir el progreso hacia el “estado deseado” de las poblaciones/hábitats, lo cual representa la base para la definición de indicadores para el plan de monitoreo.

Objetivos de un proyecto de conservación

Un proyecto de conservación debe tener un propósito claro para poder plantear estrategias y acciones de conservación que puedan ser evaluadas en su efectividad. Los objetivos de un proyecto de conservación plantean un “estado deseado” de atributos de la biodiversidad o de la gestión de conservación que se alcanzaría en un futuro si el proyecto es exitoso. Un objetivo de conservación es entonces una declaración formal de los impactos deseados con el proyecto de conservación (CMP 2007).

Un buen objetivo de conservación cumple con requisitos como:

- orientado: representa claramente la condición futura deseada.
- medible: definible en relación a una escala estándar (valores, estados).
- específico: definido de manera que cualquier persona lo pueda entender.
- alcanzable: limitado al ámbito (de espacio, tiempo, temática) del proyecto.

En proyectos de conservación, normalmente los objetivos relacionados con elementos de la biodiversidad (como especies o ecosistemas) plantean estados deseados en términos de la viabilidad de esos elementos. En el caso de las especies, los objetivos de conservación se pueden formular según atributos de interés y usando expresiones como: mantener, incrementar, o disminuir la pérdida de viabilidad de poblaciones, o disminuir la viabilidad de las poblaciones en el caso de especies problema.

Una buena elección de los atributos que permiten evaluar la viabilidad de las poblaciones es fundamental para que los objetivos de conservación puedan ser medibles y específicos. Además, estos atributos determinan los indicadores que serán necesarios para el monitoreo y la metodología que se diseñara en el plan de monitoreo.

Una vez los indicadores para el monitoreo han sido seleccionados los siguientes pasos para desarrollar el plan de monitoreo tienen que ver con la caracterización del estado inicial de los atributos a monitorear, de tal manera que se establezca una “línea base” que permita evaluar el progreso del proyecto. Antes de la implementación de las acciones de conservación, se debe obtener información del estado inicial de los atributos de los elementos de la biodiversidad. Para evaluar cambios en el estado de las poblaciones o hábitats, obtenemos datos del estado inicial de los atributos de la especie (por ejemplo, de la abundancia de las poblaciones), y además información sobre el rango de variabilidad natural o aceptable de los atributos, pues generalmente los atributos ecológicos tienen dinámicas complejas en el tiempo. Conociendo el estado inicial o de línea base y el estado deseado de los atributos (según los objetivos del proyecto), el monitoreo puede producir los datos necesarios para evaluar si los atributos de interés están cambiando en el tiempo y si esos cambios son los esperados según las metas de conservación del proyecto (por ejemplo, si la abundancia de las poblaciones está aumentando en comparación con su estado inicial).

En los proyectos de conservación a nivel de especie, usualmente las acciones de conservación se implementan para mejorar el estado de las poblaciones y sus hábitats. Por ejemplo, para asegurar la protección de poblaciones en peligro, para hacer restauración de poblaciones/hábitats, para lograr un uso sostenible de la especie, o para poder controlar una especie problema. El monitoreo de atributos relacionados con la reducción de las amenazas o con el impacto de las acciones de conservación es también importante y necesario para poder evaluar de manera integral el éxito del proyecto. Para estos atributos también se define una línea base y una metodología específica para evaluar el cambio de los atributos en el tiempo.

El monitoreo de los atributos ecológicos de las especies se realiza a partir de la línea base por el tiempo determinado por el proyecto. El monitoreo de muchos atributos ecológicos requiere de metodologías intensivas y demandantes, así que la elección de atributos para el plan de monitoreo debe ser estratégica. Los atributos ecológicos elegidos para un plan de monitoreo deben responder a las necesidades de información y las capacidades disponibles para el proyecto. Un mismo atributo puede monitorearse con distintos tipos de indicadores, por lo cual existen muchos posibles indicadores a utili-

zar y se hace necesario elegir los que sean más adecuados para el proyecto. Por todo lo anterior, el muestreo del monitoreo debe ser cuidadosamente diseñado y los resultados deben ser interpretados con precaución.

Para el monitoreo del estado de conservación de una especie, los atributos e indicadores a utilizar deben dar cuenta de la viabilidad de las poblaciones. Una especie viable o saludable tiene poblaciones que conservan su dinámica ecológica y evolutiva natural. Esta viabilidad normalmente se refleja en un número de poblaciones suficiente para evitar la extinción de la especie en el corto plazo, y en poblaciones con tasas de crecimiento poblacional que permitan estabilidad o un aumento en abundancia en el tiempo (i.e. que garantice la persistencia de la especie). La tasa de crecimiento poblacional está a su vez relacionada con muchos aspectos de la ecología de la especie, como su régimen demográfico o de historia de vida, el impacto de interacciones con otras especies y con características del hábitat, entre otros.

Los principales atributos usados en la biología poblacional de plantas para caracterizar la viabilidad de una especie están relacionados con aspectos ecológicos como:

- la distribución geográfica de las poblaciones
- la cantidad o calidad del hábitat
- la demografía (abundancia, estructura y dinámica poblacional)
- la variabilidad genética dentro de las poblaciones

A continuación se describen en detalle estos atributos y potenciales indicadores para planes de monitoreo de poblaciones de plantas.

Distribución geográfica de las poblaciones

Una caracterización cruda y simple de la viabilidad de una especie en un área se puede realizar usando parámetros de la distribución geográfica de las poblaciones. Criterios de distribución geográfica, como el número de localidades con poblaciones o el área geográfica que ocupan, se han usado ampliamente para caracterizar el riesgo de extinción de especies, asumiendo que especies con distribuciones muy res-



▲ Cañon del río Cauca,
Ituango, Antioquia.
Fotografía: C. Castellanos



tringidas podrían tener mayores riesgos de extinción (ver IUCN 2010). El monitoreo de cambios en parámetros de distribución geográfica es relativamente simple, y se puede llevar a cabo con información sobre localidades con presencia de la especie. Sin embargo, este atributo puede ser un pobre predictor de la viabilidad de la especie, en casos en que las poblaciones o su hábitat sufran alteraciones pero se mantenga constante el número de localidades con presencia de individuos. Estos atributos son útiles en casos extremos en donde el número de localidades para la especie o su hábitat disponible esté cambiando drásticamente, o en casos donde información demográfica más detallada de la especie no pueda ser obtenida.

Con el uso de sistemas de información geográfica se pueden producir modelos de la distribución del hábitat de especies y sus cambios en el tiempo, o modelos que informen sobre la funcionalidad de los ecosistemas en áreas geográficas (Kerr & Ostrovsyky 2003). Estos modelos geográficos pueden apoyar decisiones de acciones de conservación, como las necesidades de protección de hábitat para mitigar cambios en la distribución resultado del cambio climático, la identificación de sitios con posibles conflictos entre objetivos de conservación y actividades humanas, la elección de sitios para reintroducción, la predicción de los cambios en la distribución de especies invasoras, entre otros (Rodríguez *et al.* 2007). Sin embargo, las escalas espaciales y temporales requeridas para un adecuado monitoreo de la distribución de poblaciones o sus hábitats depende de la situación de cada especie, y en algunos casos este monitoreo puede ser difícil de llevar a cabo dentro de un proyecto.

INDICADOR	COMENTARIOS
Número de localidades	Es un estimado simple y fácil de obtener, pues sólo indica el número de sitios ocupados por la especie. Para usarlo, es necesario tener criterios claros para determinar que se considerará como una población o una localidad (lo cual depende de la ecología de la especie).
Extensión de presencia (EOO) (sensu IUCN 2010)	Se define como el área mínima que se puede delimitar conteniendo todas las localidades de la especie. Este parámetro mide que tan dispersas en el espacio están las poblaciones y se puede asociar con el grado de amenaza para la especie por impactos antropogénicos en un territorio. La EOO se puede calcular fácilmente con información geo-referenciada de localidades donde la especie ha sido reportada.
Área de ocupación (AOO) (sensu IUCN 2010)	Se define como el área dentro del EOO que es realmente ocupada por la especie. Para calcular este parámetro se requiere información detallada del hábitat de la especie y los sitios donde está presente. El AOO puede tener una buena asociación con la abundancia de la especie, asumiendo que la abundancia poblacional es poco variable (o se puede usar como indicador de la abundancia si se conoce la variabilidad en este parámetro).

Cantidad y calidad del hábitat

En algunos casos el monitoreo directo de las poblaciones es poco factible, y los cambios en las características del hábitat pueden ser usadas como una aproximación a la evaluación de la viabilidad poblacional. Esta aproximación asume que hay una relación entre la cantidad y/o calidad del hábitat y la demografía poblacional, así que es deseable conocer algo de esa relación para justificar el uso de variables del hábitat para el monitoreo del estado de las poblaciones. En cualquier caso, una definición clara y precisa del hábitat de la especie es necesaria para estimar el área disponible (por ejemplo usando el indicador de Área de Ocupación, sensu IUCN 2010).

La cantidad de hábitat disponible para una población se puede evaluar según el área de distribución del ecosistema donde ésta se distribuye. Para evaluar la calidad del hábitat sin recurrir a parámetros demográficos se pueden usar indicadores relacionados con la disponibilidad de recursos y las condiciones para su uso; por ejemplo,



▲ Sotobosque en un bosque nublado.
Fotografía: C. Castellanos



de disponibilidad de luz, humedad, nutrientes; abundancia de mutualistas (polinizadores, dispersores, simbiosistas), de competidores, o de enemigos (herbívoros, patógenos, etc). También se pueden usar indicadores relacionados con la composición y estructura del paisaje que contiene las poblaciones, como la cantidad y el tipo de parches de hábitat, su conectividad, etc. (Mortelliti *et al.* 2010). El indicador elegido para monitorear la cantidad o calidad del hábitat dependerá de la biología de la especie de interés y los objetivos del plan de monitoreo.

Demografía: abundancia, estructura y dinámica poblacional

Los atributos demográficos son los más precisos para evaluar la viabilidad de una población, y tienen que ver con la abundancia poblacional total y la estructura poblacional. La abundancia poblacional se refiere a la cantidad total de individuos (o clones u otra unidad apropiada) de una población, y puede dar información básica del estado de la población. La estructura poblacional se refiere a las proporciones de los estadios del desarrollo (semillas, plántulas, juveniles, adultos), y puede dar información más específica del estado de la población (por ejemplo, de si la población se está regenerando o no según la proporción de juveniles presentes). Al cambio de la abundancia o la estructura poblacional en el tiempo lo definimos como la dinámica de una población; de tal manera que el monitoreo en el tiempo de un atributo de una población es una caracterización de su dinámica poblacional. La dinámica poblacional se puede monitorear en una población individual o en un conjunto de poblaciones en un área, que pueden estar aisladas o pueden estar conectadas por dispersión en una metapoblación.

La abundancia de los adultos o los diferentes estadios en una población se puede medir usando diferentes indicadores (como densidad, cobertura, frecuencia, entre otros). La opción más básica para caracterizar la viabilidad de la población es el monitoreo de la abundancia poblacional total. Usualmente se monitorean cambios en la abundancia del estadio adulto. Este monitoreo provee información sobre tendencias generales en la viabilidad poblacional; sin embargo, cambios en la abundancia no pueden ser atribuidos a procesos demográficos específicos. Otra opción es el monito-

reo de la estructura poblacional (i.e. cambios en la proporción de individuos juveniles y adultos), que genera algo de información sobre posibles procesos demográficos asociados a los cambios en la viabilidad (como cambios específicos relacionados con la reproducción y el reclutamiento de nuevos individuos).

Sin embargo, la opción que permite la caracterización más detallada de la dinámica poblacional es el monitoreo de las tasas demográficas, es decir de la supervivencia, crecimiento, y fecundidad de los individuos de una población. Con información de estas tasas demográficas es posible estimar la tasa de crecimiento poblacional, que da cuenta de si la abundancia poblacional aumenta o disminuye en el tiempo. Además, con esta información es posible identificar los procesos demográficos cruciales para la persistencia de una población, por ejemplo si la tasa de crecimiento poblacional depende principalmente de la supervivencia de los juveniles o de la fecundidad de los adultos (Miller & Lacy 2005, Morris *et al.* 1999). Algunos otros indicadores, como rasgos funcionales o fenológicos pueden también proporcionar información relevante para monitorear la dinámica poblacional, si estos caracteres se puede asociar con las tasas demográficas en las poblaciones (Perez-Harguindeguy *et al.* 2011, Poorter *et al.* 2008).

INDICADOR	COMENTARIOS
Densidad	Se define como el número de “unidades” de la especie estandarizado por un área en el espacio. Las unidades de la especie pueden ser individuos, o en casos donde los individuos no se puedan separar claramente pueden ser clones, grupos de plantas, etc. Es una de las medidas de abundancia poblacional más usada, y provee información precisa de la abundancia en especies en donde individuos o unidades de la especie se pueden contar fácilmente.
Cobertura	Se define como la proporción de un área en el espacio ocupada por la especie (por los individuos o unidades de la especie). Es un indicador ampliamente usado en especies en donde definir individuos no es factible, por ejemplo en especies clonales o con formas de crecimiento muy agregadas.

INDICADOR	COMENTARIOS
Frecuencia	Se define como la proporción de unidades muestrales con presencia de la especie. Es una medida de la abundancia poblacional de baja resolución, pues las unidades muestrales con presencia pueden variar considerablemente en su densidad o cobertura de la especie. Sin embargo, este indicador es más fácil de medir que la densidad o la cobertura y en algunos casos puede proveer información suficiente para el monitoreo.
Biomasa	Se define como el contenido de materia seca (i.e. peso seco) de las partes de la especie en un área. Este indicador puede o no estar directamente relacionado con la densidad o cobertura de una especie, y en general proporciona información sobre funciones ecológicas relacionadas con la fijación de carbono en la población.
Estructura poblacional	Se refiere a la proporción relativa de individuos en los diferentes estadios de desarrollo o el ciclo de vida: semillas, plántulas, juveniles, adultos. Normalmente se representa con una distribución (i.e. histograma de frecuencias) de abundancias para cada estadio. Estas distribuciones se pueden comparar en el tiempo para caracterizar cambios demográficos en las poblaciones.
Tasas demográficas	La tasa de crecimiento poblacional (i.e. un índice que describe si la abundancia poblacional aumenta o disminuye en el tiempo) depende directamente de las tasas de supervivencia, crecimiento y fecundidad de los individuos de una población. El monitoreo de estas tasas demográficas permite la estimación de la tasa de crecimiento poblacional en distintos puntos en el tiempo y por ende una caracterización detallada de la dinámica de la población.
Rasgos funcionales	Los rasgos funcionales se refieren usualmente a caracteres morfológicos, anatómicos o fisiológicos involucrados en las respuestas de los individuos a cambios en su ambiente. Muchos de estos rasgos se pueden usar para predecir el éxito biológico de los individuos en una población y serían útiles para el monitoreo de las tasas demográficas.
Caracteres fenológicos	La fenología de crecimiento y reproducción de una población describe los patrones temporales de producción de hojas, estructuras reproductivas u otras estructuras. Cambios en estos patrones fenológicos pueden tener impactos importantes sobre la abundancia o estructura poblacional, y su monitoreo puede proveer información relevante para caracterizar la demografía de una población.

Variabilidad genética de las poblaciones

La variabilidad genética de una población está asociada con la viabilidad de la población a largo plazo. En tiempo evolutivo, una población con poca variabilidad genética en rasgos de importancia ecológica (i.e. caracteres que afectan el éxito de los individuos o su interacción con el ambiente) tendrá menos posibilidades de responder a cambios ambientales futuros y su probabilidad de extinción sería más alta. Para incluir procesos genéticos en un análisis de viabilidad de poblaciones se pueden usar parámetros que asocien la variabilidad genética con atributos demográficos de las poblaciones (como las tasas de supervivencia y fecundidad que están más directamente relacionados con la viabilidad a corto plazo), pero esta asociación es compleja y difícil de caracterizar (Allendorf & Ryman 2002, Reed *et al.* 2002).

Los niveles de variabilidad genética en una población pueden ser erosionados cuando las poblaciones disminuyen drásticamente de tamaño y/o son aisladas de otras poblaciones, como cuando hay destrucción y fragmentación de su hábitat. La variabilidad genética en una población puede verse disminuida por un impacto grande de la deriva genética (cambios aleatorios en las frecuencias alélicas, que son más drásticos en poblaciones pequeña) o incluso por eventos intensos de selección natural en nuevos hábitats alterados. Además, si las poblaciones son drásticamente reducidas puede presentarse “depresión por endogamia”, que resulta en una pérdida de viabilidad demográfica en una población por la disminución de la variabilidad genética producto del cruce entre individuos emparentados. Otra consideración importante debe ser la disminución en la viabilidad demográfica de las poblaciones por la “depresión por exogamia”, producto del cruce entre individuos de poblaciones muy poco relacionadas (por ejemplo en estrategias de conservación que involucren movimiento de individuos entre poblaciones).

Este tipo de atributos genéticos normalmente no se consideran en planes de monitoreo en conservación, pero pueden ser importantes para un análisis de viabilidad poblacional a largo plazo. También pueden ser importantes en casos donde la depresión por endogamia o por exogamia represente un riesgo importante. La incorporación de parámetros genéticos en análisis de viabilidad de poblaciones de plantas ha sido muy

escasa, pero en algunos casos se ha sugerido que la depresión por endogamia y otros procesos genéticos pueden tener impactos importantes en la dinámica demográfica de poblaciones vegetales (Oostermeijer *et al.* 2003, Menges 2002).

La elección de un indicador también depende en cierta medida de la factibilidad de llevar a cabo la toma de datos con los recursos disponibles para el proyecto. Según la disponibilidad de recursos y las necesidades de información que el monitoreo debe proveer se pueden elegir indicadores que requieran diferentes grados de dificultad en el muestreo. A continuación se describen algunas consideraciones para el muestreo cuando se usan diferentes indicadores para el monitoreo de cambios en el estado o la viabilidad de poblaciones de plantas.

INDICADOR	CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Distribución geográfica: EOO, AOO, etc.	El monitoreo de indicadores de la distribución geográfica de una especie se puede realizar de manera relativamente simple usando sistemas de información geográfica (SIG). Existen numerosas herramientas disponibles para el modelamiento de la distribución de una especie, así que es recomendable evaluar cuidadosamente las aproximaciones metodológicas para asegurarse de usar herramientas que suplan las necesidades del plan de monitoreo. En general los datos que se requieren para estos modelos tienen que ver con localidades con presencias y ausencias comprobadas para la especie, u otros datos de distribución geográfica de las poblaciones.
Cantidad y calidad del hábitat	El monitoreo de cambio en la cantidad de hábitat para una población puede ser realizado usando herramientas de SIG y de ecología espacial, lo cual puede ser relativamente simple de implementar. El monitoreo de la calidad del hábitat puede ser complicado, dependiendo de los atributos que se elijan para caracterizar el hábitat, teniendo en cuenta que estos atributos deberían estar relacionados con la viabilidad de la población.
Abundancia total: densidad, cobertura, frecuencia, biomasa	Para el monitoreo de los indicadores de la abundancia total de una población (de adultos o de todos los estadios) se necesita un muestreo cuidadosamente diseñado. La abundancia se estima en unidades muestrales con un área definida, i.e. en "parcelas" que pueden tener formas y tamaños diversos (según las características de la especie de interés). Las parcelas deben estar distribuidas de manera aleatoria o con un muestreo estratificado por sectores, de tal manera que constituyan una "muestra representativa" de la abundancia de la población en el sitio de muestreo. La definición del tipo de parcelas adecuadas para el muestreo y de su número y ubicación para el muestreo puede ser una tarea complicada, pero con información preliminar de las poblaciones se puede llevar a cabo satisfactoriamente.

INDICADOR	CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Estructura poblacional	El monitoreo de la estructura poblacional requiere de la estimación de abundancias de los individuos de la población en diferentes estadios (semillas, plántulas, juveniles, adultos). De manera similar a la estimación de la abundancia total, se requieren unidades de muestreo o parcelas con forma/tamaño adecuado para la especie de interés. Las parcelas deben conformar una “muestra representativa” de las abundancias por estadios de la población en el sitio de muestreo. La diferencia con el muestreo para la abundancia total es que en este caso se deben categorizar los individuos según estadios durante el muestreo.
Tasas demográficas: supervivencia, crecimiento	La estimación de tasas demográficas de individuos requiere de un muestreo intensivo y detallado en las poblaciones. Para el monitoreo de las tasas demográficas, el número de individuos en la muestra y no el área de muestreo es el aspecto más importante para una buena estimación. En este caso, las unidades muestrales son los individuos, y se debe garantizar un número grande de individuos de todos los estadios para proveer buenos estimados de las tasas demográficas durante varios períodos de muestreo. Los individuos se marcan y se siguen a través del tiempo para determina si mueren o cuanto crecen entre muestreos.
Tasas demográficas: fecundidad	Para el monitoreo de la fecundidad las unidades muestrales son los individuos, y éstos deben ser marcados para seguirlos en el tiempo. La muestra debe contener un adecuado número de individuos de todos los estadios para proveer buenos estimados de fecundidad. La fecundidad de un individuo se puede estimar a partir del número de semillas o propágulos producidos en un periodo determinado o variables asociadas como el número de frutos, según las facilidades del muestreo en la especie de interés. Es recomendable también obtener estimaciones de las tasas de germinación de semillas, pero si no es posible este proceso demográfico tendrá que ser incorporado de manera indirecta en la estimación de la fecundidad de la población.
Rasgos funcionales y fenológicos	La medición de rasgos funcionales o fenológicos se realiza en individuos, para lo cual se debe garantizar una muestra representativa de individuos de la población. La medición de estos caracteres se usa posteriormente para estimar tasas demográficas de la población, y ésta información se puede usar para alimentar los modelos de dinámica poblacional. Según el tipo de rasgos que se usen el muestreo puede ser relativamente simple o requerir de metodologías complejas.
Variabilidad genética	La estimación de la variabilidad genética de una población requiere de una muestra representativa de individuos en términos de los rasgos genéticos de interés. Con esta muestra se pueden usar métodos de genética de poblaciones o de genética cuantitativa para estimar la variabilidad en los rasgos, que normalmente requieren esfuerzos grandes de trabajo de laboratorio o en invernaderos (u otros ambientes controlados).

Métodos para el monitoreo de poblaciones de plantas

La metodología de un plan de monitoreo debe incluir todos los componentes necesarios para una adecuada toma de datos de los indicadores, el análisis de esos datos para explorar tendencias, y la manera de reportar los análisis para ilustrar las conclusiones obtenidas por el monitoreo. La metodología debe ser adecuada para obtener la información relevante sobre los indicadores en el sistema de estudio particular y en el contexto del proyecto de conservación, por lo cual no existen metodologías universalmente aplicables. Es necesario entonces una buena asesoría por expertos para establecer los métodos más apropiados para el monitoreo de los atributos y sus indicadores de interés en el proyecto.

Estos expertos serán profesionales de ciencias biológicas y ambientales en el caso del monitoreo del estado de los elementos de la biodiversidad y sus amenazas, y de otras áreas como las ciencias sociales para el monitoreo relacionados con la gestión de conservación.

La información necesaria para algunos de los indicadores del plan de monitoreo del proyecto puede estar ya disponible para el uso de los practicantes de la conservación; por ejemplo, información de variables ambientales que instituciones públicas recolectan de manera periódica. En otros casos, información existente puede ser usada para calcular los indicadores, de tal ma-

▼ Plántulas de *Zamia manicata* en Urabá.
Fotografía: C. López.



nera que la recolección de datos primarios puede ser obviada. Sin embargo, en muchos casos si será necesaria la colección de información primaria para implementar el plan del monitoreo del proyecto.

En el caso del monitoreo de atributos ecológicos de las especies, el diseño de muestreo y el análisis de los datos deben desarrollarse siguiendo las aproximaciones de la investigación en ecología. Los sistemas ecológicos son usualmente complejos, por lo cual la implementación del monitoreo debe ser cuidadosamente planeada. En cualquier caso, los métodos usados deben ser adecuados para proveer la información requerida para los indicadores. Mientras más simple y costo-efectiva sea la metodología, más fácil será de implementar. Los métodos o técnicas específicas para coleccionar datos de indicadores varían en muchos aspectos, pero un buen método debe cumplir con los siguientes criterios (según CMP 2007):

- exacto: debe tener poco margen de error.
- confiable: los resultados son consistentemente repetibles.
- apropiado: aceptable y adecuado para el sistema de estudio.
- viable: puede ser implementado por el equipo del proyecto.

Componentes básicos del diseño de un estudio ecológico

(basado en Feinsinger 2001)

El diseño experimental en ecología se aplica para planificar la toma de datos y su análisis en estudios observacionales o experimentales, de tal manera que el muestreo sea representativo del sistema de estudio y las inferencias de los análisis de datos sean robustas (precisas, sin sesgos). Un muestreo representativo debe capturar apropiadamente las tendencias en el sistema de estudio y su variabilidad, y además debe enfocarse en los efectos de las variables de interés y no permitir confusión con efectos de otras variables. En este proceso se formulan preguntas, hipótesis y predicciones de investigación con los factores y variables que se van a involucrar en el diseño del experimento.

En el caso del monitoreo en conservación generalmente no existen preguntas con hipótesis/predicciones, pues no se trata de estudios de investigación científica, excepto en casos en que se tengan predicciones con respecto a escenarios alternativos de manejo. Sin embargo, el muestreo o toma de datos y sus análisis deben ser planeados cuidadosamente y usando recomendaciones del diseño experimental en ecología. A continuación se describen los componentes básicos del diseño de un estudio ecológico:

- **Ámbito del muestreo:** darle precisión al muestreo en términos del contexto espacial y temporal donde se llevará a cabo es importante para especificar el “universo” de condiciones en las que se aplican los resultados del estudio.
- **Tipo de estudio:** el efecto del factor en el que se está interesado puede evaluarse en unidades muestrales sin ningún tipo de manipulación, o evaluarse manipulando las condiciones en un experimento (los experimentos son raros en planes de monitoreo).
- **Factores del diseño y su naturaleza:** los factores son las variables para las cuales se pretende evaluar el efecto (variables independientes) y alrededor de las cuales se diseña el experimento; estas variables pueden ser de tipo numérico o categórico
- **Variables de respuesta:** son las variables sobre las cuales el efecto del factor se evaluará, y son las variables dependientes en el análisis; corresponden a las variables que mejor describen el sistema que se quiere explorar con la pregunta.

Nota: en estudios de monitoreo generalmente los indicadores son variables de respuesta, no factores o variables independientes. En algunos casos el monitoreo puede hacer mediciones del efecto de factores, por ejemplo si se plantea comparar los valores del indicador entre distintos tipos de hábitat o algún otro factor de interés.

- **Unidades de muestreo (o unidades de respuesta):** para cada una de las variables de respuesta y según los valores del factor se deben tomar datos en varias unidades de respuesta (estas son las réplicas); la unidad de muestreo es la unidad mínima que manifiesta el efecto del factor y que es independiente de otras unidades.
- **Factores de confusión:** son todas aquellas variables que afectan a las variables de respuesta pero que no son de interés en el muestreo; las estrategias para evitar que estas variables confundan el análisis de los datos dependen del contexto de la pregunta, pero generalmente involucran dispersar las unidades de respuesta de manera aleatoria con respecto a los factores de confusión o eliminar su efecto sobre las variables de respuesta.
- **Métodos de muestreo:** las técnicas que se emplearán para tomar los datos de las variables de respuesta en las unidades de muestreo; deben ser adecuados para que los datos puedan reflejar las respuestas en las variables del sistema de estudio.
- **Naturaleza de las réplicas (número y distribución):** se debe garantizar que suficientes unidades de muestreo, bien distribuidas en el espacio y en el tiempo, tengan datos para que el muestreo sea representativo, y además que constituyan verdaderas réplicas (unidades independientes para reflejar efectos sobre variables de respuesta). El número de réplicas y su distribución para garantizar un muestreo representativo depende de la variabilidad exhibida por las variables de respuesta en el sistema de estudio (a mayor variabilidad, mayor esfuerzo de muestreo requerido para caracterizar el sistema).
- **Potenciales análisis de datos:** pensar en los análisis particulares que se necesita realizar con los datos ayuda a refinar el muestreo para lograr que sea adecuado para los fines del estudio.
- **‘Esfuerzo’ necesario para implementar el diseño:** se deben considerar los recursos necesarios para la ejecución del diseño planteado según el alcance del proyecto.

Para llevar a cabo un análisis de la dinámica demográfica de una población (i.e. cambios en la abundancia total y la estructura poblacional a través del tiempo) es necesario coleccionar datos sobre cambios en la abundancia total, en la abundancia de cada uno de los estadios, o datos de las tasas demográficas de los individuos en la población. Los métodos de monitoreo más simples se enfocan en los cambios de la abundancia total, la abundancia de adultos, o las abundancias de los diferentes estadios (juveniles, adultos) de una población a través del tiempo. Los métodos más sofisticados de monitoreo poblacional se enfocan en estimar las tasas demográficas de supervivencia, crecimiento, y reproducción de los individuos.

Para coleccionar datos de abundancias totales o por estadios los métodos más usados son censos simples. Un censo simple es un conteo de los individuos (o estimación del indicador de abundancia) en la totalidad de la población o en una muestra representativa de la población en un sitio determinado. Estos conteos se realizan en parcelas de forma y tamaño adecuados según la biología de la especie, y según un diseño experimental adecuado para esta estimación (esta parte debería ser definida por un experto en biología poblacional de plantas). Estos censos se llevan a cabo de manera periódica, en intervalos anuales o de otra longitud según el ciclo de vida de la especie de interés. Con los datos de censos de varios años se pueden construir modelos matemáticos simples y realizar análisis para estimar la tasa de crecimiento poblacional, i.e. cambios en la abundancia a través del tiempo.

Para construir modelos demográficos más detallados que puedan explorar los cambios en la estructura poblacional y sus mecanismos asociados se requieren estimaciones de las tasas demográficas de los individuos en diferentes estadios. La estimación de estas tasas de supervivencia, crecimiento y fecundidad de los individuos de una población requiere de muestreos intensivos y de largo plazo en las poblaciones (Munzbergova & Erhlen 2008). Estas tasas demográficas determinan cómo cambia la abundancia y estructura poblacional en un período de tiempo determinado, y con esta información se pueden también construir modelos matemáticos para estimar la tasa de crecimiento poblacional y muchos otros parámetros de dinámica poblacional. Estos modelos también se pueden usar para hacer simulaciones y proyectar la dinámica poblacional hacia el futuro en diferentes escenarios.

Para diseñar el monitoreo de la dinámica de una población y los procesos demográficos subyacentes es necesario considerar varios aspectos (y asesorarse de un experto en biología de poblaciones de plantas):

- **Delimitación de los estadios en el ciclo de vida de la población:** los estadios no reproductivos y reproductivos de una especie tienen diferentes tasas de supervivencia, crecimiento y fecundidad. Para analizar detalladamente la dinámica de una población debemos estimar estas tasas demográficas para cada estadio. Los estadios del ciclo de vida de una especie deben ser “tipos de individuos” que son similares en sus tasas demográficas. Los estadios básicos del ciclo de vida de la mayoría de especies de plantas son las semillas, las plántulas, los juveniles y los adultos. Estos estadios se definen generalmente usando el tamaño de los individuos y no la edad de los individuos, pues normalmente la edad de una planta no está bien correlacionada con sus tasas demográficas. Una especie de planta puede tener varios estadios de plántula, si es que las plántulas más pequeñas tienen una tasa de supervivencia diferente a plántulas más grandes; y lo mismo podría suceder con estadios juveniles o adultos (si difieren en tasas de supervivencia, crecimiento o fecundidad). Los estadios en el ciclo de vida de la población deben estar bien definidos antes de comenzar el análisis de los datos de la dinámica poblacional (se pueden definir antes de la toma de datos si se tiene suficiente información, o después de la toma de datos en donde los datos mismos se usan para hacer la clasificación de los estadios).
- **Definición del período de tiempo para los censos y la modelación de la dinámica poblacional:** es posible modelar la dinámica de una población en cualquier período de tiempo, pero el intervalo entre censos para la toma de datos y para simular como cambia la abundancia de la población se define para la situación particular de cada especie. Para muchas especies de plantas se hacen censos anuales y se modela como cambia la población en su abundancia entre años. Sin embargo, para algunas especies los cambios demográficos durante un año pueden ser insignificantes, si la supervivencia no cambia mucho y los eventos reproductivos son supra-anuales. De igual manera, es posible que para especies de cortos ciclos de vida los eventos demográficos sucedan en períodos de meses o incluso semanas.

- **Elección de una muestra representativa de los estadíos en la población:** para explorar la dinámica de una población es necesaria una muestra representativa en términos del número de individuos de cada uno de los estadíos (semillas, plántulas, juveniles, adultos) en la población. Es recomendable tratar de representar por lo menos un 10% de los individuos totales en la población en los diferentes estadíos. En este tipo de estudios, lo importante no es el área geográfica de muestreo sino el número de individuos de cada estadío en la muestra. Los datos de los diferentes estadíos se pueden tomar en las mismas parcelas o en parcelas de distinto tamaño que acomoden el número necesario de individuos a muestrear.
- **Marcaje de los individuos para el monitoreo:** una vez se han elegido los individuos en diferentes estadíos para el muestreo, estos individuos se marcan para poder hacer seguimiento de sus tasas demográficas en cada censo. Al tener los individuos marcados se puede determinar en censos a través de varios años (o el período adecuado) si los individuos sobreviven, que tanto crecen (es decir si pasan a un estadío diferente), y cuando y que tanto se reproducen (que tantas semillas o plántulas producen). El método de marcaje de los diferentes estadíos depende de la morfología y fenología de la especie, lo que se debe tener en cuenta es que las marcas deben ser adecuadas para que permanezcan intactas en el largo plazo y que no causen daños a los individuos de la población (que puedan cambiar sus tasas de supervivencia o crecimiento por ejemplo).
- **Toma de datos del monitoreo:** para describir la dinámica de una población se requiere continuar el monitoreo de las tasas demográficas de los individuos durante varios años (o el período adecuado). Se recomienda tomar datos por lo menos por 4-5 años o un número de años que represente bien la variabilidad temporal en las tasas demográficas en la población. Algunas de las tasas demográficas son más difíciles de estimar, por ejemplo la probabilidad de que una semilla se convierta en plántula (i.e. la tasa de germinación), por lo cual en algunos casos la toma de datos no se hace directamente sobre los individuos marcados, sino que se puede hacer en muestreos específicos (por ejemplo en un experimento de germinación en hábitat o en invernadero).



▲ El monitoreo de las tasas demográficas en una población requiere de un diseño cuidadoso del muestreo. Un aspecto importante tiene que ver con el marcaje de individuos de diferentes estadios para obtener datos de su supervivencia, crecimiento y fecundidad a lo largo de varios años de muestreo. El marcaje de individuos con diferentes hábitos (hierbas, arbustos, árboles, epífitas) se diseña según la morfología de la especie. Fotografía: C. Castellanos.

- **Análisis de los datos del monitoreo:** con los datos de las tasas demográficas y la estructura poblacional inicial se pueden usar modelos matemáticos para describir la dinámica de la población a corto o mediano plazo, usando modelos de proyección con matrices (ver Crone *et al.* 2011) o modelos de proyección integral (ver Coulson 2012). Estos análisis proveen estimaciones de la tasa de crecimiento poblacional, los cambios en la abundancia de los diferentes estadios a través del tiempo, y el impacto de las tasas demográficas en la viabilidad de la población (i.e. un análisis de elasticidades), entre otros. Estos métodos de análisis son relativamente complejos y requieren de la asesoría detallada de un experto en investigación de dinámica poblacional.

Los modelos que pueden predecir la dinámica poblacional según las tasas demográficas de los estadios del ciclo de vida son herramientas poderosas para conservación, más útiles que los modelos basados sólo en censos simples periódicos de las abundancias totales o la estructura poblacional. Estos modelos permiten hacer proyecciones precisas sobre los cambios en la abundancia y la estructura poblacional que pueden ser atribuidos a mecanismos o procesos demográficos particulares. Estos modelos permiten identificar las tasas demográficas particulares que mayor impacto tienen sobre la tasa de crecimiento poblacional, lo cual permite tomar decisiones sobre donde enfocar los esfuerzos de conservación para las poblaciones. Por ejemplo, un análisis detallado de la dinámica poblacional podría sugerir que la supervivencia de los adultos es la tasa demográfica de mayor impacto para el crecimiento poblacional,

y que los esfuerzos de conservación deberían enfocarse en aumentar la supervivencia de los adultos, pues cualquier esfuerzo para mejorar la supervivencia de los juveniles tendría un impacto mínimo sobre la viabilidad de la población.

La elección de un método para el monitoreo de la dinámica poblacional dependerá del tipo de información factible de obtener durante el monitoreo, y de los resultados requeridos del mismo. En cualquier caso, la información que provee el monitoreo da cuenta de tendencias de cambio en la población. La veracidad de las predicciones en estas tendencias poblacionales depende completamente de la calidad de los datos y del manejo de los modelos matemáticos usados. Por estos motivos, los resultados del análisis de los datos del monitoreo deben ser interpretados con precaución.

Con información detallada sobre las tasas demográficas y la dinámica de una población se puede llevar a cabo un “Análisis de Viabilidad Poblacional” o un “Análisis de Viabilidad Poblacional y del Hábitat” (PVA y PHVA por sus siglas en inglés). Estos PVA usan información de la dinámica poblacional y pueden simular cambios en las poblaciones bajo diferentes escenarios de amenazas y/o estrategias de conservación para la especie. En general, los análisis de viabilidad poblacional son más útiles cuando se usan para hacer comparaciones relativas entre varios escenarios alternativos de conservación, más que para dar predicciones absolutas para una población (Menges 2002, Reed *et al.* 2002). Además, es necesario tener en cuenta que existe variación natural en las tasas demográficas de una población, y separar los efectos de las variaciones ambientales naturales de los potenciales efectos antrópicos requiere de muestreos muy bien diseñados y análisis de datos apropiados con los modelos poblacionales. Sin embargo, cuando es posible realizar un PHVA para una población, éste análisis se convierte en una poderosa herramienta para la toma de decisiones para la conservación de una especie.

Referencias recomendadas sobre Demografía y PVA en plantas.

(fuentes de acceso público y disponibles en internet)

- Morris, W., Doak, D., Groom, M., Kareiva, P., Fieberg, J., Gerber, L., Murphy, P., Thompson, D. 1999. A practical handbook for population viability analysis. The Nature Conservancy, USA.

- El monitoreo de las tasas demográficas de los estadios iniciales del ciclo de vida de una especie de planta puede ser complicado, por ejemplo por la dificultad del marcaje de semillas y su seguimiento para estimar las tasas de germinación. En estos casos, se puede recurrir a experimentos en el hábitat o en ambientes controlados para la estimación de algunas tasas demográficas (como un experimento de germinación en el campo). Fotografías: C. López



Análisis de viabilidad poblacional

Un “análisis de viabilidad poblacional y de hábitat” (PVA, por sus siglas en inglés) es una herramienta de modelamiento para explorar tendencias en la abundancia poblacional a través del tiempo o la probabilidad de extinción de una población. Usando información de parámetros demográficos de la especie se pueden construir modelos para predecir la dinámica poblacional, i.e. los cambios en la abundancia y la estructura poblacional, en un período proyectado hacia el futuro (para una introducción general a PVA ver Miller & Lacy 2005, Morris *et al.* 1999). Los PVAs pueden ser muy útiles en conservación, especialmente para comparar el potencial impacto de diferentes estrategias o escenarios de conservación sobre la dinámica de las poblaciones (Reed *et al.* 2002, Coulson *et al.* 2001, Menges 2000).

Para construir un PVA se pueden usar datos de censos continuados para construir modelos predictivos simples de la abundancia poblacional, o se pueden construir modelos detallados de la dinámica poblacional con información sobre la historia de vida de la especie. En particular, un modelo poblacional detallado de una especie de planta requiere datos sobre tasas de supervivencia (incluyendo germinación) y crecimiento de diferentes estadios (plántulas, juveniles, adultos), tasas de fecundidad (proporción de individuos reproductivos, producción de semillas o propágulos, etc.), y otros caracteres relacionados con la fenología de reproducción y la dispersión de propágulos, entre otros. Además, para poder realizar las proyecciones en el tiempo, es necesario tener una idea de cómo estos parámetros varían en el espacio y en el tiempo. Con este tipo de información se pueden usar métodos disponibles y estandarizados para el modelamiento de la dinámica poblacional. Los métodos más usados actualmente para poblaciones de plantas son modelos poblacionales de proyección con matrices (ver Crone *et al.* 2011) y más recientemente los modelos de proyección integral (ver Coulson 2012).

Los estudios de modelación de dinámica poblacional pueden ser muy útiles, pero los modelos son simplificaciones de la realidad y como tales tienen limitaciones. Es importante tener en cuenta que la precisión y exactitud de los resultados de un PVA dependen por completo de la calidad de la información de base y de la construcción del modelo (la estructura planteada, los supuestos, etc.). En el caso del modelamiento de la dinámica de una población se requiere de mucha información, que no es fácil de obtener para muchas especies de interés en conservación. Es importante reconocer que solamente con estudios de largo plazo en una población se puede obtener información de alta calidad para un PVA. En cualquier caso, se pueden construir modelos adecuados para los fines del PVA y según los datos disponibles que pueden aportar conocimiento crucial en proyectos de conservación de especies y para la planificación en conservación (Akçakaya & Sjogren-Gulve 2000).

Monitoreo de amenazas/oportunidades y acciones de conservación

El monitoreo de atributos ecológicos de las poblaciones provee información crítica sobre el estado de las especies, y permite evaluar directamente si el estado de la especie cambia a medida que se implementa el proyecto de conservación. En algunos proyectos de conservación, este componente del monitoreo puede ser suficiente, pero en el marco del manejo adaptativo el monitoreo también debe contemplar aspectos de la gestión del proyecto. En particular, para constatar el impacto de las acciones de conservación es fundamental el seguimiento de atributos que pueden dar cuenta de la efectividad de las acciones y verificar cambios en las amenazas/oportunidades identificadas, que a su vez tienen un impacto en el estado de las especies.

Las problemáticas de conservación de especies son complejas y muy diversas. Consecuentemente, existen vastas posibilidades de amenazas u oportunidades que afectan el estado de las poblaciones, que dependen del contexto del proyecto de conservación. Así mismo, las acciones de conservación de los proyectos exhiben una amplia gama

- ▼ Las amenazas y las oportunidades identificadas en un proyecto de conservación de especies pueden ser de diversa índole, así como las acciones de conservación para abordarlas, y su monitoreo debe responder a las necesidades de información para la evaluación hacia el progreso de las metas del proyecto.
Fotografías: C. Castellanos





de posibilidades. Para un panorama de ejemplos de amenazas/oportunidades y acciones de conservación en el marco de proyectos de conservación con diversos propósitos y aproximaciones se pueden revisar bases de datos sobre proyectos disponibles de manera pública (por ejemplo, la base de datos ConPro, ver TNC 2013).

◀ Venta de canastos en Filandia, Quindío. Fotografía: F. Pardo

Como resultado de un esfuerzo a nivel internacional para estandarizar la terminología y las formas de comunicación en la práctica de la conservación, existen actualmente listados o “taxonomías” de amenazas y acciones de conservación (CMP 2007). Sin embargo, a pesar de la estandarización en la terminología, las amenazas/oportunidades o las acciones de conservación definidas en los proyectos son idiosincráticas. Los atributos, indicadores para esos atributos,

y las metodologías para el monitoreo de las amenazas o acciones de conservación son particulares para cada proyecto. El diseño de indicadores y metodologías para esta parte del plan de monitoreo dependerá de las necesidades especiales de cada proyecto de conservación. También se recomienda en este aspecto buscar la asesoría de expertos en los temas de interés para respaldar esta parte del diseño e implementación del plan de monitoreo.

Divulgación de la información de monitoreo

Los planes de monitoreo proveen información sobre el progreso hacia metas de conservación y la efectividad de las acciones de conservación. Este conocimiento es relevante para evaluar el éxito o fracaso de ciertas aproximaciones, puede funcionar para alertar de manera temprana sobre problemas u oportunidades, e incluso sirve para

sensibilizar al público interesado sobre el desarrollo de los proyectos y su importancia en la práctica de la conservación. La buena comunicación de los resultados del monitoreo es indispensable para que la información pueda ser utilizada estratégicamente para mejorar el desarrollo del proyecto y en último caso para evaluar el éxito del mismo (Mace & Baillie 2007).

La información producida por planes de monitoreo puede ser muy extensa e incluir resultados de análisis de datos complejos. Grandes volúmenes de información o los resultados completos de los análisis de datos pueden ser de interés dentro del equipo de trabajo del proyecto o para ciertos públicos, pero no para todos los actores de interés. Los reportes de los resultados del proyecto y las herramientas de divulgación en general necesitan ser diseñados de manera estratégica para comunicar las conclusiones principales y los mensajes clave para diferentes actores. Las conclusiones del monitoreo presentados con gráficas de tendencias en los datos, esquemas o modelos conceptuales que resuman lo encontrado, o incluso mapas y otras formas visuales de comunicación son siempre preferibles. En este sentido, se recomienda la asesoría de alguien experto en buenas prácticas de comunicación para diseñar los materiales de divulgación de los resultados del monitoreo.

Adicionalmente, es recomendable elaborar distintos tipos de herramientas de comunicación para distintos públicos que se quieran abordar con los resultados del monitoreo. Por ejemplo, para los tomadores de decisiones (de instituciones públicas, agrupaciones comunitarias, etc.) los resultados más relevantes serían aquellos útiles para establecer prioridades de manejo o escoger entre alternativas de manejo; mientras que para el público de los practicantes de conservación la información más interesante podría ser sobre las ventajas y desventajas de ciertas acciones de conservación o su aplicabilidad en otros contextos. En general, las conclusiones del monitoreo deben ser presentadas de acuerdo a las metas y acciones propuestas inicialmente en el proyecto, de tal manera que sean útiles para evaluar el éxito del proyecto y generar recomendaciones para la toma de decisiones en conservación.

A large tree fern with a thick, dark trunk and numerous long, feathery fronds is the central focus of the image. It stands in a lush, green forest with other trees and rocks visible in the background. The lighting is natural, suggesting an overcast day.

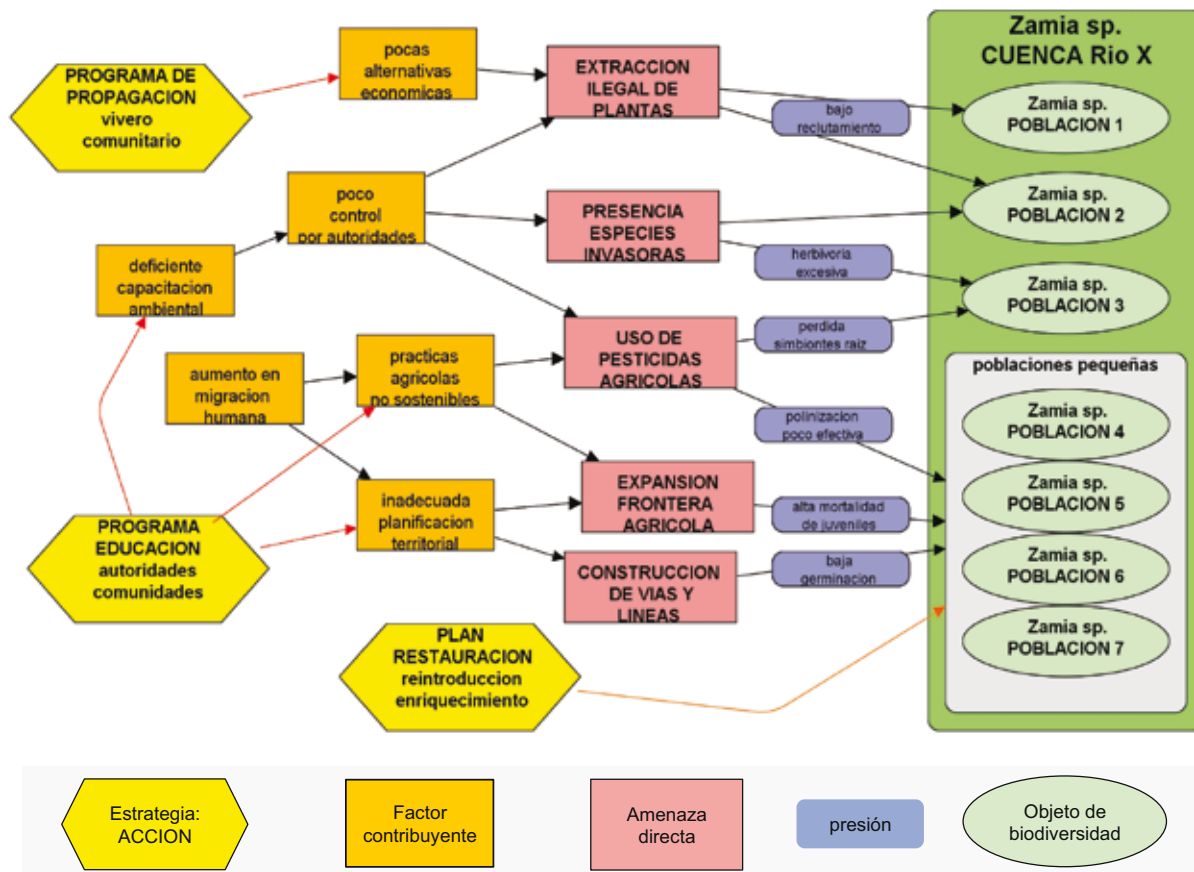
Modelo de un plan de monitoreo para una especie

(en el marco de una estrategia de conservación de especie)

◀ *Zamia encephalartoides* en la región del Chicamocha, Girón, Santander.
Fotografía: C. López

Plan de acción de una “Estrategia de Conservación para Especie (ECE)”

- **Modelo conceptual de la problemática de conservación de la especie:** se elabora usando la revisión del estado de la especie y la formulación de la visión y metas generales de la ECE. Este modelo incluye elementos de biodiversidad (i.e. poblaciones de la especie), amenazas/oportunidades, factores asociados a las amenazas; y es usado para definir los objetivos y las acciones de conservación de la ECE.



- **Componentes de la ECE:** la visión y las metas generales para alcanzar la visión son el fundamento para el Plan de Acción, que incluye los objetivos de conservación y las acciones de conservación para lograrlos.

VISIÓN DEL PROYECTO	METAS (M) PARA ALCANZAR LA VISIÓN
Dentro de 10 años, las poblaciones de <i>Zamia</i> sp. de la Cuenca del Río X están fuera de riesgo de extinción, y sus poblaciones son usadas de manera sostenible por las comunidades humanas locales.	<p>M1. En los primeros 5 años del proyecto la categoría de riesgo cambia de 'en peligro' a 'preocupación menor' por el incremento de 7 a 10 en el número de poblaciones resultado de restauración de poblaciones extintas y por un aumento del 10% en la abundancia total de adultos para la especie.</p> <p>M3. Durante los últimos 5 años del proyecto, las comunidades humanas locales comienzan a usar un porcentaje de las semillas sin perjudicar las poblaciones de la planta, y logran comercializar plantas en la industria ornamental local para suplementar el ingreso económico familiar hasta en un 5% anual.</p>

Nota: no todas las metas para alcanzar la visión del proyecto se describen en este ejemplo.

OBJETIVOS (O) DE CONSERVACIÓN	ACCIONES (A) DE CONSERVACIÓN
M1-O1. Tres poblaciones restauradas, con al menos 250 adultos y presencia de reclutamiento anual (por lo menos 10 individuos) en hábitats de buena calidad (con presencia de polinizadores y cobertura del dosel promedio mayor al 80%) para el quinto año.	A1. Plan de restauración enfocado en reintroducción de individuos en hábitats previamente ocupados por poblaciones.
M1-O2. Para el quinto año, existe un aumento del 20% de los individuos en al menos 4 poblaciones como resultado de un programa de enriquecimiento con adultos y mejoramiento de la supervivencia de juveniles.	A5. Programa de intervención para incrementar la supervivencia de juveniles mediante protección contra agentes de mortalidad críticos (e.g. daño mecánico por ganado).
M3-O6. En el año 10, las familias involucradas en el programa de propagación producen al menos 100 plantas para el comercio, y sus ingresos económicos aumentan al menos en un 5% anual.	<p>A8. Establecimiento de vivero comunitario para la propagación de plantas.</p> <p>A9. Plan de comercialización a nivel local de plantas producidas en el vivero.</p>

Nota: no todos los objetivos y acciones de conservación para cumplir las metas del proyecto se describen en este ejemplo.

Plan de monitoreo para el proyecto de conservación (ECE)

- **Componentes del Plan de monitoreo:** según las necesidades de información para evaluar la efectividad de las acciones y el progreso hacia los objetivos de conservación, se define atributos de interés y los indicadores más adecuados para el monitoreo, y se diseña una metodología de muestreo/análisis de datos y herramientas de divulgación de los resultados.

ATRIBUTO (ATR) DE INTERÉS (OBJETIVO Y ACCIÓN ASOCIADA)	INDICADORES (IND) PARA EL MONITOREO
Atr2. Presencia de reclutamiento en poblaciones restauradas (O1&A1)	Atr2-Ind3. Número de plántulas establecidas anualmente por población.
Atr5. Tamaño de poblaciones sujeto de intervención (O2&A5)	Atr5-Ind6. Número de individuos adultos totales en cada población. Atr5-Ind7. Porcentaje de mortalidad de juveniles comparado con el porcentaje en las poblaciones de referencia (sitios conservados).
Atr8. Ingreso familiar anual producto de la comercialización de plantas (O6&A9)	Atr8-Ind9. Porcentaje del ingreso familiar anual derivado de la venta de plantas en mercados locales.

Nota: no todos los atributos e indicadores necesarios para el monitoreo del proyecto se describen en este ejemplo.

INDICADOR	MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE DATOS	RECURSOS PARA IMPLEMENTACIÓN
Ind3. # plántulas establecidas anualmente	<ul style="list-style-type: none"> censo en la totalidad de la población, de frecuencia anual descripción del reclutamiento en poblaciones restauradas y poblaciones de referencia 	<ul style="list-style-type: none"> personal técnico con experiencia en censos de poblaciones recursos para salidas de campo (censos)
Ind9. % ingreso familiar anual por venta de plantas	<ul style="list-style-type: none"> cálculo del ingreso promedio mensual para algunas familias representativas durante 3 años estimación de la proporción del ingreso por venta de plantas 	personal para seguimiento mensual de las familias, con experiencia en este tipo de muestreos

Nota: no todos los indicadores del plan de monitoreo y la información asociada a ellos se describen en este ejemplo.



◀ Las poblaciones de la especie *Zamia encephalartoides* en la región del Cañón del Río Chicamocha están severamente amenazadas por la destrucción de su hábitat y la explotación ilegal de plantas para su comercio como ornamentales. Una posible acción de conservación para esta especie (entre muchas) es el establecimiento de un programa de propagación para suplementar y mejorar el estado de las poblaciones naturales y para suplir de manera adecuada su demanda en el mercado ornamental.
Fotografía: C. López

Referencias recomendadas

(fuentes de acceso público y disponibles en internet)

CMP -Alianza para las Medidas de Conservación- 2007. Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación, Versión 2.0. CMP, USA.

Disponible en: http://www.conservationmeasures.org/wp-content/uploads/2010/04/CMP_Open_Standards_Version_2_Spanish.pdf

Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W. 1998. Measuring and monitoring plant populations. BLM -Bureau of Land Management-, CO, USA.

Disponible en: <http://www.blm.gov/nstc/library/pdf/MeasAndMon.pdf>

IUCN/SSC -Species Survival Commission- 2010. Strategic Planning for Species Conservation: An Overview, Version 1.0. IUCN, Switzerland.

Disponible en: http://cmsdata.iucn.org/downloads/scsoverview_1_12_2008_2.pdf

Morris, W., Doak, D., Groom, M., Kareiva, P., Fieberg, J. Gerber, L., Murphy, P., Thompson, D. 1999. A practical handbook for population viability analysis. The Nature Conservancy, USA.

Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/pa/tools/A%20Practical%20Handbook%20for%20Population%20Viability%20Analysis.pdf>

Literatura citada

(la mayoría de estas referencias pueden ser obtenidas de manera gratuita en internet, por ejemplo a través de una búsqueda en sitios como “Google académico”)

- Akcakaya, H.R., Sjogren-Gulve, P. 2000. Population viability analysis in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins* 48:9-21.
- Allendorf, F.W., Ryman, N. 2002. The role of genetics in population viability analysis. In: Beissinger, S.R., McCullough, D.R. (ed). *Population viability analysis*. The University of Chicago Press, USA.
- Butchard, S.H.M. *et al.* 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164-1168.
- BIP -Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad- 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. PNUMA World Conservation Monitoring Centre, UK.
- Caro, T.M., O’Doherty, G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology* 13:805-814.
- CDB -Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica- 2010. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 3. CDB, Canada.
- CMP -Alianza para las Medidas de Conservación- 2007. *Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación*, Versión 2.0. CMP, USA.
- CMP -Conservation Measures Partnership- 2013. *Threats and Actions taxonomies for conservation projects*: <http://www.conservationmeasures.org/initiatives/threats-actions-taxonomies/>
- Coulson, T. 2012. Integral projection models, their construction and use in posing hypothesis in ecology. *Oikos* 121:1337-1350.
- Coulson, T., Mace, G., Hudson, E., Possingham, H. 2001. The use and abuse of population viability analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 16:219-221.
- Crone, E.E., Menges, E.S., Ellis, M.M., Bell, T., Bierzychudek, P., Ehrlen, J., Kaye, T.N., Knight, T.M., Lesica, P., Morris, W.F., Oostermeijer, G., Quintana-Ascencio, P.F., Stanley, A., Ticktin, T., Valverde, T., Williams, J.L. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters* 14:1-8.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W. 1998. *Measuring and monitoring plant populations*. BLM -Bureau of Land Management-, USA.

- Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for biodiversity conservation. The Nature Conservancy & Island Press, USA.
- García Martínez, H. 2010. Estrategia nacional de conservación de plantas: actualización de los antecedentes de política y normativos, y revisión de avances desde su publicación. Instituto Alexander von Humboldt, Colombia.
- Heywood, V.H., Iriondo, J.M. 2003. Plant conservation: old problems, new perspectives. *Biological Conservation* 113:321-335.
- IUCN -International Union for the Conservation of Nature- 2010. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria, Version 8.1. Standards and petitions subcommittee IUCN, Switzerland.
- IUCN/SSC -Species Survival Commission- 2010. Strategic Planning for Species Conservation: An Overview, Version 1.0. IUCN, Switzerland.
- Kerr, J.T., Ostrovsy, M. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution* 18:299-305.
- Mace, G.M., Baillie, J.E.M. 2007. The 2010 biodiversity indicators: challenges for science and policy. *Conservation Biology* 21:1406-1413.
- MEA -Millennium Ecosystem Assessment- 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, USA.
- Menges, E.S. 2000. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 15:51-56.
- Miller, P.S., Lacy, R.C. 2005. VORTEX: a stochastic simulation of the extinction process, Version 9.50 User's manual. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Switzerland.
- Morris, W., Doak, D., Groom, M., Kareiva, P., Fieberg, J. Gerber, L., Murphy, P., Thompson, D. 1999. A practical handbook for population viability analysis. The Nature Conservancy, USA.
- Mortelliti, A., Amori, G., Boitani, L. 2010. The role of habitat quality in fragmented landscapes: a conceptual overview and prospectus for future research. *Oecologia* 163:535-547.
- Munzbergova, Z., Ehrlen, J. 2005. How best to collect demographic data for population viability analysis models. *Journal of Applied Ecology* 42:1115-1120.
- Nichols, J.D., Williams, B.K. 2006. Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21:668-673.

- Oostermeijer, J.G.B., Luijten, S.H., den-Nijs, J.C.M. 2003. Integrating demographic and genetic approaches in plant conservation. *Biological Conservation* 113:389-398.
- Perez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorte, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de-Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H.D., ter-Steege, H., van-der-Heijden, M.G.A., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S., Cornelissen, J.H.C. 2011. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61:167-234.
- Poorter, L., Wright, S.J., Paz, H., Ackerly, D.D., Condit, R., Ibarra-Manriquez, G., Harms, K.E., Licona, J.C., Martinez-Ramos, M., Mazer, S.J., Muller-Landau, H.C., Peña-Claros, M., Webb, C.O., Wright, I.J. 2008. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. *Ecology* 89:1908-1920.
- Reed, J. M., Mills, L.S., Dunning, J.B., Menges, E.S., McKelvy, K.S., Frye, R., Beissinger, S.R., Anstett, M.C., Miller, P. 2002. Emerging issues in population viability analysis. *Conservation Biology* 16:7-19.
- Rodriguez, J.P., Bortons, L., Bustamante, J., Seoane, J. 2007. The application of predictive modelling of species distribution to biodiversity conservation. *Diversity and Distributions* 13:243-251.
- Salafsky, N., Margoluis, R., Redford, K.H., Robinson, J.G. 2002. Improving the practice of conservation: a conceptual framework and research agenda for conservation science. *Conservation Biology* 16:1469-1479.
- Sharrok, S. 2012. Global strategy for plant conservation, a guide to the GSPC: all the targets, objectives and facts. Botanic Gardens Conservation International, UK.
- Sheil, D. 2001. Conservation and biodiversity monitoring in the tropics: realities, priorities, and distractions. *Conservation Biology* 15:1179-1182.
- Sodhi, N.S., Ehrlich, P.R. 2010. *Conservation biology for all*. Oxford University Press, USA.
- Stem, C., Margoluis, R., Salafsky, N., Brown, M. 2005. Monitoring and evaluation in conservation: a review of trends and approaches. *Conservation Biology* 19:295-309.
- TNC -The Nature Conservancy- 2013. ConPro: <http://conpro.tnc.org/>
- Wiens, J.A., Hayward G.D., Holthausen, R.S., Wisdom, M.J. 2008. Using surrogate species and groups for conservation planning and management. *BioScience* 58:241-252



Nuestras publicaciones

Las publicaciones del Instituto Humboldt divulgan el conocimiento sobre la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad de Colombia para provecho de su sociedad y hacen parte de sus estrategias institucionales de comunicación, educación y conciencia pública.

www.humboldt.org.co
publicaciones@humboldt.org.co
comunicaciones@humboldt.org.co

ISBN 978-958-8889-11-5



9 789588 889115

