

# **Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá**

Editado por:

**Carolina Puerta-Piñero, Raymond E. Gullison, Richard S. Condit**

Panamá, Marzo 2014



### **Cita:**

Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. 2014. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.

El contenido de esta obra está bajo licencia Creative Commons 4.0 Internacional Attribution



Dra. Carolina Puerta-Piñero. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA). Camino de Purchil s/n. 18004. Granada. España. Correo electrónico: [cpuertapinero@gmail.com](mailto:cpuertapinero@gmail.com).

Dr. Raymond E. Gullison. Hardner & Gullison Associates. Box 2027163 Lancrest Terrace. Lantzville, BC. V0R 2H0. Canadá. Correo electrónico: [ted@hg-llc.com](mailto:ted@hg-llc.com)

Dr. Richard S. Condit. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. 9100 Panama City Pl. Washington DC 20521-9100. EEUU. Correo electrónico: [conditr@gmail.com](mailto:conditr@gmail.com)

## **Agradecimientos**

Los editores queremos agradecer al Dr. Valdespino y su equipo de la oficina del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP) así como a la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) por el apoyo recibido; a Minera Panama S.A. por contribuir con los fondos y promover con el ímpetu para escribir el manual, y, finalmente, a los autores de los capítulos por el gran trabajo realizado para producir lo que esperamos sea una aproximación coordinada y exhaustiva para el monitoreo de la biodiversidad de Panamá. Agradecemos igualmente toda retroalimentación que nos puedan hacer llegar los lectores referente a esta primera versión del manual y deseamos expandir su alcance en el futuro.

# Índice de contenidos

|  |            |
|--|------------|
| Sobre los autores.....   | 7          |
| <b>Sección 1.....</b>  | <b>9</b>   |
| <b>Capítulo 1. Introducción.....</b>   | <b>11</b>  |
| ¿Por qué monitorear la biodiversidad?.....   | 13         |
| Papel de este manual en el apoyo al monitoreo de la biodiversidad en Panamá.....               | 13         |
| La aproximación aquí propuesta.....  | 15         |
| Limitaciones del presente manual y futuras direcciones.....                                    | 16         |
| <b>Capítulo 2. Métodos centrales para el establecimiento del Proyecto de Monitoreo.....</b>    | <b>19</b>  |
| Introducción.....  | 21         |
| Selección de Sitios.....   | 22         |
| Métodos Taxonómicos Básicos.....   | 31         |
| Personal y Capacitación.....   | 32         |
| Permisos y legislación aplicable en la República de Panamá.....                                | 33         |
| <b>Sección 2.....</b>  | <b>53</b>  |
| <b>Capítulo 3. Protocolo para monitoreo de aves en bosques de Panamá.....</b>                  | <b>55</b>  |
| Introducción.....  | 57         |
| Métodos de muestreo.....   | 57         |
| Identificación y manipulación de especies.....   | 66         |
| Capacitación de personal.....  | 67         |
| Presupuesto aproximado y calendario para Panamá.....   | 68         |
| Presentación de datos.....   | 70         |
| <b>Capítulo 4. Métodos estandarizados para muestreo de peces en los arroyos de Panamá.....</b> | <b>73</b>  |
| Introducción.....  | 75         |
| Métodos de muestreo.....   | 76         |
| Identificación y manipulación de especies.....   | 81         |
| Capacitación del Personal.....   | 81         |
| Presupuesto aproximado y calendario para Panamá.....   | 82         |
| Presentación de datos.....   | 84         |
| <b>Capítulo 5. Métodos para inventario y monitoreo de grandes mamíferos.....</b>               | <b>89</b>  |
| Introducción.....  | 91         |
| Métodos de muestreo.....   | 92         |
| Identificación y manipulación de especies.....   | 100        |
| Capacitación del personal.....   | 100        |
| Presupuesto aproximado y calendario para Panamá.....   | 101        |
| Presentación de datos.....   | 103        |
| <b>Capítulo 6. Anfibios y Reptiles.....</b>  | <b>105</b> |
| Introducción.....  | 107        |
| Métodos de muestreo.....   | 107        |
| Identificación y manipulación de especies.....   | 113        |
| Capacitación del Personal.....   | 116        |
| Presupuesto aproximado y calendario para Panamá.....   | 118        |
| Presentación de datos.....   | 119        |
| <b>Capítulo 7. Métodos para inventario y monitoreo de vegetación leñosa en Panamá.....</b>     | <b>121</b> |
| Introducción.....  | 123        |
| Métodos de muestreo.....   | 123        |

|  |            |
|--|------------|
| Colección e identificación de especies.....                        | 150        |
| Personal y capacitación para el censo de árboles.....              | 155        |
| Mano de obra y presupuesto estimados para el censo de árboles..... | 158        |
| Presentación de los datos.....                                     | 161        |
| <b>Sección 3.....</b>  | <b>169</b> |
| <b>Capítulo 8. Presentación y análisis de datos.....</b>           | <b>171</b> |
| Tablas de datos básicos.....                                       | 173        |
| Resultados básicos de sitio  | 175        |
| Biomasa forestal   | 179        |
| Listado de especies  | 179        |
| Abundancia y distribución de especies                              | 180        |
| Análisis y modelos.....  | 182        |
| Especies de interés  | 184        |
| Especies indicadoras   | 184        |
| Acumulación de especies y análisis especie-área                    | 190        |
| Resumen del estado del bosque                                      | 192        |
| <b>Bibliografía.....</b>   | <b>194</b> |

# Sobre los autores

**Dr. Paul L. Angermeier** es científico de investigación en el US Geological Survey destinado en la unidad de investigación de Pesquerías e investigación en vida salvaje en la universidad Virginia Tech (EEUU), departamento de pesquerías y conservación de vida salvaje. Sus principales intereses de investigación incluyen la ecología y conservación de peces de agua dulce, la provisión y uso de servicios ecosistémicos acuáticos, y valoraciones de calidad ambiental del agua basados en la biota residente.

**Dr. Roberto Ibáñez** es director del programa de rescate y conservación de anfibios y científico asociado en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá y profesor en la Universidad de Panamá. Ha participado en varios proyectos enfocados en el monitoreo y conservación de la biodiversidad en la cuenca del canal de Panamá. Ha publicado una guía de anfibios de tierras bajas de Panamá central. Él también ha sido un integrante activo de la red de investigación y análisis de anfibios neotropicales (The Research and Analysis Network for Neotropical Amphibians, RANA).

**Ldo. Rolando Pérez** Rolando Alberto Pérez Mendieta Centro de Ciencias Forestales del Trópico. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Ha estado encargado de dirigir y supervisar los censos de 1995, 2000, 2005 y 2010 en la parcela de cincuenta hectáreas de la isla de Barro Colorado. República de Panamá. En los últimos años ha visitado, trabajado y supervisado estudios en parcelas de bosques tropicales en varios países (Panamá, Brasil, Ecuador, Colombia, Perú y Estados Unidos).

**Dr. W. Douglas Robinson**, Departamento de pesquerías y vida salvaje, laboratorio de biología Oak Creek, Oregon State University, Corvallis, Oregon EEUU. Estudia las dinámicas de comunidades de aves y cómo las aves responde a cambios ambientales. Estudia aves en los trópicos desde 1992, incluyendo evaluaciones de cómo la fragmentación de los bosques afectan a las aves en Panamá y Costa Rica. Ha trabajado en el estudio de las aves en Panamá cada año desde los últimos 21 años.

**Dr. Richard S. Condit** es científico del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá desde hace 22 años. Sus intereses en poblaciones de animales y plantas silvestres son amplios, incluyendo mamíferos marinos, aves, microbios, y mayoritariamente bosques y árboles, así como historia natural y guías de campo sobre estos organismos han sido sus principales líneas de interés en su carrera. Entre sus muchas aportaciones a la ciencia se incluyen más de 160 artículos científicos, un libro de métodos para el mapeo y medidas de parcelas de árboles y una guía de los árboles de Panamá.

**Dr Patrick A. Jansen** es investigador asociado al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá y profesor en la Universidad de Wageningen (Países Bajos). Sus principales intereses incluyen la interacción entre vertebrados y plantas, tales como dispersión de semillas o herbivoría. Tiene 25 años de experiencia científica en bosques tropicales. El Dr. Jansen coordina el programa de vertebrados del observatorio global terrestre del instituto Smithsonian (SIGEO), una red global de parcelas de bosque. Además participa en la red de monitoreo y valoración de ecología tropical (Tropical Ecology Assessment and Monitoring, TEAM) que incluye monitoreos extensivos con cámaras trampa en bosques tropicales en todo el mundo.

**Dr. James H. Roberts** es investigador asociado al departamento de pesquerías y conservación de vida salvaje en la universidad Virginia Tech (EEUU) Su investigación busca entender la ecología de dispersión, dinámicas de metapoblaciones, regulaciones de la comunidad, y conservación genética de peces de agua dulce. Además desarrolla técnicas novedosas no invasivas para el muestreo de poblaciones de peces. En los últimos 15 años, ha muestreado peces a lo largo de Norteamérica utilizando una amplia variedad de técnicas y protocolos.

# Sección 1



# Capítulo 1. Introducción

**Raymond E. Gullison, Richard S. Condit, Carolina Puerta-Piñero**

Cita:

Gullison R.E., Condit R.S., Puerta-Piñero C. 2014. Introducción. Pp 10-16. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## **¿Por qué monitorear la biodiversidad?**

La biodiversidad es la variedad que existe en las cosas vivas, incluyendo variaciones a niveles genéticos, de especies, de ecosistemas y de paisaje. Como parte del mundo natural, la biodiversidad es importante por sí misma, pero también proporciona a los humanos servicios ecosistémicos esenciales, tales como contribución a la regulación de la calidad y cantidad de agua, provisión de carne silvestre y madera y parte fundamental como fuente de diversidad genética para cosechas de alimentos y medicinas.

Son muchas las razones por las cuales es conveniente evaluar y monitorear la biodiversidad. Entre ellas podemos mencionar:

- Para comprender los patrones de biodiversidad a diferentes escalas espaciales, desde sitios concretos de interés hasta países enteros.
- Para comprender cómo diversos impactos, ya sean naturales o antropogénicos, tales como el cambio climático, el cambio en uso del suelo y el desarrollo industrial influyen en la biodiversidad.
- Para comprender la efectividad de diferentes tipos de acciones de manejo que se asumen para mejorar o proteger la biodiversidad.
- Las áreas protegidas constituyen uno de los sitios más importantes para monitorear la biodiversidad. Los parques naturales funcionan como salvaguardas para proteger la biodiversidad y además funcionan como “controles ecológicos”. Así, si comparamos la biodiversidad fuera de los parques con la relativamente intacta biodiversidad dentro de ellos, podremos comprender mejor cuáles son los impactos de las acciones humanas en el medio ambiente.

## **Papel de este manual en el apoyo al monitoreo de la biodiversidad en Panamá**

Hoy día, Panamá, como otros muchos países, no cuenta con una metodología estándar fiable para el monitoreo de la biodiversidad. La falta de una metodología estándar da origen a, por lo menos, dos problemas importantes. El primer problema es que la falta de directrices en protocolos de monitoreo robustos y diseño de muestreo lleva a recopilar información que no satisface los objetivos para los cuales fue colectada. Por ejemplo, si no se diseñan de forma rigurosa los muestreos para dar apoyo a una asesoría ambiental, podrían fallar en detectarse especies o ecosistemas sensibles que quizás precisen de medidas compensatorias especiales. El segundo problema es que la falta de una

metodología consistente que se utilice uniformemente en todos los sitios no permite que se compare directamente la información sobre biodiversidad de los diferentes sitios y, por ende, no permite que se comprendan correctamente los patrones de biodiversidad a escalas espaciales mayores. Por ejemplo, si la abundancia de especies de aves se monitorea de forma diferente en diferentes áreas protegidas, podría no ser posible combinar la información para declarar qué área protegida cuenta con poblaciones con una mayor viabilidad la cual, por tanto, sería la más importante para la protección de las especies.

He aquí algunos ejemplos específicos sobre cómo diferentes grupos podrían beneficiarse de seguir los métodos de monitoreo de biodiversidad que el presente manual describe:

**Gobiernos:** potencialmente, los gobiernos son los mayores beneficiarios de adoptar metodologías estandarizadas y robustas para el monitoreo de la biodiversidad. Estos métodos pueden utilizarse para ayudar a los ministerios ambientales a conocer la biodiversidad de sus territorios y apoyar a la planificación de uso del suelo integrado que ayude a conservar estas especies, a la vez que satisface objetivos sociales y económicos.

Existen muchas otras formas en que los gobiernos podrían beneficiarse de la adopción de las metodologías descritas en este manual.

1. Los métodos incluidos en el presente manual pueden utilizarse para ayudar a evaluar cuán bien los administradores de las áreas protegidas mantienen la biodiversidad dentro de las mismas.
2. Pueden utilizarse para dar apoyo a evaluaciones ambientales y planes de mitigación para grandes proyectos industriales, tales como minas o desarrollos energéticos.
3. Estos métodos pueden utilizarse para informar de otros problemas a los tomadores de decisiones, tales como el manejo de grandes depredadores, el desarrollo de planes de manejo del bosque para aprovechamiento de la madera e inventarios de gases de efecto invernadero en diferentes tipos de usos del suelo y tipos de coberturas del suelo.

**Científicos:** los científicos se beneficiarán de los métodos estandarizados para el monitoreo de la biodiversidad porque mediante ellos podrán mejorar la calidad de sus propios datos e incrementarán su comparabilidad con datos recolectados por otras fuentes.

Otros grupos, como ONGs con base científica, naturalistas y terratenientes particulares interesados en el tema, también podrán beneficiarse con los métodos descritos en este manual.

Esperamos que este manual proporcione una metodología estándar para el monitoreo de la biodiversidad y que, como resultado, ayude a mejorar la calidad y la consistencia del trabajo que se

lleva a cabo en sitios individuales, así como que permita comparar la biodiversidad entre diferentes sitios. De esta forma, se incrementará el conocimiento sobre la biodiversidad de Panamá a la vez que mejorarán las bases científicas para su manejo.

## **La aproximación aquí propuesta**

Este manual propone un método que proporciona una sencilla serie de protocolos básicos y significativos para el monitoreo de la biodiversidad, junto con directrices efectivas para el diseño de monitoreo (decidiendo dónde y cómo medir la biodiversidad en el paisaje).

Los métodos descritos en este libro pueden utilizarse para llevar a cabo estudios de línea de base iniciales o monitoreo de la biodiversidad en un determinado sitio. El remuestreo periódico de los mismos sitios ayudará a entender cómo cambia la biodiversidad a lo largo del tiempo.

La metodología permitirá calcular índices y estimas de biodiversidad, como son la abundancia absoluta o relativa de especies, la diversidad de asociaciones o comunidades de especies o conocer cuál es la diversidad estructural y biomasa de los bosques.

Creemos que el desarrollo de un método pragmático para el monitoreo de la biodiversidad es más apropiado que prescribir una aproximación altamente técnica e inclusiva, cuya implementación sería dificultosa y poco práctica para biólogos sin un fuerte perfil técnico.

Los componentes básicos de nuestra aproximación son:

Este manual hace énfasis en la biodiversidad de hábitats forestales. Sin embargo, muchos de los protocolos aquí descritos funcionarán con otros tipos de hábitats naturales o en bosques degradados. Mediante consultas con expertos locales se podrá sopesar si estos métodos serían adecuados para hábitat no-forestal y también para garantizar que se modifiquen en caso de ser necesario.

En esta primera entrega, hemos seleccionado grupos taxonómicos (aves, mamíferos grandes, anfibios, reptiles, árboles y peces de agua dulce) para constituir una base práctica y confiable para el monitoreo de especies y diversidad de la comunidad.

Proporcionamos una descripción completa del protocolo de monitoreo utilizando términos no-técnicos, para que sea entendido incluso por quienes no sean especialistas en la disciplina.

Proporcionamos reglas generales para el diseño de monitoreo (número y distribución de puntos de monitoreo en un paisaje) evitando hacer una aproximación excesivamente técnica.

Cada capítulo ha sido escrito por un experto reconocido en el campo; todos los autores cuentan con experiencia en Panamá o en hábitats sub-tropicales y tropicales similares. El Capítulo 2 versa sobre

asuntos que son comunes al monitoreo de todos los grupos taxonómicos a que se refiere este manual. En la Sección 2 del manual, los Capítulos 3-7 describen protocolos específicos para taxones de aves, peces, grandes vertebrados, anfibios y reptiles y plantas respectivamente. El Capítulo 8 (Sección 3) está dedicado al manejo y análisis general de los datos colectados. Cada capítulo tiene el objetivo de:

- Recomendar protocolos de monitoreo específicos
- Discutir desafíos relacionados con la identificación y manejo de especies
- Describir qué capacitación precisa el personal para implementar la metodología en el campo
- Identificar temas logísticos clave y, finalmente
- Emitir recomendaciones para la colecta y almacenamiento de datos.

La conclusión del manual presenta métodos analíticos que pueden utilizarse para calcular una serie de especies de estudio y medidas de comunidades útiles para describir los resultados del monitoreo.

Al final del manual aparecen referencias y recursos para los lectores que deseen profundizar con material más técnico sobre las metodologías descritas en el documento.

## **Limitaciones del presente manual y futuras direcciones**

Como se mencionó anteriormente, este manual pretende proporcionar una serie práctica de protocolos clave para el monitoreo de la biodiversidad que puedan utilizarse para diversos propósitos en sistemas forestales. Sin embargo, esta metodología general no está comprobada como adecuada para algunas aplicaciones y el lector deberá buscar directrices para modificarla según sea el caso. Este manual no cubre los siguientes temas:

- Cómo generar cálculos confiables sobre abundancia de especies raras/ inconspicuas – tales especies son demasiado raras o crípticas para ser detectadas eficazmente con las metodologías generalistas que el presente manual describe; se requerirían metodologías diseñadas específicamente para estas necesidades.
- Directrices detalladas para llevar a cabo análisis de potencia (“power analyses”) – se proporcionan directrices generales para garantizar que se colecten suficientes muestras en un determinado sitio, pero un tratamiento estadístico queda fuera del alcance de este manual y de los protocolos básicos.
- Protocolos de monitoreo de biodiversidad para otros taxa – no se incluyen en este manual metodologías para varios otros grupos taxonómicos diversos y potencialmente importantes, por ejemplo para invertebrados, insectos, murciélagos, herbáceas, helechos, musgos, hepáticas y hongos, entre otros.
- Protocolos de monitoreo de biodiversidad para hábitats raros o sensibles – no se proporcionan

metodologías para hábitats como pantanos, ciénagas o áreas particularmente perturbadas.

- El uso que hacen los humanos de la biodiversidad– este manual no incluye protocolos que puedan medir directamente las presiones antropogénicas a que se enfrenta la biodiversidad, tales como cacería, colecta de especies para el mercado de mascotas y tala.
- Descripción global sobre posibles análisis estadísticos post hoc – este manual describe cómo calcular medidas básicas y significativas a partir de los datos de muestreos, pero no proporciona una explicación técnica total y detallada sobre las estimaciones posibles que podrían ser empleadas
- Metodologías para evaluar la biodiversidad a nivel inferior al de especies –el presente manual está orientado a estudio de especies, comunidades (asociaciones de especies) y estructura forestal. No proporciona directrices para el estudio de la diversidad genética, por ejemplo.

Todos estos temas podrían ser tratados en futuras versiones del presente manual. Instamos a los usuarios a proporcionar retroalimentación para que las futuras revisiones se adecuen a sus necesidades con la mayor precisión y adecuación posible.



# **Capítulo 2. Métodos centrales para el establecimiento del Proyecto de Monitoreo**

**Richard S. Condit, Raymond E. Gullison, Carolina Puerta-Piñero**

Cita:

Condit R.S., Gullison R.E., Puerta-Piñero C. 2014. Métodos centrales para el establecimiento del proyecto de monitoreo. Pp 18-51. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## Introducción

Este capítulo versa sobre varios aspectos de los métodos que se requieren para el proyecto completo, cubriendo el monitoreo de todos los grupos taxonómicos. Se incluye la selección de sitios de muestreo, ya que consideramos que es de suma importancia – en la medida de lo posible – tomar muestras de árboles y vertebrados en los mismos sitios del bosque. La excepción de esta regla reside en el monitoreo de grandes vertebrados, que cubrirá áreas mucho más grandes que los demás grupos taxonómicos que cubre este manual.

Para iniciar nuestro programa de posicionamiento de una red de sitios para monitoreo, debemos elegir un área con bosques que sean casi homogéneos en lo que se refiere al ambiente, es decir, que sólo haya una variación modesta en clima o elevación (incluyendo recomendaciones precisas sobre cuánta variación puede considerarse “modesta”). Estas serían áreas generalmente de menos de 20,000 hectáreas (o 200 km<sup>2</sup>), y aunque algunas podrían llegar a ser tan grandes como 50,000 ha (500 km<sup>2</sup>) en áreas inusualmente extensas homogéneas. En un área de estudio así se deberá elegir una red con un mínimo de seis hasta un máximo de 15 localizaciones para monitoreo, obedeciendo a las directrices precisas que se presentan a continuación. El monitoreo de plantas, aves arbóreas, primates, fauna de ríos, reptiles y anfibios se llevará a cabo en cada uno de esas localizaciones. El monitoreo de grandes vertebrados, sin embargo, se extenderá a lo largo del área total de estudio.

Este capítulo también contempla las necesidades del personal durante todo el proyecto, es decir, los supervisores y coordinadores de todo el trabajo e incluye alguna información clave sobre necesidades taxonómicas. La Sección 2 incluye métodos precisos para el estudio de grupos taxonómicos individuales; expandiendo los temas tratados en el presente capítulo y añadiendo detalles de métodos de campo, necesariamente diferentes para organismos tan dispares como árboles, peces, aves, etc.

Por último, incorporamos un apartado relativo a permisos y legislación en Panamá. Esperamos que sea de utilidad para la correcta planificación de proyectos de monitoreo como los que se describen en este manual.

## **1. Selección de Sitios**

Recomendamos que los estudios de todos los grupos taxonómicos se lleven a cabo en un grupo común de sitios. Pero, por supuesto, es imposible censar peces, aves, árboles y jaguares en exactamente el mismo terreno. Nuestra intención es delimitar los sitios de muestreo a parcelas de 1 km<sup>2</sup> y que cada grupo taxonómico sea monitoreado dentro de dicha extensión. Son tres las razones principales para llevar a cabo un monitoreo conjunto de esta manera: 1) el trabajo de campo y el transporte serán más eficientes si todos los equipos trabajan en la misma área; 2) los resultados de los diferentes grupos pueden apoyarse entre sí; a manera de ejemplo, la altura y densidad del dosel de los árboles quizás sea relevante para peces y ranas; 3) los cambios a largo plazo que experimentan los grupos se medirán en los mismos sitios, así que el impacto de las perturbaciones podrá evaluarse en todos los taxones a la vez. Somos conscientes, sin embargo, que existen consideraciones de detalle de diferentes grupos que quizás precisen de sitios donde sólo se estudien una subgrupo de los grupos taxonómicos.

Ya que los bosques tropicales de Panamá son ricos en biodiversidad, se hace necesario replicar los sitios de muestreo. La dificultad reside en que muchas especies son poco comunes o raras y no se les encuentra en grandes números. Para capturar resultados estadísticamente válidos sobre abundancia de la mayor parte de la comunidad y documentar la presencia de varias especies raras, se deberá considerar con cuidado el tamaño mínimo de muestreo necesario.

Hasta en las áreas pequeñas de bosque (< 5000 ha) en terreno razonablemente homogéneo, se deberían monitorear árboles y vertebrados en un mínimo de seis sitios. En áreas mucho más grandes, que cubran > 10,000 hectáreas y presenten variación en elevación y clima, se deberán monitorear un mínimo de entre 20 y 30 sitios. Incluso hasta ese número podría resultar insuficiente en el caso de los bloques boscosos más grandes de Panamá, los cuales abarcan más de 250,000 ha. Los monitoreos y censos a llevarse a cabo en cada uno de estos sitios se explican detalladamente en cada capítulo respectivo de la Sección 2. En este capítulo se proporcionan directrices sobre cómo ubicar los sitios de muestreo en toda la región.

### **1. 1. Necesidades preliminares para la selección de sitios**

En Panamá hay disponibles mapas adecuados y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La cuidadosa selección de los sitios para el estudio requiere que se conozcan bien tanto el

terreno como los tipos de vegetación. Se requiere un mapa topográfico del área total, que incluya carreteras (todas las que puedan transitarse con vehículo todo-terreno), arroyos y asentamientos humanos. Un mapa de uso de la tierra que muestre bosques y terrenos agrícolas deberá superponerse al anterior.

Dos tareas adicionales son también importantes antes de comenzar, ya que la mayoría de mapas disponibles carecen de ciertos elementos. Primero, deberán mapearse los senderos que atraviesan el bosque utilizando un GPS de mano. Segundo, deberá añadirse cualquier arroyo que fluya permanentemente y que no esté localizado en el mapa topográfico. En bloques muy grandes de bosque, podría no ser factible mapear cada arroyo o sendero. La alternativa entonces es, primero leer nuestras recomendaciones de abajo para muestreo y, después mapear un sub-grupo de arroyos y senderos de la región elegidos al azar. Estas dos últimas características deberán fusionarse con el mapa principal o SIG.

## **1.2. Una cuadrícula al azar para muestreo en bosques pequeños**

Primero deberá considerarse un área propuesta para el estudio, un bosque que cubra  $< 5000$  ha que sea relativamente homogénea en términos de elevación y clima y en la cual sólo drene un río principal. Se deberá ubicar en el mapa todos los arroyos del bosque y se deberán identificar el más grande y el más pequeño que fluyan de forma permanente. En esa área, se deberán llevar a cabo monitoreos efectivos de las especies presentes, en seis sitios ubicados de tal forma que no haya dos dentro de 1.5 km uno del otro.

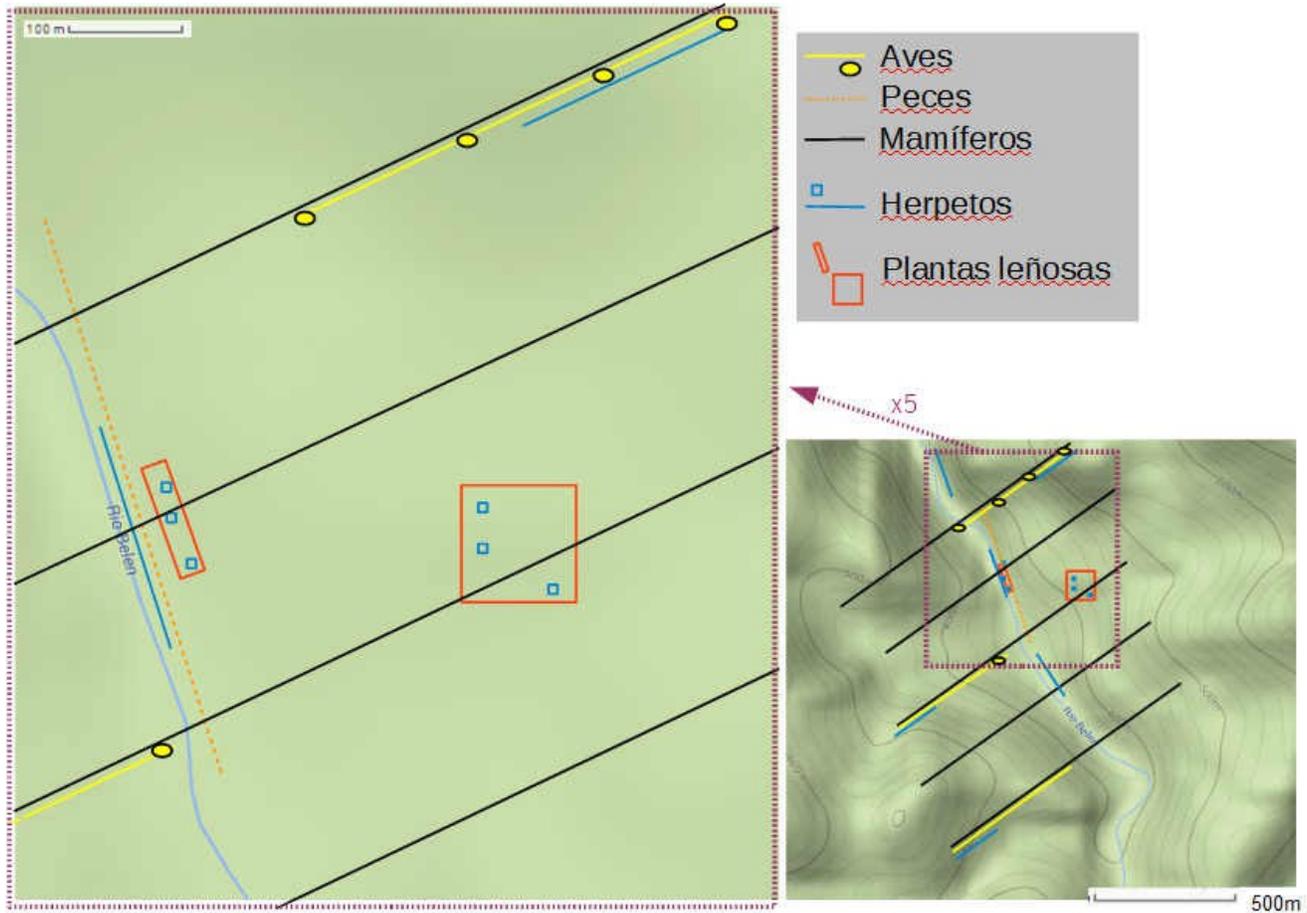
Si hubiera un solo arroyo, deberán ubicarse los sitios a intervalos al azar a lo largo del mismo, espaciados entre sí  $> 1.5$  km; si hubiera dos arroyos, se deberán trazar tres sitios en cada uno, etc. Las localizaciones deberán ser elegidas con un mapa antes de ir al campo (véase Figura 2.1 a modo de ejemplo). Después de trazar las localizaciones iniciales en los arroyos, un sitio compañero deberá elegirse para cada uno de los seis. El sitio compañero deberá estar a  $> 500$  m pero  $< 1000$  m de distancia perpendicular al arroyo y su sitio de muestreo. Cada sitio compañero se elegirá en un lado al azar del arroyo (i.e., derecha o izquierda, en dirección río abajo) y con un número de 500 a 1000, también de forma aleatoria. Tomar nota nuevamente: esto se hará en un mapa, antes de ir al campo (Figura 2.1).



**Figura 2.1** Arreglo de sitios de muestreo en un bosque pequeño. El hipotético muestreo tiene como objetivo cubrir 10,000 ha de bosque en el Parque Nacional de Soberanía. El mapa de base muestra el terreno real y ubicación de los arroyos en el área. Dada el área a cubrir, recomendamos 8 sitios de muestreo, localizados cerca de arroyos de valles (numerados del 1 al 8) y dos sitios en crestas situados a  $> 1$  km de los arroyos (números 9 y 10). Se han mapeado cinco arroyos principales: los sitios 2 y 3 se encuentran en un arroyo y los 6 y 7 en otro, en ambos casos espaciados entre sí por al menos 1.5 km. El resto de arroyos principales tienen cada uno un sitio de muestreo. Las líneas negras representan 2 km correspondientes a las líneas base de monitoreo de árboles, aves, anfibios, reptiles y peces. Detalles de disposición de parcelas y transectos cerca de estas líneas de 2 km se darán en los capítulos específicos para cada taxón. Las cámaras destinadas al censo de grandes mamíferos se establecerán en una rejilla a lo largo de toda el área del bosque mostrada en el mapa.

Cuando se elijen sitios siguiendo este algoritmo arbitrario, existe la posibilidad de que sea imposible llegar a algunos de ellos o quizás algunos queden fuera del área de estudio. En tal caso, se deberá repetir la selección aleatoria hasta que se logre ubicar un sitio adecuado.

Los estudios de peces, anfibios y reptiles se llevarán a cabo en cada una de las seis localizaciones de arroyos. Los seis sitios compañeros formarán la base de monitoreo terrestre adicional de árboles, aves arbóreas, primates y anfibios y reptiles (véase la Figura 2.2 a modo de ejemplo hipotético y tabla 2.1 para calendario recomendado para todos ellos). Los capítulos pertinentes a la Sección 2 incluirán detalles de cómo deberán llevarse a cabo los censos de cada grupo.



**Figura 2.2** Esquema que muestra un ejemplo hipotético de sitio de estudio. Se incluyen la ubicación espacial (a escala aproximada) de los procedimientos de campo para todos los taxa. Consultense los capítulos específicos para cada taxon para más detalles y capítulo 5 para un ejemplo de arreglo espacial para las cámaras trampa.

Las cámaras trampa que se utilizan para el censo de grandes vertebrados como felinos, venados y tapires deberán colocarse en un área más amplia que el sitio de muestreo particular. Ya que una serie típica de 60-100 cámaras cubrirían un área de aproximadamente 10,000 hectáreas (100 km<sup>2</sup>), una sola red de cámaras deberá colocarse de forma que cubra 10 de los sitios locales. El Capítulo 5 incluye instrucciones precisas para metodologías de la la red de cámaras.

**Tabla.2.1. Cronograma recomendado para el monitoreo de la biodiversidad en Panamá. Las celdas en gris muestran los meses recomendados para realizar el trabajo de campo. Consúltense los capítulos individuales relativos a cada taxa (entre paréntesis) para más detalles. En la medida de lo posible, se recomienda encarecidamente que el proyecto global comience en enero, coincidiendo con el inicio de la época seca. Para ello, la selección de sitios en oficina y campo deberá ser realizada antes del inicio del proyecto (idealmente noviembre-diciembre).**

| Taxón                            | Mes del año |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Duración total estimada (por sitio) |
|----------------------------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------|
|                                  | E           | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |                                     |
| <b>Aves</b> (Cap 3)              |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 15-30 días                          |
| <b>Peces</b> (Cap 4)             |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1-5 días (x2 veces al año)          |
| <b>Mamíferos</b> (Cap 5)         |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1-2 meses                           |
| <b>Herpetos</b> (Cap 6)          |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 10-12 días (x4 veces al año)        |
| <b>Vegetación leñosa</b> (Cap 7) |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1-2 semanas                         |

### 1.3. Grandes sitios boscosos y heterogeneidad en Panamá

Se deberá considerar la heterogeneidad ambiental en las áreas propuestas para estudio que se extiendan más de 5000 ha. Se deberán tener en cuenta los tres ejes principales de variación de los bosques de Panamá: elevación, cuencas y distancia a la costa del Pacífico. La última substituye a ‘precipitación pluvial’, ya que la lluvia se incrementa sustancialmente al moverse desde el Pacífico hacia el Caribe. Para cada gradiente, definiremos zonas importantes.

#### 1.3.a. Gradientes ambientales en Panamá

**Elevación.** Existe una tendencia razonablemente consistente a lo largo de varios grupos taxonómicos de Panamá: las comunidades de especies cambian aproximadamente a los 750 m y 1500 m sobre el nivel del mar. Aunque esto no es enteramente consistente, funciona bien como regla general cuando se seleccionan los sitios. Esto nos lleva a recomendar que cualquier área de bosque se divida en 3 zonas, según la elevación: 0-750 m, 750-1500 m y > 1500 m. Nótese que no hay un número importante de bloques boscosos en Panamá que cubran las tres, a menos que sean parques nacionales sumamente grandes.

**Cuencas.** Será de gran beneficio para medir la variación de especies acuáticas definir los diferentes drenajes fluviales. Tres consideraciones deben tomarse en cuenta: en primer lugar, cualesquiera drenajes de ríos en sitios opuestos a la división continental deberán separarse en dos zonas de muestreo.

Segundo, si un área boscosa tiene dos grandes ríos que desembocan de forma separada en el océano, sus cuencas deberán considerarse separadas. Tercero, cualesquiera dos grandes ríos en las tierras bajas separados por una ladera montañosa (collado) de elevación de  $> 750$  m deberán considerarse zonas separadas. El criterio para identificar ‘grandes ríos’ es relativamente arbitrario y serán los biólogos con experiencia en el área quienes deban decidir. Sólo los grandes bloques boscosos de Panamá cubrirán más de un drenaje, según estos criterios.

**Precipitación.** La distancia desde el océano Pacífico satisfactoriamente sustituye la precipitación pluvial en cualquier bloque boscoso de Panamá. Cualquier zona boscosa cuyos bordes se expandan un rango  $> 10$  km desde la costa del Pacífico deberá dividirse en sub-grupos. En este caso, ‘zona boscosa’ se refiere a la división basada en el criterio 1 (Elevación) y 2 (Cuencas), es decir, que la región total del estudio ya ha sido dividida en zonas de elevación y cuencas. Luego de definir dichas zonas, se debe hallar la distancia mínima ( $D_{min}$ ), como la distancia desde un borde de la zona boscosa hasta el Pacífico (i.e., el área del bosque que está más cerca del océano Pacífico). Luego deberá hallarse la distancia máxima ( $D_{max}$ ), la distancia del borde opuesto de la misma zona boscosa hasta el Pacífico (i.e., el área del bosque a mayor distancia del océano Pacífico). Si  $D_{max}-D_{min} > 10$  km, entonces la zona exhibe importantes variaciones en cuanto a precipitación fluvial y deberá dividirse más, en zonas más pequeñas.

### **1.3. b. Bosque de tamaño mediano sin heterogeneidad**

La primera consideración para áreas más grandes de bloques boscosos de  $> 5000$  ha pero que carecen de la heterogeneidad fue descrita en la sección previa. En Panamá, esto se traducirá generalmente a  $< 20,000$  ha, porque las áreas más grandes sí tendrán heterogeneidad. Con 5000-10,000 ha, debería obtener ocho sitios de muestreo, y para 10,000-20,000, diez (Tabla 2.2, muestras núcleo). Si se escogen áreas homogéneas mucho mayores, pueden añadirse sitios adicionales (Tabla 2.2).

### **1.3.c. Cadena de valles y crestas**

Para el muestreo de bosques más vastos que 5,000 ha, se deberá añadir un importante eje ambiental a las consideraciones; esto es el gradiente desde el fondo de los valles hasta las cimas de las crestas, el que es relevante sólo para comunidades terrestres. La unidad de muestreo definida en el apartado 1.2

del presente capítulo, denominada muestra núcleo, mide 1 km<sup>2</sup> y se extiende a 1 km fuera de los arroyos, y en áreas montañosas como Panamá, tal muestra excluiría las altas cumbres que podrían estar a muchos kilómetros del arroyo más próximo. Cuando haya tales crestas, se deberán elegir al azar 2-4 sitios para muestreo terrestre cerca de las cimas de las crestas (Tabla 2.2, muestras en crestas). En áreas de < 5000 ha, asumiremos que las muestras núcleo a < 1 km de los arroyos cubren adecuadamente la variación terrestre, así que no se necesitarán muestras de crestas.

| <b>Tabla 2.2. Tamaño muestral en bosque homogéneo. Las muestras núcleo son unidades de 1 km<sup>2</sup> que cubren grupos acuáticos y terrestres. Las muestras de crestas estarán en un sitio lejos del arroyo y sólo incluirán grupos terrestres.</b> |                 |                     |
|--|-----------------|---------------------|
| Área   | Muestras núcleo | Muestras de crestas |
| <5000  | 6               | 0                   |
| 5000-10,000  | 8               | 2                   |
| 10,000-20,000  | 10              | 2                   |
| 20,000-50,000  | 15              | 4                   |

### **1.3.c. Bosques heterogéneos**

Si la región de bosque objeto de estudio es heterogénea en cuanto a elevación, cuencas y distancia al Pacífico, el muestreo se deberá estratificar como lo indica la Tabla 2.2. Las reglas de la Tabla 1 indican que se debe hacer una división por zonas: la región total del bosque se dividirá en zonas más reducidas y se deberá mapear y estimar el área de dichas zonas. La Tabla 2 indicará el número de muestras requerido para cada zona individual < 50,000 ha.

### **1.3.d. Facilidad de acceso**

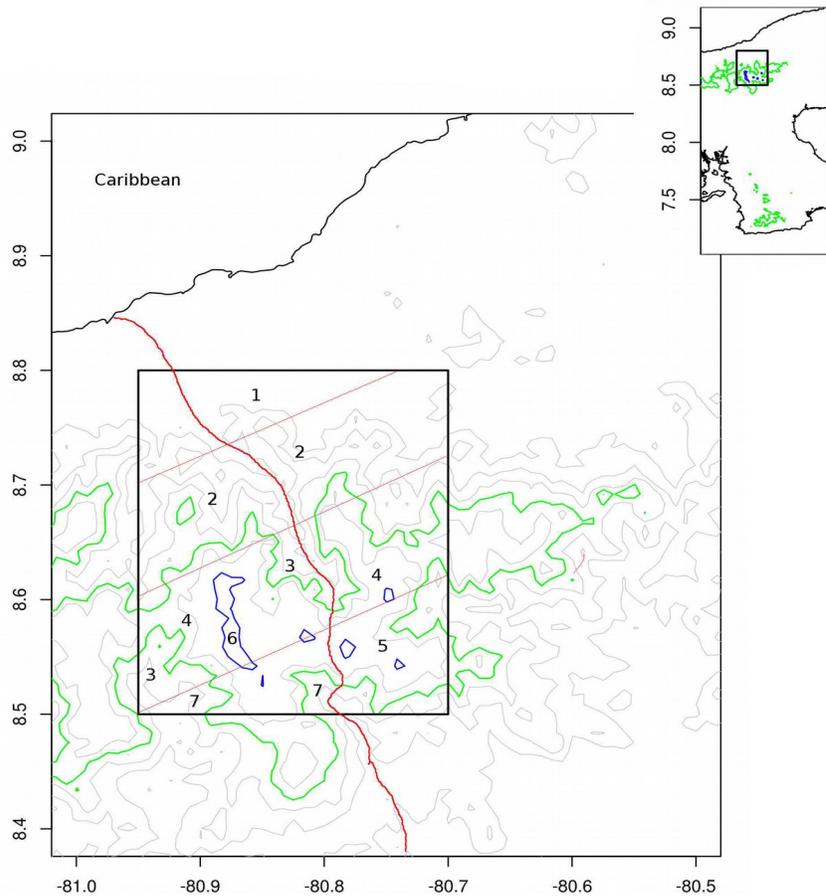
Antes de elegir los sitios en cada zona, siguiendo las reglas ilustradas en la Figura 1, hay un aspecto adicional que deberá considerarse. Un factor crucial para entender la biota natural de Panamá es el impacto que ejercen las personas que cazan grandes vertebrados o que cosechan madera u otras plantas. Esto hace que los bosques cercanos a asentamientos y carreteras estén generalmente alterados. Al contrario, las regiones que podrían aproximarse a un estado prístino, donde se encuentren las comunidades de grandes vertebrados y mayor biomasa forestal son generalmente remotas y están ubicadas lejos de las carreteras.

Aunque, es trabajoso hasta para los biólogos penetrar los bosques inaccesibles, debemos esforzarnos por muestrear las comunidades remotas; en la mayoría de casos, se requiere de un día completo de caminata (o quizás a lomos de bestias) en terreno verdaderamente escabroso. Es poco práctico, muestrear en un gran número de sitios remotos pues resulta difícil y costoso y toma mucho tiempo. Sin embargo, evitar dichos sitios remotos por completo ocasionará un gran sesgo en el muestreo, ya que se omitirían áreas donde es más probable hallar biota intacta.

Recomendamos, pues, que elijamos sitios proporcionalmente: ubicar aproximadamente 15% de los sitios de muestreo en bosques que estén a  $> 10$  km de cualquier carretera o asentamiento. Si no hubiera bosques a  $> 10$  km de las carreteras, el criterio se relajaría a una distancia mínima de 5 km desde las carreteras. Obviamente, es posible que existan sitios en Panamá que carezcan de bosques tan remotos (ninguno a  $> 5$  km de una carretera), y ante estas circunstancias, las muestras deberán colectarse a varias distancias de las carreteras, en la medida de lo posible. Para estratificar muestras según su accesibilidad, se deberán utilizar mapas del bosque, carreteras y senderos importantes.

### ***Resumen sobre selección de sitios en bosques grandes***

Dentro de cada zona se ubicará el número asignado de sitios a lo largo de arroyos, con sitios compañeros para cada uno, siguiendo la receta ilustrada en la Figura 2.1 y utilizando la Tabla 2.1 para calcular el número de muestras en cada zona. En áreas grandes, donde las carreteras son escasas y de difícil acceso, se deberá tomar en cuenta la facilidad de acceso y las reglas de la Figura 2.1 deberán aplicarse según la ubicación de las carreteras. Si los puntos seleccionados al azar incluyen demasiados sitios ubicados cerca a carreteras, o demasiados sitios lejos de éstas, se deberán elegir nuevos puntos para generar un buen equilibrio entre sitios remotos y sitios a los que sea fácil acceder.



**Figura 2.3. Zonas de muestreo a lo largo de una región de bosque grande y heterogéneo. El mapa muestra una propuesta hipotética de área rectangular para el monitoreo de 82,000 ha en Panamá, junto a la frontera entre Veraguas y Colon . Los ejes están etiquetados con la latitud y longitud. Las líneas azules topográficas marcan los a 1500 m snm, las líneas verdes a 750 m snm, lo que define tres zonas de elevación (tierras bajas, < 750 m; elevación-media, 750-1500 m; tierras altas, > 1500 m). Las líneas rojas paralelas dividen la región en dos secciones basadas en la distancia a la costa del Caribe. Las líneas a 5, 15, y 25 km de la costa. Se señalan siete zonas de monitoreo: 1) tierras bajas a 5-15 km de la costa; 2) tierras bajas situadas entre 15-25 km de la costa; 3) tierras bajas entre 25-35 km de la costa; 4) elevación media a 25-35 km de la costa ; 5) elevación media a > 35 km de la costa; 6) elevación alta 7) elevación baja a > 35 km de la costa. La curva roja indica una carretera hipotética, y algunas porciones al noreste y suroeste del rectángulo de muestreo están a > 10 km de la carretera. Basado en la Tabla 1, propondríamos seis sitios de muestreo en cada una de las zonas 1, 3, 5, 6, 7, más diez sitios de monitoreo en las zonas grandes 2 y 4. Un total de ocho sitios deberían ser deliberadamente emplazados en las zonas 2, 3, 4 a > 10 km de la carretera. El resto de sitios puede estar entre 0.5-5 km de la carretera. El número total de sitios sugeridos por este esquema sería de 50, pero dado que las zonas 3, 6, y 7 son pequeñas, y la elevación sobrepasa poco los 1500 m snm, sería razonable reducir considerablemente los muestreos en esas zonas.**

En áreas muy grandes de Panamá que tengan varias zonas ambientales, el número total de muestras recomendadas quizás sea más de 30 o hasta 50. Por ejemplo: el Parque Nacional Darién debería

dividirse en ocho zonas distintas, muchas de las cuales tendrían más de 20,000 ha, para lo cual se recomendarían 90 sitios de muestreo. En términos realistas, el Darién necesitaría de un muestreo de esa magnitud para cubrirlo adecuadamente, pero por motivos prácticos, esta empresa debería ser dividida en varios sub-proyectos.

## **2. Métodos Taxonómicos Básicos**

La tarea de identificar especímenes no puede tomarse a la ligera en los bosques de Panamá, ricos en diversidad. Es necesario invertir sustancialmente en capacitación sobre taxonomía y debe dedicarse suficiente tiempo para garantizar que los especímenes que se hallen durante los estudios sean adecuadamente identificados. Asumiremos que se deberán coleccionar algunos especímenes para llevarlos al laboratorio y estudiarlos más concienzudamente a fin de identificarlos de la forma más correcta posible. Esto es especialmente el caso de las plantas, aunque también podría ocurrir con los vertebrados.

Los taxónomos que coleccionan en los bosques panameños deberán seguir estrictamente los estándares para garantizar el etiquetado correcto e identificación de las especies. Para las plantas existen directrices exactas: se debe coleccionar, por lo menos, un espécimen de cada especie en triplicado y colocarlo en un herbario en Panamá. Si fuera posible, el laboratorio a cargo del proyecto de monitoreo deberá conservar su propia colección de plantas y un tercer espécimen podría enviarse fuera del país para confirmar la identificación. En el caso de vertebrados, los registros fotográficos deberían ser suficientes en la mayoría de los casos: cada especie de pez, rana, mamífero pequeño y, si fuera posible, ave, debería fotografiarse en triplicado. Es parte del protocolo núcleo que el programa de monitoreo de grandes mamíferos tome fotos de los vertebrados más grandes. En cuanto a las aves pequeñas imposibles de fotografiar, los registros de vocalizaciones podrían funcionar como prueba, si fuera posible.

Los biólogos de campo responsables de la identificación deberían contar con experiencia previa con el grupo con el que trabajarán. Idealmente, tendrán experiencia en cuanto a coleccionar especímenes y manipularlos en el laboratorio (e.g., prensar plantas, preservar peces, grabar cantos de aves). Antes del inicio del proyecto, se deberá compilar, basándose en fuentes y referencias disponibles en Internet, un listado completo de árboles y vertebrados que se sabe habitan en las proximidades del área de estudio. En cuanto a aves y plantas, el taxónomo deberá dedicarse a estudiar las especies potenciales durante

varias semanas antes de empezar el trabajo. Las secciones del presente manual sobre los grupos taxonómicos individuales en la Sección 2 ubrirán detalles más específicos sobre dicha capacitación.

La taxonomía tropical también puede caer en muchos errores en lo que concierne a los nombres en latín. Es crucial validar todos los nombres utilizados con los listados publicados antes mencionados. Esto evitará errores ortográficos rutinarios que pueden contener las largas listas de especies y también ayuda a garantizar que el nombre usado sea el vigente y aceptado para el taxón encontrado en Panamá. También deberá registrarse y validarse la autoridad taxonómica para cada nombre. Las mejores fuentes para nombres de especies se proporcionarán en las secciones sobre grupos taxonómicos en la Sección 2

### **3. Personal y capacitación**

Para garantizar que el inventario de biodiversidad tenga éxito, recomendamos que sean dos las personas que supervisen a todos los equipos. Uno de ellos sería el director del proyecto, idealmente un biólogo/a con amplia experiencia en trabajo de campo, manejo y análisis de datos. Esta persona será, más probablemente, un científico capacitado que tenga gran interés en los resultados del proyecto; será la parte responsable. Él o ella puede ser un científico que esté simultáneamente involucrado con otros proyectos, pero que pueda poner mucha atención en el monitoreo de bosques.

El segundo supervisor será el coordinador de campo y de laboratorio. Esta persona será responsable de los detalles logísticos: asegurarse de que el equipo, los suministros y el transporte para el trabajo estén organizados y que el equipo humano esté preparado. El coordinador trabajará en el campo la mayor parte del tiempo, evaluará a cada equipo y asumirá ciertos roles importantes, por lo que deberá ser un técnico con experiencia en biología y taxonomía. Una estrategia ideal sería que el coordinador del proyecto sea también el jefe de taxonomía, responsable de la mayor parte de identificación (sobre todo de plantas, ya que la taxonomía de vertebrados no ocasionaría grandes dificultades); esta persona también podría ser responsable de organizar e identificar especímenes vegetales que deban llevarse al laboratorio para mayor estudio.

Otros aspectos de la capacitación se refieren a métodos específicos para el monitoreo de cada grupo taxonómico, a los cuales nos dedicaremos en sus respectivos apartados de capítulos específicos. El director y el coordinador deberán participar en el diseño e implementación de las sesiones de

capacitación necesarias para el trabajo de campo, incluyendo arreglos para la participación de expertos externos, nacionales o internacionales, cuando fuera necesario.

#### **4. Permisos y legislación aplicable en la República de Panamá**

Apartado redactado gracias a la asesoría y apoyo de la Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Departamento de Biodiversidad y Vida Silvestre- Autoridad Nacional del Ambiente. República de Panamá.

##### **Legislación vigente**

Se recomienda encarecidamente que, antes de comenzar el proyecto, se consulte la normativa vigente en la República de Panamá. La normativa referente a vida silvestre en la República de Panamá puede consultarse y descargarse a través de la página web de la Autoridad Nacional del Ambiente (<http://www.anam.gob.pa/> a partir de 2006 y en

<http://www.asamblea.gob.pa/main/LegispanMenu/Colecci%C3%B3nDigitaldeGacetasOficiales.aspx> para fechas anteriores a 2006. Las principales normativas relativas a los protocolos que se describen en este manual se pueden encontrar en:

2. **Ley 41 de 1998** “Ley General del Ambiente de la República de Panamá”. G.O. (23578).
4. **Ley No 24 de 1995** “Por la cual se establece la legislación de vida silvestre de la República de Panamá y se dictan otras disposiciones”, (GO. 22801).
5. **Decreto N°43** “Que reglamenta la Ley 24 de 7 de junio de 1995 y dicta otras disposiciones”, (G.O. 25091).
6. **Resolución AG-0138-2004**, “Que aprueba el manual de procedimiento de Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) para acciones sobre la vida silvestre en Panamá”, (G-O. 25381).
7. **Decreto 25 de 29 de abril de 2009**. "Por el cual se reglamenta el Artículo 71 de la Ley 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente". (G.O. 26272)

##### **Permisos científicos**

Los requisitos necesarios para solicitar permisos científicos se resumen en:

1º Solicitud de colecta (Véase plantilla para rellenar en el Anexo 2.1)

Nota: Toda solicitud de colecta deberá contar con una institución contraparte panameña e incluir participantes nacionales en la investigación.

2° Carta de compromiso (Véase plantilla para rellenar en el Anexo 2.2)

3° Consentimiento Libre Informado Previo (CLIP). Se requerirán en el caso de acceso a áreas de especial atención (áreas de concesión o privadas), Finca privada, comarcas o comunidades indígenas y Parque Natural Metropolitano). Adicionalmente, para investigaciones que se desean desarrollar en el Parque Nacional Coiba, el Comité Científico de Coiba (a través del enlace de ANAM) debe presentar el CLIP luego de evaluar el recurso a estudiar (tramite interno de ANAM).

además de para trabajos a realizar en el Parque Nacional de Coiba . (Véase plantilla para rellenar en el Anexo 2.3)

4° Hoja de vida resumida (Véase plantilla para rellenar en el Anexo 2.1)

5° Copia de cédula o pasaporte de los participantes en el proyecto

6° Pago correspondiente a timbres fiscales (B/ 8.00, a fecha enero 2014).

Esta información deberá presentarse en las oficinas de UNARGEN del Departamento de Biodiversidad y Vida Silvestre – Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre; o en la Regional respectiva para que sea enviado posteriormente a la oficina de UNARGEN. De forma tal que se pueda evaluar la solicitud y emitir el permiso respectivo. Se recomienda presentar esta documentación con al menos 60 días hábiles antes de comenzar la investigación.

Terminada la investigación, el investigador responsable deberá presentar el **informe de colecta**, así como **copia de las publicaciones** derivadas de ella si la hubiere, preferiblemente en formato digital, en las oficinas de ANAM, Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Biodiversidad y Vida Silvestre- UNARGEN, ubicada en Plaza Albrook, local 17, Panamá, República de Panamá (a la fecha enero 2014).

Los **lugares aceptados como Colección de Referencia**, a fecha enero 2014, son Universidad de Panamá: Museo de Invertebrado, Museo de Vertebrado y Herbario; Universidad Autónoma de Chiriquí. Las muestras colectadas deberán llevar una **etiqueta identificativa** con la siguiente información:

|   |
|---|
| Nombre científico: _____ (latín)                            |
| Familia: _____  |
| Fecha: _____  |
| Lugar de colecta:   |
| Provincia: _____, Distrito _____                            |
| Corregimiento: _____, Comunidad: _____                      |
| Lugar específico: _____                                     |
| Coordenadas (latitud, longitud en grados decimales): _____, |
| _____   |
| Nombre del colector: _____                                  |
| Asistente de colecta: _____                                 |

### **Permisos de Exportación e Importación**

En el caso de necesitar exportar muestras biológicas al exterior del país, se requerirá solicitar y un permiso de Exportación (véase plantilla de ejemplo en Anexo 2.4). Para recibir el permiso de Exportación será obligatorio, además presentar informe de colecta, nota de la Colección de referencia donde certifique la entrega de las muestras y **Acuerdo de Transferencia de Material** (Anexo 2.5) firmada en original por alguna de las dos partes involucradas. En caso de necesitar importar muestras biológicas para su entrada en la República de Panamá se necesitará un permiso de importación (véase plantilla de ejemplo en Anexo 2.6). Se recomienda que estos permisos de exportación/importación se soliciten con un mínimo de 15 días de antelación en las oficinas centrales de ANAM. Esto debido a que algunas de las solicitudes de importación o exportación corresponden a especies CITES por lo que requieren de permiso especial.

**Anexo 2.1**  
**Plantilla de la Solicitud de Colecta**

DIRECCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE

UNIDAD DE ACCESO A RECURSOS GENÉTICOS

Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y Biológicos

Request to Access Genetic and Biological Resources

|  |   |
|--|---|
| <b>PARA USO OFICIAL DE LA UNARGEN</b>              |   |
| <b>FOR OFFICIAL USE ONLY</b>                       |   |
| Solicitud No.                                      |   |
|  |   |
| Fecha:   |   |
|  | Firma del Funcionario que recibe                      |
| <b>PARA USO DEL SOLICITANTE</b>                    |   |
| <i>Please fill out the form below IN SPANISH</i>   |   |
| <b>NOMBRE/TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> |   |
| <i>Name/Title of Research Project</i>              |   |
| <i>Title of research project in Spanish</i>        |   |
| <b>NOMBRE DEL SOLICITANTE</b>                      |   |
| <i>Applicant's name</i>                            | <i>Name of PI who has a research project approved</i> |
| <b>Nacionalidad</b>                                |   |
| <i>Nationality</i>                                 |   |
| <b>Número de cédula o pasaporte</b>                |   |
| <i>ID or Passport Number</i>                       |   |
| <b>Dirección permanente</b>                        |   |

|                                     |  |  |  |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Permanent Address                   |  |  |  |
| País                                |  | Provincia  |  |
| Country                             |  | State/Province   |  |
| Distrito                            |  | Apdo.Postal  |  |
| City                                |  | PO Box   |  |
| Teléfonos                           |  |  |  |
| Telephone                           |  |  |  |
| Correo electrónico                  |  |  |  |
| E-mail                              |  |  |  |
| INVESTIGADOR EXTRANJERO RESPONSABLE |  | If applicable (This only applies if the PI will not travel to Panama)                |  |
| International Researcher in charge  |  |  |  |
| Dirección Permanente                |  |  |  |
| Permanent Address                   |  |  |  |
| Teléfonos                           |  |  |  |
| Telephone                           |  |  |  |
| Correo electrónico                  |  |  |  |
| E-mail                              |  |  |  |
| INVESTIGADOR NACIONAL RESPONSABLE   |  | If applicable (Name of a Panamanian researcher responsible of the project in Panama) |  |
| National Researcher in charge       |  |  |  |
| Dirección Permanente                |  |  |  |
| Permanent Address                   |  |  |  |
| Teléfonos                           |  |  |  |
| Telephone                           |  |  |  |

|  |  |
|--|--|
| Correo electrónico<br><i>E-mail</i>  |  |
| INSTITUCIÓN QUE RESPALDA/CONTRAPARTE EN PANAMÁ<br><i>Responsible Institution in Panama</i> |  |
| Dirección Permanente<br><i>Permanent Address</i>   |  |
| Persona de contacto<br><i>Contact Person</i>   |  |
| Teléfono<br><i>Telephone</i>   |  |
| Correo electrónico<br><i>E-mail</i>  |  |
|  |  |
|  |  |

**DATOS SOBRE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

*Research Proposal*

1. INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

*Introduction*

*A brief information about the research*

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

*Objectives*

*A clear description of the research objectives. These objectives should be in-line with your research project and not specific to the items you are collecting.*

3. ESPECIFIQUE EL GÉNERO, ESPECIE, FAMILIA Y CANTIDAD DEL RECURSO PARA EL CUAL SE SOLICITA EL ACCESO

*Specify family, genera, species, and quantity of samples*

| Nombre común<br><i>Common Name</i> | Nombre científico<br><i>Scientific Name</i> | Cantidad<br><i>Quantity</i> | Descripción<br><i>(Peso, volumen, tamaño)</i><br><br><i>Description</i> |
|------------------------------------|---|-----------------------------|---|
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |
|                                    |   |                             |   |

a. Colecta:

*Collecting*

*Mark if applicable*

b. Marcado:

*Marking*

*Mark if applicable*

c. Observación

*Observing*

*Mark if applicable*

d. Otros: (especificar)

*Others*

4. SITIO EXACTO DONDE SE UBICA EL RECURSO. *(Cuando se trate de un Área Protegida bajo administración externa de la ANAM, será requisito indispensable presentar el permiso de acceso al área)*

*Collecting sites (In the case of protected areas outside of ANAM is jurisdiction, an additional letter is required to access the area)*

|   |   |
|---|---|
| <p>a. Fuera de Áreas Protegida:<br/>Provincia/distrito/sitios/coordenada/</p>   |   |
| <p><i>Sites outside protected areas: Province/district/locality/Lat-Long</i></p>  |   |
| <p>b. Área Protegida: Provincia/distrito/sitios/coordenada</p>  | <p><i>Be specific if you are planning to go to Pipeline Road or Old Gamboa Road</i></p> |
| <p><i>Sites inside protected areas: Province/district/locality/Lat-Long</i></p>   |   |
| <p>c. Otras (especificar)</p>   |   |
| <p><i>Others</i></p>  |   |
| <p>5. METODOLOGÍA A UTILIZAR</p>  |   |
| <p><i>Methodolgy</i></p>  |   |
| <p>6. CRONOGRAMA DE TRABAJO</p>   |   |
| <p><i>Research time line</i></p>  |   |
| <p>a. Etapas previstas para las colectas y/o el análisis de muestras:</p>   |   |
| <p><i>Phases for sample collection and analysis</i></p>   |   |
| <p><i>Indicate dates or periods when you pretend to do collection. You can put exact dates or periods of time (weeks/months). ANAM does not issue permit for a period more than six (6) months.</i></p> |   |
| <p><i>Ex: "March 21, 2012-Sept. 01, 2012"</i></p>   |   |
| <p>b. Transferencias previstas a centros internacionales- socios de la investigación:</p>   |   |
| <p><i>If samples will be exported, please provide name of collaborator and institution who will receive samples</i></p>   |   |
| <p>7. JUSTIFICACIÓN/IMPORTANCIA/IMPACTO DE LA INVESTIGACION</p>   |   |
| <p><i>Justification/Importance/Impact of research</i></p>   |   |

8. BIBLIOGRAFÍA

*Literature cited*

9. POSIBLES RIESGOS DE IMPACTO AMBIENTAL O CULTURAL QUE SE DERIVEN DEL ACCESO O EXTRACCIÓN CONTINUA DEL RECURSO

*Potential risks, environmental or cultural impacts from accessing and collecting the samples*

*You must indicate potential environmental risks and/or cultural impacts where the research is taking place*

10. ¿DE QUÉ MANERA LA INVESTIGACIÓN CONTRIBUYE A LA SOSTENIBILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS Y CONSERVACIÓN DEL (LOS) RECURSO (S)?

*How does this research contribute to the sustainability and conservation of resources?*

11. ¿CONOCE USTED DE OTROS PROYECTOS EN PANAMÁ O A NIVEL INTERNACIONAL CON OBJETIVOS SIMILARES?

*Do you know of other projects with similar objectives in Panama or overseas?*

12. ¿CUAL ES EL MONTO DEL TOTAL DEL PROYECTO?

*Total project budget*

*You must indicate total amount of the project even if not for commercial purposes*

13. ¿CUENTA USTED CON EL CONSENTIMIENTO LIBRE INFORMADO PREVIO (CLIP)?

*Do you have a valid Informed Consent (IC)?*

*The informed consent (IC) is the document that authorizes you to work various sites. the Visitors Services Office (VSO) will provide the IC for the following sites: Pipeline Road, Old Gamboa Road, Parque Natural Metropolitano, Reserva Forestal Fortuna and Parque Municipal Summit.*

*For indigenous areas, you need an IC from the chief of the Comarca. For private properties, you need IC from the owner of the property. Research in BCI does not require an IC.*

14. EQUIPO DE INVESTIGADORES NACIONALES E INTERNACIONALES PARTICIPANTES

*List of national and international researchers. It is mandatory to include a Panamanian citizen researcher*

| Nombre<br><i>Name</i> | Cédula/Pasaporte<br><i>ID/Passport Number</i> | Nacionalidad<br><i>Nationality</i> | Institución<br><i>Institution</i> |
|-----------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|
|                       |   |                                    |                                   |
|                       |   |                                    |                                   |
|                       |   |                                    |                                   |
|                       |   |                                    |                                   |

15. CURRÍCULUM VITAE EN ESPAÑOL (incluir CV de todos los investigadores)

*Curriculum vitae in SPANISH (include CV's for all researchers)*

16. Formato a seguir para presentación del curriculum vitae (CV)

CV Format

- Nombre (Name)
- Dirección (Address)
- Educación (Education)
- Experiencia Profesional (Professional Experience)
- Lista de publicaciones (List fo publications)

17. COPIA DE CÉDULA/PASAPORTE (DE TODOS LOS INVESTIGADORES)

*Copies of ID or passport (for all researchers in the permit)*

18. Presentar copia digital/escaneada de cédula (en el caso de investigadores panameños) o pasaporte (en el caso de investigadores extranjeros)

*Please attach digital/scanned copies of ID's (for Panamanian researchers) or passports (for foreign researchers)*

19. PUBLICACIONES RELACIONADAS DE LOS INVESTIGADORES. (ADJUNTAR PDF, RESUMEN EN ESPAÑOL)

Publications related to the project (Please attach PDF copies of papers published by researchers related to the project)

20. CARTA DE COMPROMISO (FIRMADA EN ORIGINAL ([bajar documento aquí](#)))

***Nota:** para la elaboración del cronograma de trabajo, tomar en consideración que la UNARGEN contará con un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles a partir de la fecha de recibo de la solicitud para dar respuesta a las solicitudes de permisos de acceso. Período que comprende toda la tramitación de la solicitud hasta el otorgamiento o denegación del permiso. La UNARGEN hará los esfuerzos necesarios para darle respuesta a su solicitud de la manera más rápida posible dependiendo del tipo de permiso solicitado, de la complejidad de la investigación a realizar, de que la información suministrada por los investigadores esté correcta y del volumen de solicitudes presentadas*

Declaro bajo juramento que la información suministrada es verdadera.

***Note:** Research timeline must take into consideration 45 working days required by UNARGEN to provide an answer to permit requests (grant or deny). UNARGEN will strive to have a reply for your request as soon as possible depending on the type of permit, research complexity, as well as accuracy of information provided and depending upon request volume.*

Por favor, rellenar, imprimir y firmar este documento, escanearlo y enviarlo en formato físico

\_\_\_\_\_ al y/o via email a: \_\_\_\_\_

Declaro bajo juramento que la información suministrada es cierta y verdadera

*I hereby declare that all information provided is true.*

*Firma del solicitante*

*Applicant's signature*

*Cédula o Pasaporte Passport No.*

## Anexo 2.2

### Plantilla de Carta de Compromiso

SEÑOR DIRECTOR DE AREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE, AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE (ANAM), E. S. D.:

Yo, \_\_\_\_\_ **[nombre y apellidos]** \_\_\_\_\_, de nacionalidad \_\_\_\_\_ **[nacionalidad]** \_\_\_\_\_ afiliado a **[nombre de empresa/institución/centro]** \_\_\_\_\_ con Cédula/Pasaporte N° \_\_\_\_\_ responsable de la investigación titulada \_\_\_\_\_ **[Título del proyecto]** \_\_\_\_\_, con solicitud de colecta N° \_\_\_\_\_, según lo dispuesto en las normativas de acceso al recurso genético, declaro que el uso del material genético y/o biológico, los productos y/o los resultados de la investigación serán única y exclusivamente utilizados para fines científicos y bajo ninguna circunstancia serán utilizados para fines comerciales sin antes notificar a la ANAM y obtener la autorización correspondiente.

Me comprometo a:

- Reconocer los derechos inalienables del estado panameño sobre todos los recursos colectados en función de la investigación propuesta.
- Dejar constancia del Origen panameño del recurso en publicaciones y patentes de invención u otros instrumentos de propiedad intelectual del Origen panameño del recurso.
- Reconocer los derechos del Estado panameño como copartícipe de los beneficios que se deriven de este acceso.
- Descargar de cualquier responsabilidad al estado panameño por daños o perjuicios causados a terceros por el acceso autorizado.
- Presentar el informe detallado de colecta, previo o anexo a la solicitud de exportación.
- Presentar anualmente informes sobre el cumplimiento de los contratos de beneficio asumidos por el Estado; con terceras partes; con las comunidades indígenas o locales; con las partes bajo régimen especial.
- Presentar nota de entrega del museo o herbario (lo acepte o no), como requisito para la exportación Presentar el Informe Final en formato digital y dos copias en idioma español.
- Proceder al reintegro del material genético en coordinación con la UNARGEN.
- Solicitar autorización, a la Autoridad Nacional del Ambiente para cualquier actividad posterior, no descrita en la solicitud de acceso.

El incumplimiento de las cláusulas y compromisos establecidos en este acuerdo, es causal de cancelación temporal o definitiva del permiso de acceso y le impedirá obtener un nuevo permiso.

\_\_\_\_\_  
(firma)

\_\_\_\_\_  
(C.I.P. O Pasaporte)

---

### Anexo 2.3

#### Plantilla del Modelo de Consentimiento Libre Informado Previo (CLIP)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Necesario para trabajar en áreas de especial atención (áreas de concesión o privadas), Finca privadas, comarcas o comunidades indígenas, Parque Natural Metropolitano y Parque Nacional Coiba, así como en otras áreas con restricciones particulares

Panamá a \_\_ de \_\_ de \_\_\_\_\_

[Datos de Persona y Dirección de contacto]

Estimado/a \_\_ [Datos persona que solicitó el CLIP] \_\_\_\_\_ :

En respuesta solicitud de realización del proyecto [colocar título de proyecto igual que la solicitud], a desarrollarse por el investigador principal [Nombre y Cedula /Pasaporte], otorgamos permiso de acceso a nuestra área de [concesión, comarca, entre otros] para que se efectúe el mismo.

[Indicar responsabilidades que puede adquirir el investigador al investigar dentro del área así como el tipo de uso que se espera realizar en el área durante la investigación]

|  |  |
|--|--|
| Breve descripción de área y uso para el que se concede el consentimiento |  |
|  |  |
| Responsabilidades adquiridas por el investigador durante la concesión    |  |
| 1.   |  |
| 2.   |  |
| 3.   |  |
| Etc. (añadir/eliminar filas en caso de ser necesario)                    |  |

Firma

Nota: es importante que si el estudio es dentro de comarca, la nota sea firmada por el líder comarcal.

**Anexo 2.4**  
**Plantilla Permiso de Exportación**



DIRECCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE  
UNIDAD DE ACCESO A RECURSOS GENÉTICOS  
Solicitud de Exportación de Recursos Genéticos y Biológicos  
Request to Export Genetic and Biological Resources

| PARA USO OFICIAL DE LA UNARGEN<br>FOR OFFICIAL USE ONLY  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Solicitud No.  |  | Firma del Funcionario Receptor   |  |
| Fecha  |  |  |  |
| PARA USO DEL SOLICITANTE<br><i>Please fill out the form below IN SPANISH</i>   |  |  |  |
| <i>Nombre del Proyecto de Investigación (Como aparece en la solicitud de colecta)</i><br><i>Name/Title of Research Project (As it is shown in the collecting permit)</i> |  |  |  |
| Please provide title of your research project (as indicated on your previous ANAM collecting permit) in Spanish  |  |  |  |
| Número de permiso de colecta expedido por la UNARGEN<br><i>Collecting permit number issued by UNARGEN</i>  |  | Please indicate your previous ANAM collecting permit number. Important: If collection was carried out in BCI, please indicate: "N/A, colecta realizada en el MNBC" |  |
| Titular del Permiso de Colecta<br><i>Collecting Permit Holder's name</i>   |  |  |  |
| Nombre del Solicitante<br><i>Applicant's name</i>  |  |  |  |
| Nacionalidad<br><i>Nationality</i>   |  | Número de cédula/ pasaporte<br><i>ID or Passport Number</i>  |  |
| Dirección permanente<br><i>Permanent Address</i>   |  | Correo electrónico<br><i>E-mail</i>  |  |
| País<br><i>Country</i>   |  | Ciudad/Estado<br><i>State/Province</i>   |  |
| Teléfonos<br><i>Telephones</i>   |  | Apdo. Postal<br><i>PO Box</i>  |  |
| Centro de destino de las muestras<br><i>Final destination of samples</i>   |  |  |  |
| Nombre de la persona responsable.<br><i>Person responsible at final destination</i>  | Name of the person responsible of receiving samples in the destination country. MTA (Material Transfer Agreement or "Acuerdo de Transferencia de Materiales"), needs to be signed by this same person. |  |  |
| Dirección Permanente<br><i>Permanent Address</i>   |  |  |  |
| Teléfonos:<br><i>Telephone numbers</i>   |  | Correo electrónico:<br><i>E-mail</i>   |  |
| País:<br><i>Country</i>  |  | Ciudad/Estado:<br><i>State/Province</i>  |  |
| Apdo. Postal:<br><i>Po Box</i>   |  |  |  |

| DATOS SOBRE LA EXPORTACIÓN DEL RECURSO<br><i>Information on genetic resources to be exported</i>   |   |                             |   |
|--|---|-----------------------------|---|
| Propósito de la exportación:<br><i>Purpose of export</i>   | Please explain purpose of exporting samples including type of anylisis (This is not the justification for your research). Important: "Investigación científica" is not a valid justification for local autorithies. |                             |   |
| Puerto de salida<br><i>Port of exit</i>  |   |                             |   |
| Medio de transporte<br><i>Mode of transportation</i>   |   |                             |   |
| Puerto de entrada<br><i>Port of entry to final destination</i>   |   |                             |   |
| Especifique el recurso para el cual se solicita el permiso de exportación. (Puede incluir o eliminar tantas filas como sea necesario).<br><i>List of the samples (genetic resource) that will be exportd (Add as many rows as necessary)</i>                                     |   |                             |   |
| Nombre común<br><i>Common name</i>   | Nombre Científico<br><i>Scientific name</i>   | Cantidad<br><i>Quantity</i> | Descripción<br>(Tipo de muestra/ Peso o volumen o tamaño/vivo o muerto)<br><i>Description</i> |
|  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |
| 1. Sitio exacto donde se colectó el recurso. (puede incluir o eliminar tantas filas como sea necesario) Adjuntar informe de colecta.<br><i>Specify the locality where the genetic resource was collected. (Add as many rows as necessary). Please attach collecting report..</i> |   |                             |   |
| Recurso<br><i>Samples (Genetic resource)</i>   | Sitio de colecta<br><i>Collecting localities</i>  |                             |   |
|  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |
| 2. Fecha prevista para la exportación:<br><i>Approximate date for exporting samples</i>  |   |                             |   |
|  |   |                             |   |

Nota: para la elaboración del cronograma de trabajo, tomar en consideración que la UNARGEN contará con un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles a partir de la fecha de recibo de su solicitud para dar respuesta a sus solicitudes de permisos de acceso. Periodo que comprende toda la tramitación de la solicitud hasta el otorgamiento o denegación del permiso. La UNARGEN hará los esfuerzos necesarios para darle respuesta de la manera más rápida posible, dependiendo del tipo de permiso solicitado, de la complejidad de la investigación o actividad comercial a realizar, de que la información suministrada esté correcta y del volumen de solicitudes presentadas.

Para la realización de la transferencia debe contar con un Acuerdo de Transferencia de Materiales con la institución receptora.

Note: Research timeline must take into consideration 45 working days required by UNARGEN to provide an answer to permit requests (grants or deny). UNARGEN will strive to have a reply for your request as soon as possible depending on the type of permit, research complexity, as well as accuracy of information provided and depending upon request volume

Adjunto a esta solicitud debe aportar el comprobante de depósito en las diferentes colecciones de referencia.

Attach to the export request the certification of deposit of samples in reference collections.

Declaro bajo juramento que la información suministrada es cierta y verdadera

*I hereby declare that all information provided is true.*

Firma del solicitante o Responsable en Panamá  
*Applicant's signature*

C.I.P o Pasaporte: \_\_\_\_\_

## Anexo 2.5

### ACUERDO DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL

El presente Acuerdo de Transferencia de Material es entre: *Proveedor, generales, representación y domicilio*, y *Receptor, generales, representación y domicilio*, se realiza específicamente para transferir muestras (*descripción del material a transferir*), en adelante denominado ***el Material***.

***El Material*** será entregado por (la parte proveedora) a (la parte receptora) bajo las siguientes condiciones:

1. El material será utilizado por la parte receptora exclusivamente con fines experimentales, para la realización de..... **[describir investigación]**....., cuyo investigador responsable es el/la Dr. /Dra. ....
2. El material no podrá ser transferido completa o parcialmente por la parte receptora a terceros, sin autorización expresa por escrito de la parte proveedora, previa consulta con la ANAM y, en su defecto cualquier solicitud sobre ***el Material*** deberá ser remitida a la parte proveedora. La parte receptora garantizará en todo momento el uso del material bajo las condiciones del presente acuerdo.
3. El receptor no podrá reclamar la propiedad sobre el material ni solicitar Derechos de Propiedad Intelectual (DPI) sobre ese material, sus partes o componentes genéticos, en la forma recibida. Igualmente no podrá solicitar DPI sobre la información conexas recibida.
4. ***El material*** no podrá ser utilizado para uso comercial o explotación sin el consentimiento escrito de la parte proveedora.
5. La parte receptora mantendrá informada a la parte proveedora de los resultados obtenidos en el uso del material, entregará las partes específicas de las publicaciones que describan cualquier trabajo realizado con el material antes de su publicación, y agradecerá su contribución en el citado trabajo.
6. Cada una de las partes se compromete a no difundir a terceras personas, bajo ningún concepto, las informaciones científicas vinculadas a los resultados de la investigación desarrollada bajo este acuerdo, mientras esas informaciones no sean de dominio público, así como los datos, aplicaciones o informes obtenidos, los resultados finales, los cuales tendrán un carácter confidencial.
7. El punto anterior no aplica para los datos que estuvieran en poder de la Parte receptora, previo al presente Acuerdo, y no estuviesen sujetos a una obligación de confidencialidad; que estuvieran bajo dominio público previo a su divulgación o generación bajo el presente acuerdo o se dan a conocer públicamente sin ninguna falta por el Receptor, después de suscrito el presente Acuerdo; o fuesen recibidos de una tercera parte no relacionada con las **Partes**, con tal que las Partes no tengan razón para cuestionar el derecho de la tercera parte para realizar dichas divulgaciones.
8. Una vez finalizado el objeto del presente acuerdo, ***el material*** sobrante deberá ser devuelto al proveedor o en su defecto destruido, lo que se deberá comunicar por escrito a la parte proveedora.

9. El resultado de los Ensayos y la información generada durante el presente Acuerdo, es propiedad intelectual de las Partes, las mismas que individualmente y con conocimiento de la otra, determinarán la forma, modo y oportunidad en la cual será usada, de conformidad a la normatividad legal vigente sobre la materia. Adicional en toda publicación relacionada deberá declararse que Panamá es el país de origen del Material.
10. Si del presente Acuerdo, resultara un descubrimiento comercialmente explotable, independientemente de quién sea el propietario de la propiedad intelectual o patente, las partes de buena fe negociaran un acuerdo de comercialización en el cual se incluirá la distribución de los beneficios, incluyendo los que les corresponda al Estado panameño.
11. El presente Acuerdo de Transferencia de Material no constituye una licencia, ni otorga derecho alguno sobre el material que es entregado a la parte receptora
12. El vencimiento o terminación del presente Acuerdo, no afectará las obligaciones de divulgación y confidencialidad contenidas en el presente Acuerdo.
13. El/la Dr./Dra. .... y el/la Dr./Dra. .... serán las personas designadas por ambas partes en cuanto a la ejecución material del presente acuerdo, así como a efectos de comunicación y notificación.

Este Acuerdo de Transferencia de Material será efectivo por un período no superior a dos (2) años a partir de la fecha de firma.

En representación de [Entidad A]:

Firma: .....  
Nombre: .....  
Cargo: .....  
Fecha: .....

En representación de [Entidad B]:

Firma: .....  
Nombre: .....  
Cargo: .....  
Fecha: .....

---



**Anexo 2.6**

**Plantilla permiso de Importación**

DIRECCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE

UNIDAD DE ACCESO A RECURSOS GENÉTICOS

Solicitud de Importación de Recursos Genéticos y Biológicos

Request to Import Genetic and Biological Resources

**PARA USO OFICIAL DE LA UNARGEN  
FOR OFFICIAL USE ONLY**

|   |  |   |                                     |
|---|--|---|-------------------------------------|
| Solicitud No.   |  |   |                                     |
| Fecha   |  |   | Firma del Funcionario Receptor      |
| <b>PARA USO DEL SOLICITANTE</b><br><i>Please fill out the form below IN SPANISH</i>   |  |   |                                     |
| <i>Nombre del Proyecto de Investigación</i><br><i>Name/Title of Research Project</i>  |  |   |                                     |
|   |  |   |                                     |
| Nombre del Solicitante<br><i>Applicant's name</i>   |  |   |                                     |
| Nacionalidad<br><i>Nationality</i>  |  | Número de cédula/ pasaporte<br><i>ID or Passport Number</i> |                                     |
| Dirección permanente<br><i>Permanent Address</i>  |  |   | Correo electrónico<br><i>E-mail</i> |
| País<br><i>Country</i>  |  | Ciudad/Estado<br><i>State/Province</i>                      |                                     |
| Teléfonos<br><i>Telephones</i>  |  | Apdo. Postal<br><i>PO Box</i>                               |                                     |
| País de origen de las muestras / <i>Country of origin of samples</i><br>País de procedencia de las muestras / <i>Country of procedence of samples</i> |  |   |                                     |
| Nombre de la persona responsable.<br><i>Person responsible for sending the samples</i>  |  |   |                                     |
| Dirección Permanente<br><i>Permanent Address</i>  |  |   |                                     |
| Teléfono:<br><i>Telephones</i>  |  | Correo electrónico:<br><i>E-mail</i>                        |                                     |
| País:   |  | Ciudad/Estado:  |                                     |

|   |   |                             |   |
|---|---|-----------------------------|---|
| Country   | State/Province                              |                             |   |
| Apdo.<br>Postal:<br>PO Box  |   |                             |   |
| <b>DATOS SOBRE LA IMPORTACIÓN DEL RECURSO</b><br><i>Information on genetic resources to be imported</i>   |   |                             |   |
| Propósito de la importación:<br><i>Purpose of the import</i>  |   |                             |   |
| Puerto de entrada<br><i>Port of entry</i>   |   |                             |   |
| Medio de transporte<br><i>Mode of transportation</i>  |   |                             |   |
| Especifique el recurso para el cual se solicita el permiso de importación. (Puede incluir o eliminar tantas filas como sea necesario).<br><i>List of the samples (genetic resource) that will be imported (Add as many rows as necessary)</i> |   |                             |   |
| Nombre común<br><i>Common name</i>  | Nombre Científico<br><i>Scientific name</i> | Cantidad<br><i>Quantity</i> | Descripción<br>(Tipo de muestra/ Peso o volumen o tamaño/vivo o muerto)<br><i>Description</i> |
|   |   |                             |   |
|   |   |                             |   |
|   |   |                             |   |
|   |   |                             |   |
| <b>14.</b> Fecha prevista para la importación:<br><i>Approximate date for importing samples</i>   |   |                             |   |
|   |   |                             |   |

Nota: para la elaboración del cronograma de trabajo, tomar en consideración que la UNARGEN contará con un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles a partir de la fecha de recibo de su solicitud para dar respuesta a sus solicitudes de permisos de acceso. Periodo que comprende toda la tramitación de la solicitud hasta el otorgamiento o denegación del permiso. La UNARGEN hará los esfuerzos necesarios para darle respuesta de la manera más rápida posible, dependiendo del tipo de permiso solicitado, de la complejidad de la investigación o actividad comercial a realizar, de que la información suministrada esté correcta y del volumen de solicitudes presentadas.

Para la realización de la transferencia debe contar con un Acuerdo de Transferencia de Materiales con la institución receptora.

**Note:** Research timeline must take into consideration 45 working days required by UNARGEN to provide an answer to permit requests (grant or deny). UNARGEN will strive to have a reply for your request as soon as possible depending on the type of permit, research complexity, as well as accuracy of information provided and depending upon request volume

**PLEASE PRINT THE FOLLOWING PAGE, SIGN IT, SCAN IT AND SUBMIT IT VIA EMAIL ALONG WITH THIS APPLICATION (IN WORD FORMAT, NOT PRINTED) TO:**

Declaro bajo juramento que la información suministrada es cierta y verdadera  
*I hereby declare that all information provided is true.*

\_\_\_\_\_  
*Firma del solicitante o Responsable en Panamá*

*Applicant's signature*

C.I.P o Pasaporte: \_\_\_\_\_

*ID or Passport*



## **Sección 2**



# Capítulo 3. Protocolo para monitoreo de aves en bosques de Panamá

**W. Douglas Robinson**

Cita:

Robinson W.D. 2014. Protocolo para monitoreo de aves en bosques de Panamá. Pp 54-71. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## **Introducción**

La avifauna de Panamá es muy rica; con 976 especies reportadas en el país ([www.audubonpanama.org/aves-de-panama/](http://www.audubonpanama.org/aves-de-panama/)). Alrededor de 550 de dichas especies habitan en el bosque. La variedad de estilos de vida es impresionante. Varias especies son residentes y pasan sus vidas enteras en Panamá. Otras, son migratorias de larga distancia que se reproducen en América del Norte y pasan el templado invierno del norte en Panamá, o pasan por Panamá cuando se dirigen hacia y desde América del Sur. Algunas pocas se reproducen en Panamá y pasan la época durante la cual no se reproducen en América del Sur. La variedad de estilos de vida es muy grande, pero existen grandes diferencias en cuanto a cuán fácil es detectar a las especies.

Contar aves no es tarea sencilla. A diferencia de los árboles, las aves están en constante movimiento, son pequeñas y es fácil que pasen inadvertidas. Aunque algunas cantan, lo cual incrementa la posibilidad de detectarlas, la posibilidad de escuchar sus trinos puede confundirnos y hacernos pensar que cuantificarlas se trata de algo fácil. Las probabilidades de equivocarse se multiplican grandemente en hábitats tropicales. No sólo es sumamente densa la vegetación, lo que propicia que las aves se confundan entre ella, la variedad de estilos de vida de las aves es muy amplia. Por ejemplo, una especie territorial podría detectarse regularmente dentro del ámbito donde reside y podría cantar cada mañana para anunciar su presencia a vecinos no específicos. Tales especies son más fáciles de detectar. Pero existen otras especies que no defienden sus territorios y no cantan regularmente. Muchas se movilizan por el paisaje buscando frutas o néctar. Otras son depredadoras y anunciar su presencia les resultaría contraproducente. La amplia variedad de estilos de vida de las aves en los trópicos nos indica que debemos ser sumamente cuidadosos cuando evaluamos cuán fácil es detectar una especie en determinado tiempo y lugar. Los métodos modernos de conteo de aves aglutinan datos para ayudarnos a determinar su presencia, para que podamos ajustar nuestras estimas sobre su abundancia.

## **Métodos de muestreo**

### **Datos a recabar durante inventarios de especies**

Dados los desafíos que presupone hacer monitoreos de aves en bosques tropicales, se recomienda que se combinen los esfuerzos de hacer inventarios de las especies con métodos que permitan estimar

también su abundancia. El presente protocolo explica cómo combinar los métodos de transectos de líneas con muestreo de puntos de conteo para calcular la abundancia de aves diurnas. Con estos mismos datos, podremos desarrollar curvas de acumulación de especies y estimaciones de riqueza para evaluar cuán completos son nuestros inventarios de especies.

El método utiliza transectos con cálculo de distancia y también puntos de conteo. Los transectos son líneas o senderos sobre los que se camina mientras se cuentan aves. Los transectos pueden tener una longitud de entre 200 a 2.000 metros, dependiendo de la accesibilidad y el terreno. Se identifica a todas las aves detectadas y se hace un registro de la distancia entre el ave y el observador al momento de la identificación. Por ello, se les llama transectos con cálculo de distancia. Consúltese la Figura 5.2 en Capítulo 5 para ver el esquema de funcionamiento de los transectos lineales. Para los puntos de conteo, el observador, inmóvil, cuenta aves. Estos puntos fijos de conteo también incluyen cálculo de distancia. A cada ave detectada se le identifica y luego se calcula la distancia entre ella y el observador. Los conteos en puntos fijos duran 8 minutos. Cada lapso de 8 minutos se divide en cuatro períodos de dos minutos cada uno. Se haya detectado o no algún ave, se lleva un registro de cada lapso de dos minutos; a este tipo de recolección de datos se le llama *dato de tiempo de detección*. Existen 3 formas para calcular la abundancia de aves diurnas tanto para los transectos lineales como para estos dos tipos de puntos de conteo fijos. No se incluyen aves nocturnas, pero podría implementarse un protocolo similar para utilizarse durante la noche, si así se desea. Los monitoreos exitosos de aves nocturnas también requieren, por lo general, que se graben los cantos.

El diseño del presente protocolo se basa en algunos principios. Puede modificarse en la medida en que las circunstancias individuales lo requieran, pero estos son los parámetros básicos: 1) entre los puntos de conteo debe haber una distancia no menor de 200 metros; 2) entre los transectos de línea debe haber una separación no menor de 400 m. Las comunidades de aves tropicales incluyen por lo general varias especies raras, así que deben censarse áreas de más de 100 hectáreas para calcular la abundancia de la mayoría de especies de aves en una comunidad. Por ello, si se pretende calcular abundancia de la mayoría de especies, deberían muestrearse por lo menos 50 puntos. En cuanto a transectos lineales, asumiendo que las especies que pueden detectarse a menor distancia pueden escucharse hasta a un máximo de 50 m, debería estudiarse un mínimo de 10 km de transectos para poder hacer estimas de abundancia de la mayoría de especies de una comunidad.

## **Muestreo mediante Transectos de Línea**

Los observadores deberán caminar a lo largo de cada transecto a un paso que les permita recorrer 100 m en 5-10 minutos, dependiendo de lo escarpado del terreno.

Se debe hacer registro de cada ave detectada. Cada línea de la hoja de datos representa un ave individual. En la medida de lo posible, intente anotar la ubicación de cada ave individual sólo una vez durante la visita al transecto en determinado día. Puede ser sumamente dificultoso cerciorarse si la misma ave está siendo detectada desde varios puntos o desde transectos lineales paralelos adyacentes, especialmente si es al inicio de la época de censo, cuando el observador aún aprende el patrón de distribución de las aves dentro del área estudiada. Cuando surja duda, incluya al ave en los datos. Cuando el observador haya terminado el censo, los datos podrán ajustarse para reflejar de mejor forma lo aprendido en cuando a los sitios preferidos y abundancia de tales especies. Si se observan parvadas o parejas específicas de aves en el mismo sitio, debe registrarse el número de individuos en la columna para comentarios (Figura 3.1).

Los nombres de las especies deben obedecer a los estándares convencionales. Los observadores deben utilizar nombres científicos o nombres en idioma inglés, ya que éstos son estándar. Se podrían utilizar también nombres en español, pero éstos no están estandarizados oficialmente. Por ello, si se usan nombres en español es crucial incluir en la base de metadatos una lista con los nombres científicos y su equivalente en español para todas las especies encontradas. Un código de seis letras podría utilizarse en la hoja de datos para indicar la especie mientras se cuentan las aves. Los códigos de seis letras para los nombres científicos usualmente incluyen las primeras 3 letras del nombre de género y las 3 primeras letras del epíteto específico. Por ejemplo, *Chilan* es *Chiroxiphia lanceolata* (Saltarín Lanceolado). Como parte de los metadatos de los censos para cada terreno, los observadores deberán incluir una hoja electrónica con los nombres en idioma inglés y nombres científicos, así como los códigos de seis letras que utilizaron durante el estudio. La lista actualizada con los nombres aceptados para las aves americanas están activadas en [www.aou.org](http://www.aou.org).

Utilizaremos muestreo de distancia para permitir el cálculo de densidades a partir de las observaciones, utilizando el programa de software DISTANCE (<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>). Para cada observación, se requieren los siguientes datos: ubicación del observador en el transecto (coordenadas

GPS) y dirección y distancia de cada ave identificada. La dirección es necesaria porque el software calcula la distancia perpendicular entre el ave y el transecto, no entre el ave y el observador. Se utilizan versiones modificadas de estos cálculos cuando en las estimas de abundancias desde los puntos se incluyen la distancia desde el observador estacionario. Por lo tanto, es importante anotar la orientación de los transectos. También es importante la orientación desde los puntos porque luego pueden utilizarse las ubicaciones de las aves para situarlas con precisión en un mapa.

Debe anotarse en la hoja de datos la orientación desde el observador de cada ave cuando se le detecta por vez primera. Utilizaremos un sistema de 16 orientaciones en lugar de buscar una orientación precisa con una brújula hacia cada ave. Sí se puede utilizar una brújula si se detectan números limitados de aves, pero si fueran abundantes, demora mucho buscar y leer la brújula. Este sistema de 16 orientaciones proporcionará suficiente información precisa en la mayoría de situaciones.

N norte  
NNE norte noreste  
NE noreste  
ENE este noreste  
E este  
ESE este sureste  
SE sureste  
SSE sur sureste  
S sur  
SSO sur suroeste  
SO suroeste  
OSO oeste suroeste  
O oeste  
ONO oeste noroeste  
NO noroeste  
NNO norte noroeste

Es mejor utilizar un localizador láser para medir la distancia entre cada ave vista y el observador cuando éste se halla en el transecto. No se debe medir la distancia perpendicular entre el ave y el transecto a menos de que el ave se halle a exactamente 90 grados de usted cuando usted esté en el transecto. El software puede calcular la distancia entre cada ave y el transecto basándose en la orientación que usted registre y la distancia lineal entre usted y el ave al momento de detectarla.

Para las aves que no se avistan, calcule la distancia entre usted y el sitio donde cree que está el ave. Es mejor si usted puede intentar discernir en qué árbol se encuentra el ave y luego medir la distancia horizontal entre usted y ese árbol. La distancia a calcularse, para aves vistas y escuchadas, es la distancia a lo largo del suelo hasta la ubicación donde se cree se halla el ave. Si hay un ave en el dosel, mida la distancia entre usted y la base del árbol donde supone está el ave, pero no la distancia entre usted y el dosel.

Cuando no sea posible discernir con precisión en cuál árbol se halla el ave (este sería el caso la mayor parte del tiempo), calcule hasta cerca de 10 m la distancia entre usted y el ave. Utilice intervalos de 10 hasta 100 m. Si hubiese aves más lejos, utilice intervalos de 25 hasta 200 m. Si las aves están a más de 200 m, puede utilizar intervalos más amplios a discreción.

Un aspecto muy importante del cálculo de distancia es detectar aves desde el transecto lineal, es decir, a distancia cero. Es importante siempre estar atento al frente del transecto a medida que camina despacio. Deberá anotarse como cero (0) la distancia hacia las aves detectadas en el transecto, aunque las observe a cierta distancia frente a usted. Esto se debe a que las aves tienden a alejarse de nosotros aunque nos movilizemos lentamente. Así que la posibilidad de que alguna vez pueda observar algún ave a distancia cero directamente sobre usted es muy, muy remota. Sin embargo, las ecuaciones del programa DISTANCE funcionan mejor cuando se perciben las aves a 0 metros. Si observa aves frente a usted, pero no sobre el transecto, deberá calcular la distancia y la orientación desde usted en el momento en que detectó al ave por primera vez.

Se le advierte, sin embargo, que calcular distancias es difícil. Se podría creer que el ave está más lejos aunque gorjee muy quedo o si sólo se coloca detrás de un árbol o se voltea hacia el observador. Se requiere de mucha práctica para adquirir el talento de calcular la distancia y, aunque se tenga mucha experiencia, es alta la probabilidad de cometer errores. Todos los observadores deben invertir tiempo en escuchar a las aves y comparar sus cálculos sobre la distancia a que se encuentra el animal con las distancias medidas mismas, para que puedan afinar su talento. Una forma de hacerlo es buscar aves que canten en un sendero. Calcule la distancia hacia las aves que usted escuche cantando frente a usted en el sendero, luego camine lentamente hasta avistar el ave y compare su cálculo con la distancia medida. Con la práctica, los observadores pueden volverse casi expertos en lo que se refiere al cálculo

de distancias hasta las aves que no se ven, pero siempre debemos tener en cuenta que son sólo cálculos y que la probabilidad de error jamás será cero.

Acto seguido, anote el código del método utilizado para detectar a cada ave (canto, trino, detección visual, C, T y V, respectivamente). También debe anotarse a las aves detectadas sobrevolando al observador o al transecto; utilice el código “a” (por “aire”) en la columna de códigos. Se puede detectar aves individuales utilizando varios códigos. Cada código utilizado deberá anotarse. Así pues, un ave individual podría codificarse como “ctv” porque cantó, trino y se le vio. Los observadores deberán decidir la forma más adecuada para distinguir un canto de un trino. En términos generales, las aves cantoras que informan de su presencia con un sonido territorial, cantan. Entre los trinos pueden incluirse sonidos sencillos de alarma, sonidos de contacto inter-parvada o vocalizaciones que no pretenden atraer pareja o marcar territorio. Los carpinteros que tamborilean en los árboles deben registrarse sólo si el tamborileo puede definitivamente diferenciarse de sonidos similares emitidos por otras especies. Puede utilizar el código “t” en este caso.

Luego, anote el tiempo utilizando el formato: 7:15 (reloj de 24 horas). Si se midió y preparó un transecto con antelación (por ejemplo, si se hizo delimitaciones a cada 25 m), el observador deberá anotar la hora en la que pasó por cada delimitación. Esto permitirá calcular cuán rápidamente se movía el observador, para cuantificar las diferencias entre los observadores. Si no, anote el tiempo más o menos cada 5 minutos y también las coordenadas GPS cada vez haya un cambio de tiempo.

La ubicación de los transectos debe anotarse en las columnas que siguen. Cada vez que camine por un marcador de cuadrícula, anótelos en la hoja de datos. Utilice coordenadas de GPS (grados decimales) en la medida de lo posible.

En la sección de comentarios, puede colocar información que usted considere relevante para comprender mejor los datos han sido registrados. Aquí podría incluirse el número de aves en una parvada, si se observan varias específicas juntas. Si avista una parvada compuesta de varias especies, debe asegurarse que cada especie tenga su propia línea en la hoja de datos y anotar el número de individuos de cada especie en la parvada en la columna de comentarios para dicha especie. Quizás sea valioso indicar si se vio al ave llevando material para construir nido o si vio un nido en cierto lugar. Es

útil anotar datos relevantes para entender cuántas aves había y qué estaban haciendo.

En resumen, cuando trabaje un transecto lineal deberá caminar lentamente a lo largo del mismo, anotando cada ave detectada, su orientación y distancia lineal entre el ave y usted, los códigos que utilizó para detectar cada ave, la ubicación del observador y la hora. Intente cubrir 100 m en 5-10 minutos. Esto significa que un transecto típico de 1000 m se cubrirá en 50 – 100 minutos, aunque nuestro método requiere de más tiempo porque intercalaremos puntos de conteo de 8 minutos dentro de los transectos. Por ende, se llevará entre 2 y 3 horas trabajar una ruta de puntos-transectos de 1 km, dependiendo de lo escarpado del terreno y del número de aves que se detecten.

### **Puntos de Conteo**

Los puntos de conteo son espacios fijos donde el observador se detiene durante 8 minutos. Se identifica cada ave; se mide su orientación y la distancia de la misma forma y códigos de detección utilizados para cada ave que se describió para los transectos lineales.

Los puntos se ubican a intervalos de 200 m en los transectos. Aunque el presente protocolo recomienda añadir puntos de conteo a la par de los transectos, los puntos de conteo por sí solos podrían ser adecuados en ciertas situaciones. El observador necesita decidir si los puntos de conteo son suficientes, dependiendo de las preguntas que se han formulado. Por ejemplo, si el objetivo es calcular cambios en la abundancia de las especies de aves en determinado lapso, los puntos de conteo sin transectos podrían ser la mayor alternativa. Esto es porque los puntos de conteo pueden repetirse exactamente según la necesidad. Los observadores acuden a exactamente el mismo sitio y se paran allí durante exactamente el mismo tiempo. Los transectos no son exactamente replicables. Diferentes observadores caminan a diferentes velocidades y podrían moverse de forma en que se perturbe de forma diferente a las aves. Los puntos de conteo fijos son más adecuados para calcular cambios en los números de las aves durante determinado lapso.

Si el cometido principal es estimar la abundancia dentro del área del estudio, se puede contar en los puntos mientras se recorren los transectos. Un observador puede caminar y buscar aves en 200 m del transecto hasta el punto siguiente, luego caminar hacia el siguiente punto y contar. Es importante incluir todas las aves que se detecten en los transectos y los puntos. Es decir que, si se está contando en los puntos y luego se recorre el transecto hasta el punto subsiguiente, deberá incluirse en los datos para

el transecto cualquier ave detectada mientras se recorre el mismo, aunque se le haya detectado cuando se contaba en el punto. Esto no constituye una duplicidad del conteo, ya que los datos de conteo en los puntos y los datos del transecto se analizarán por separado.

Los datos recabados durante los conteos en los puntos son iguales que los que se recaban durante el recorrido de los transectos, excepto que se añade un componente adicional en los puntos (Figura 3.2). Este dato adicional lo constituyen los intervalos de tiempo.

Cada punto de conteo de 8 minutos se dividirá en 4 intervalos de 2 minutos cada uno. Cada ave detectada anotará como un 1 o un 0 en cada una de las columnas correspondientes a los intervalos de 2 minutos. Si se detecta un ave dentro del primer intervalo de 2 minutos, anote “1”. Si no se detecta ninguna, anote “0”. Esto generará un historial de “captura-recaptura” dentro de cada conteo en el punto para cada ave, lo cual permitirá calcular las probabilidades de detección. Este método exige que los observadores den seguimiento a cada ave detectada durante un conteo en los puntos durante los 8 minutos. Un ave detectada durante el primer intervalo de 2 minutos obtendrá un 1 en la primera columna de 2 minutos; luego, el observador deberá buscar al ave durante cada uno de los restantes intervalos de 2 minutos y anotar otro 1 si aún la percibe (visual o auditivamente) o un 0 si ya no se le detecta. A algunas aves se les detectará durante el primer intervalo, luego desaparecerán durante uno o más intervalos subsiguientes y luego se volverán a mostrar durante el último intervalo. Quizás algunas aves no se detecten durante el primer intervalo, pero luego podrá observárseles en un intervalo posterior. Es decir que obtendrán un 0 durante el primer intervalo, luego, si se les detecta en el minuto 3, por ejemplo, obtendrían un 1 durante el segundo intervalo. Consúltese la hoja de datos en la figura 3.2 para más detalle.

La hora deberá anotarse únicamente cuando se inicie el conteo en cada punto. Utilice el mismo formato que se usó para los transectos lineales, e.g., 7:15.

La ubicación GPS deberá anotarse en la fila de datos para la primera especie detectada en cada punto de conteo. Al alimentar los datos a la computadora, la ubicación GPS puede copiarse para todas las aves en dicho punto.

Los comentarios de relevancia son similares a los que se hizo alusión en la sección de transectos lineales del presente protocolo.

Esta combinación de transectos lineales con cálculo de distancia y conteo en puntos se traducirá en 3 estimas de la abundancia de cada especie de ave. El cuarto cálculo provendrá del mapeo de la ubicación de cada ave detectada durante el recorrido de transectos y conteo en los puntos. Ya que se debe anotar la orientación y la distancia de cada ave con respecto del observador, utilizaremos dichos datos para hacer un mapa de la presencia de cada especie. La interpretación de los mapas con puntos deberán hacerla los observadores que recolectaron los datos, ya que ellos sabrán si evaluar si algunos grupos de aves eran los mismos que podían verse en otras áreas del estudio.

### ***Número de sitios***

El número de muestras requeridas para calcular la abundancia de aves es difíciles de obtener. Como mínimo, se recomienda que se utilicen 50 puntos o 10 km de transectos en los bosques panameños. Muestras de esta envergadura deberían rendir suficientes datos para estimar la abundancia de más del 75% de las especies presentes. Será difícil calcular con precisión las abundancias de todas las especies, así que los cálculos categóricos (por ejemplo, raramente detectada, muy raramente detectada) podrían ser la mejor alternativa cuando se tiene limitaciones de fondos y de tiempo.

### ***Redes de niebla***

La captura de aves con redes de niebla es un método popular y frecuentemente utilizado. Las redes de niebla pueden ser útiles cuando un objetivo del proyecto es crear una lista de las especies de aves que habiten en una localización conocida. Algunas especies de aves que son difíciles de detectar durante los transectos y los puntos de conteo pueden realmente ser bastante comunes. Aves pequeñas comedoras de frutos y néctar que no tienen cantos territoriales pueden representar una fracción sustancial de la comunidad de aves: las redes de niebla pueden revelar que estas especies inconspicuas son frecuentemente capturadas. Sin embargo, las redes de niebla no deberían ser usadas para hacer estimas de abundancias de aves porque están muy sesgadas (consúltese Remsen y Good, 1996 para ver un resumen de los muchos desafíos que presentan). Sin embargo, las redes de niebla pueden tener ciertas ventajas dependiendo de cuáles sean los objetivos específicos del proyecto. Por ejemplo, si uno desea

estudiar la demografía a largo plazo de especies de aves del sotobosque en un sitio concreto, o coleccionar sangre o plumas para análisis genéticos, las redes de niebla pueden ser muy útiles. Para mayores detalles sobre la metodología y buenas prácticas recomendamos consultar Ralph y Dunn (2004).

### **Muestreo acústico automático**

Una opción que está creciendo rápidamente para estudiar los sonidos de aves en bosques tropicales involucra el uso de estaciones automáticas de grabación. Se colocan micrófonos y aparatos de grabación digital en localizaciones seleccionadas, y se dejan grabando sonidos de aves mientras que los observadores están lejos trabajando en otras localizaciones. Para los estudios de aves, la utilidad actual de esta tecnología incluye la detección de especies que raramente vocalizan porque las grabadoras pueden ser ajustadas para grabar sonidos durante largos periodos de tiempo. Otro beneficio es los muestreos de transectos de línea y otros métodos utilizados para estimar la abundancia de aves se basan en medidas exactas de la probabilidad de detección de las aves. Si los sonidos son la principal señal usados para detectar las especies, entonces las grabadoras pueden aportar información de la tasa a la que estos cantos o trinos se producen. Estas tasas pueden ser utilizadas para calcular la probabilidad de escuchar una especie de ave durante un intervalo de tiempo muestreado de determinada duración (e.g. La probabilidad de escuchar un ave durante un conteo estacionario de 8 minutos). Las grabaciones también pueden ser usadas para mejorar nuestro conocimiento de cómo las tasas de vocalización cambian a lo largo de un día o a lo largo del año.

Recomendamos que, para los propósitos de este protocolo para el estudio de aves en bosques de Panamá, será más efectivo combinar los esfuerzos de grabaciones de aves con los esfuerzos de grabación de ranas (recomendamos consultar la sección de grabaciones acústicas automáticas de ranas en el Capítulo 6 para mayor detalle).

### **Identificación y manipulación de especies**

Un objetivo común de varios estudios de comunidades tropicales es generar un listado de todas las especies presentes. El primer orden de tareas al llevarlo a cabo es tener muy claro qué autoridad taxonómica registrará las especies y los nombres de las mismas. Para aves de Centro y Sur América, la autoridad la que más frecuentemente se recurre es el Sindicato de Ornitólogos de América (American Ornithologists' Union), que cuenta con listados oficiales de las aves de Norte y Sur América

([www.aou.org](http://www.aou.org)). Dichos listados son actualizados cada año e incorporan revisiones a los nombres de las especies. Las guías de campo proporcionarán criterios para identificar la mayoría de especies, pero los nombres que aparecen en dichas guías no son actualizados en la medida necesaria, así que los listados de AOU deberán revisarse para obtener la información más actualizada en cuanto a nombres científicos y en idioma inglés de las especies. Los nombres en idioma español no están estandarizados, así que sería mejor utilizar nombres científicos en latín o en idioma inglés cuando se recaben datos. Cuando se reporten los resultados de los inventarios de especies, será beneficioso citar qué autoridad y cuál versión del listado se usó.

Los observadores deberán comprender que la identificación acuciosa es de vital importancia; no se trata únicamente de generar una larga lista de especies. Por lo tanto, los criterios para incluir especies raramente detectadas en los listados de inventario deberán acordarse cuidadosamente con antelación. Se deberá tomar cualquier providencia para adquirir evidencia fotográfica o grabaciones de sonidos de especies muy raras, para que los futuros investigadores tengan la confianza de que las mismas fueron identificadas meticulosamente. Si no pueden obtenerse fotografías o grabaciones, los observadores deberán tomar exhaustivas notas y preservarlas con los formularios de recolección de datos. Los registros de especies raras, conjuntamente con fotografías y notas de campo, pueden archivarse en eBird ([ebird.org](http://ebird.org)). Las grabaciones de cantos y trinos pueden ser archivadas en [www.xeno-canto.org](http://www.xeno-canto.org).

## **Capacitación de personal**

Para llevar a cabo efectivos inventarios de especies, se debe contar con observadores adecuadamente capacitados. Debido a que muchas comunidades de aves tropicales son sumamente ricas en especies y muchas especies pueden detectarse sólo mediante vocalizaciones y casi nunca puede observarseles, se necesita de hábiles observadores para llevar a cabo inventarios de especies confiables. Los mejores observadores son aquellos que tienen excelente memoria en cuanto a vocalizaciones de las aves y que han estado estudiando intensamente a las aves de un área durante 6 meses como mínimo. Esto no quiere decir que el observador haya empezado a observar aves hace 6 meses; quiere decir que, desde hace 6 meses, el observador ha llevado a cabo intenso trabajo de campo y se ha dedicado a aprender todos los cantos y vocalizaciones de las especies que se espera existan dentro del área de estudio. Los ornitólogos especialmente cualificados para identificar aves con sólo escuchar su canto son a veces

capaces de aprender sobre una comunidad en menos de 6 meses. Los recursos en Internet (xeno-canto.org, por ejemplo) y DVDs de vocalizaciones de aves regionales (Cantos de aves de Costa Rica, por ejemplo) pueden acelerar el proceso de aprendizaje. En un mundo ideal, a los observadores se les pediría someterse a exámenes sobre sonidos de aves e identificación de imágenes de aves antes de que lleven a cabo un inventario de especies en un área. También se recomienda que los diseños de monitoreos siempre cuenten con más de un observador, para reducir la probabilidad de que la falta de conocimiento de uno de los observadores afecte los resultados del estudio.

### **Número de personas y capacitación**

El diseño del estudio dictará cuántos observadores se requerirán. Como mínimo, dos diferentes individuos deberán trabajar cada sitio, siempre y cuando dichos individuos cuenten con amplios conocimientos sobre identificación de aves mediante observación y sonido. Tales individuos no son fáciles de encontrar. Aunque muy pocas personas conocen todos los sonidos que emiten las aves de los bosques de Panamá, algunos guías de tours de observación de aves tienen mucha habilidad para descifrar los cantos. Sin embargo, los observadores también necesitan suficiente experiencia para calcular la distancia que existe entre las aves y los puntos o transectos. Los observadores deberían contar con un mínimo de 6 meses de amplia experiencia de campo estudiando aves del bosque tropical. Aunque dicha experiencia podría haberse adquirido en otros países, los observadores experimentados deberían haber estado por lo menos entre 2 y 3 semanas expuestos diariamente al campo para llegar a conocer a las aves del área de estudio antes de empezar a hacer conteos en puntos y transectos.

## **Presupuesto aproximado y calendario para Panamá**

### **Calendario y secuencia de monitoreos**

Todos los monitoreos deberán iniciarse no antes de 30 minutos antes de que salga el sol y no deberán hacerse más allá de 4 horas después del ocaso. Hasta qué hora se haga el trabajo dependerá de los sitios mismos. En algunos climas, las aves acallan sus vocalizaciones mucho más temprano y los monitoreos no deben hacerse más de 3 horas después del amanecer. En otros climas, usualmente más fríos, los estudios pueden continuar hasta 4 horas después del ocaso.

Los monitoreos deben hacerse en días secos y tranquilos o con escasos o nada de lluvia o viento. Si llovió antes del amanecer, a veces no será posible llevar a cabo monitoreos útiles esa mañana debido al

sonido de goteo proveniente del dosel. Usted será el mejor juez en cuanto a su habilidad de escuchar bien a las aves desde, por lo menos, 100 m.

Es más adecuado llevar a cabo monitoreos durante el mes que antecede y que incluye el inicio de la temporada principal de reproducción de las aves. Ésta es la época durante la cual es más probable que las aves estén vocalizando y, por ende, será más fácil detectarlas. En Panamá, los monitoreos deberán haberse completado entre el 15 de marzo y el 15 de junio. Las seis semanas más propicias para llevar a cabo monitoreos son las del 1° de abril al 15 de mayo.

Cada transecto y punto deberá visitarse un mínimo de 3 veces, preferiblemente entre 4 y 6 veces si se requieren estimas de abundancia. Si se precisan inventarios sencillos en un área muy amplia, sería más indicado monitorear varios sitios una sola vez y no menos sitios varias veces.

Recorra cada ruta de puntos-transectos en direcciones opuestas por lo menos una vez, en la medida de lo posible. Esto es especialmente importante cuando se trata de comunidades de aves tropicales de tierras bajas, ya que varias especies vocalizan sólo 30 minutos alrededor del amanecer.

#### *Trabajo — ¿cuántos días, personas?*

El número de observadores y la duración del estudio dependen de los temas que se desea cubrir. Una “regla para terminar” común es terminar los monitoreos cuando se haya observado un 95% o más del total estimado de las especies de aves (véase el Capítulo 8, que versa sobre curvas de acumulación de especies y cálculo de número de especies en un sitio).

Para estimar la abundancia de aves, se necesitan de por lo menos 40 detecciones de cada especie, incluyendo cálculos de distancia y datos sobre intervalos de tiempo. Esto significa que las decisiones a tomar tienen que ver con el número de especies para el cual el observador desea establecer estimas de abundancia. Será difícil lograr 40 avistamientos de especies raras, así que nunca será posible obtener estimas cuantitativas de abundancia para todas las especies de aves.

## Equipo y costes

| Material   | Coste aproximado  |
|--|-------------------|
| Binoculares  | \$600 o más       |
| Localizador de espectro láser  | \$200             |
| Tablas con clip (cubiertas de aluminio, para proteger a los datos de la lluvia; )  | \$33              |
| GPS  | \$150 o más       |
| Copias de formularios para datos   | \$100             |
| Lapiceros  | \$10              |
| Brújula  | \$50              |
| Vestimenta para campo (elección personal)  | \$100-150/persona |
| Teléfono satelital (por motivos de seguridad en áreas remotas;   | \$500             |
| Teléfono celular móvil (si se trabaja en áreas donde haya cobertura para tal equipo; puede utilizarse el aparato personal) | \$50              |
| Mapas del área de estudio  | \$50              |

## Presentación de datos

Se debe reunir y archivar cuidadosamente los metadatos juntamente con los datos. Los datos y metadatos deberán archivarse en la Red de Conocimiento Aviar (Avian Knowledge Network) ([www.avianknowledge.net](http://www.avianknowledge.net)). Los temas que aparecen a continuación deberán preservarse con detalle en los metadatos para cada proyecto de monitoreo de aves.

### *Metadatos y Proceso de Archivo:*

#### Metadatos Generales

- \* Información de contacto del propietario de los datos
- \* Palabras clave de los datos
- \* Citas de los protocolos relevantes usados

- \* Definiciones de los campos/columnas de la base de datos
- \* Calidad y precisión de los datos
- \* Acceso a datos e información sobre compartirlos

#### Información Geoespacial

- \* Datum geodésico (WGS 1984)
- \* Sistema de coordenadas geográficas (grados decimales)
- \* Coordenadas de los transectos de línea
- \* Coordenadas para puntos de conteo
- \* Coordenadas para sitios individuales de detección tomados de puntos cartografiados
- \* Polígonos de límites del sitio (archivados como mapas JPEG y shapefiles en programas de Sistemas de Información Geográfica, SIG)
- \* Listado de nombres de sitios y abreviaturas
- \* Descripción de los hábitats
- \* Descripción de información sobre cómo llegar a los sitios de muestreo

#### Información sobre Observación

- \* Definiciones de tipos de detección (visual, canto, vocalización, tamborileo, sobrevuelo)

#### Relacionado con las Aves

- \* Listado de nombres científicos (consultar [www.aou.org](http://www.aou.org))
- \* Listado de nombres comunes
- \* Listado de códigos abreviados de especies

Todos los datos y metadatos recabados conjuntamente con el estudio deberá archivarse digitalmente en sitios seguros, tales como la Red de Conocimiento Aviar (Avian Knowledge Network).

**Figura 3.1. Ejemplo de base de datos para los datos colectados en los transectos lineales**

|    | A             | B         | C         | D    | E   | F   | G   | H   | I        | J          | K    | L         | M          | N           | O                        | P            | Q         |
|----|---------------|-----------|-----------|------|-----|-----|-----|-----|----------|------------|------|-----------|------------|-------------|--------------------------|--------------|-----------|
| 1  | codigoEspecie | dirección | distancia | scvf | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | Lat      | Long       | Hora | Fecha     | Observador | Comentarios | NombreCientifico         | SitioEstudio | Provincia |
| 2  | rcma          | n         | 10        | v    | 1   | 0   | 0   | 0   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson | hembra      | Pipra mentalis           | Oleoducto    | Panama    |
| 3  | rcmm          | s         | 17        | vc   | 1   | 1   | 1   | 0   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Baryphthengus martii     | Oleoducto    | Panama    |
| 4  | lesg          | sso       | 55        | s    | 1   | 1   | 1   | 1   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Hylophilus decurtatus    | Oleoducto    | Panama    |
| 5  | lesg          | nne       | 80        | sc   | 0   | 1   | 1   | 1   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Hylophilus decurtatus    | Oleoducto    | Panama    |
| 6  | miki          | n         | 150       | vf   | 0   | 0   | 0   | 1   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson | vuela norte | Ictinia mississippiensis | Oleoducto    | Panama    |
| 7  | dwaw          | s         | 17        | vc   | 1   | 1   | 1   | 1   | 9.133422 | -79.720058 | 6:48 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Micropipra quixensis     | Oleoducto    | Panama    |
| 8  | wfla          | s         | 18        | vs   | 1   | 0   | 1   | 0   | 9.133422 | -79.720058 | 6:48 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Myrmotherula axillaris   | Oleoducto    | Panama    |
| 9  | cbab          | ene       | 47        | s    | 0   | 0   | 1   | 1   | 9.133422 | -79.720058 | 6:48 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Myrmeciza exsul          | Oleoducto    | Panama    |
| 10 | cbab          | e         | 50        | s    | 0   | 0   | 1   | 0   | 9.133422 | -79.720058 | 6:48 | 4/14/2014 | WDRobinson |             | Myrmeciza exsul          | Oleoducto    | Panama    |

**Figura 3.2. Ejemplo de base de datos para los datos colectados en los conteos.**

|    | A             | B         | C         | D    | E        | F          | G    | H         | I          | J                   | K                        | L            | M         |
|----|---------------|-----------|-----------|------|----------|------------|------|-----------|------------|---------------------|--------------------------|--------------|-----------|
| 1  | codigoEspecie | dirección | distancia | scvf | Lat      | Long       | Hora | Fecha     | Observador | Comentarios         | NombreCientifico         | SitioEstudio | Provincia |
| 2  | rcma          | n         | 0         | v    | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson | hembra sobrevolando | Pipra mentalis           | Oleoducto    | Panama    |
| 3  | rcmm          | s         | 17        | vc   | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Baryphthengus martii     | Oleoducto    | Panama    |
| 4  | lesg          | sso       | 55        | s    | 9.133511 | -79.720665 | 6:33 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Hylophilus decurtatus    | Oleoducto    | Panama    |
| 5  | lesg          | nne       | 80        | sc   | 9.133511 | -79.720672 | 6:34 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Hylophilus decurtatus    | Oleoducto    | Panama    |
| 6  | miki          | n         | 150       | vf   | 9.133511 | -79.720678 | 6:35 | 4/14/2014 | WDRobinson | volando norte       | Ictinia mississippiensis | Oleoducto    | Panama    |
| 7  | dwaw          | s         | 17        | vc   | 9.133422 | -79.720701 | 6:38 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Micropipra quixensis     | Oleoducto    | Panama    |
| 8  | wfla          | s         | 18        | vs   | 9.133422 | -79.720708 | 6:40 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Myrmotherula axillaris   | Oleoducto    | Panama    |
| 9  | cbab          | ene       | 47        | s    | 9.133422 | -79.720721 | 6:41 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Myrmeciza exsul          | Oleoducto    | Panama    |
| 10 | cbab          | e         | 50        | s    | 9.133422 | -79.720801 | 6:48 | 4/14/2014 | WDRobinson |                     | Myrmeciza exsul          | Oleoducto    | Panama    |

# Capítulo 4. Métodos estandarizados para muestreo de peces en los arroyos de Panamá

James H. Roberts and Paul L. Angermeier

Cita:

Roberts J.H., Angermeier P.L. 2014. Métodos estandarizados para muestreo de peces en los arroyos de Panamá. Pp 72-87. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## Introducción

El propósito de este capítulo es mostrar métodos para toma estandarizada de muestras de peces de agua dulce en Panamá. Para el propósito del presente documento, definimos “peces de arroyo” como cualquier especie de pez (clases Petromyzontida, Chondrichthyes, Sarcopterygii y Actinopterygii) que pasa cualquier porción de su vida en ríos o arroyos de agua dulce que sean lo menos profundos para tomar muestras mientras se vadea. Esta definición incluye especies que son residentes de por vida en agua dulce, así como aquellas que migran entre aguas dulces y saladas durante el curso de sus vidas (i.e., especies anádromas, catádromas, anfídromas y potádromas). Deseamos hacer notar que los métodos descritos aquí pueden aplicarse en cualquier arroyo susceptible de vadeo en Panamá y producir datos comparativos sobre distribución y abundancia de peces.

Los peces constituyen el grupo de vertebrados con el número de especies más abundante; se conocen actualmente aproximadamente 32,500 especies a nivel mundial (FishBase: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)). Los hábitats de agua dulce son desproporcionalmente ricos en especies; a pesar de contener sólo 0.01% del agua del mundo, los hábitats de agua dulce brindan hogar a 41% de la diversidad de peces del mundo (Helfman et al. 2009). En Panamá, los arroyos y ríos son los hábitats de agua dulce más abundantes. Se sabe que Panamá alberga 222 especies de peces de agua dulce, incluyendo 29 especies endémicas (FISHBASE, <http://www.fishbase.org/>), lo cual hace que los peces sean componente importante de la biodiversidad total de Panamá. Por ello, el monitoreo de los patrones espaciotemporales de la diversidad de peces complementa las iniciativas de monitoreo de diversidad de otros taxones terrestres.

Además de su valor intrínseco como contribuyentes a la biodiversidad, los peces también tienen un alto valor socioeconómico porque son buscados para alimento, deporte, mascotas y algunos se consideran íconos culturales. Por ejemplo, Golder Associates (2010) descubrió que un importante número de habitantes del Distrito Donoso en el área norte-centro de Panamá depende de peces de agua dulce para sobrevivir. Entre las especies particularmente importantes están *Brycon chagrensis*, *Gobiomorus dormitor*, *Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi*. El monitoreo de abundancia y estructura del stock de la población de tales especies podría permitir generar inferencias sobre el estatus de las pesquerías y su capacidad de satisfacer las necesidades humanas.

El monitoreo espaciotemporal de la estructura de la comunidad de peces también puede proporcionar información sobre la integridad ecológica de los ecosistemas fluviales. Ciertos grupos

taxonómicos y funcionales de peces son altamente sensibles a los incrementos de elementos estresantes, como la sedimentación, la eutrofización y la contaminación por químicos (Fausch et al. 1990). Los cambios en la abundancia de estos grupos de peces, en relación a grupos más tolerantes, podrían indicar niveles elevados de uno o más elementos estresantes. Debido a que los peces constituyen el único grupo importante de vertebrados restringido a hábitats acuáticos, usar peces para evaluación ambiental complementa las evaluaciones basadas en taxones terrestres.

Como se dijo antes, los objetivos potenciales del proyecto de monitoreo de peces de arroyo pueden ir desde el monitoreo de biodiversidad, evaluación ambiental o evaluación detallada del estatus de especies socioeconómicamente valiosas. Es importante hacer hincapié en que ningún protocolo de muestreo es óptimo para cubrir todos los objetivos antes descritos. Por ejemplo, estimas de presencia de especies podrían bastar para responder preguntas generales sobre la biodiversidad, pero podría no ser suficientes para evaluación ambiental o de pesquerías, que por lo general requieren estimas de abundancia o biomasa. Nuestro objetivo aquí es destacar un protocolo de monitoreo que es científicamente robusto, rápido, eficiente en costos, y razonablemente efectivo para responder un rango de objetivos potenciales que requieran datos de distribución y abundancia de peces.

## **Métodos de muestreo**

Es imposible hacer inferencias espaciales sobre un arroyo o cuenca completo, o inferencias temporales sobre un año completo basados en un solo evento de muestreo llevado a cabo en un solo sitio. Sin embargo, cada sitio y evento de muestreo debería proporcionar una buena representación de la población de peces y características de la comunidad dentro de determinada área del arroyo (i.e., alternando hábitats de rápidos y pozas) dentro de cierto momento del año. Idealmente, un sitio debería ser lo suficientemente extenso como para cubrir las actividades diarias de la mayoría de miembros de la comunidad de peces. En otras palabras, los individuos no deberían migrar desde o hacia un sitio durante cortos periodos de tiempo. Es más: los sitios deberían ser lo suficientemente largos como para representar una variedad de tipos de hábitat, permitir la detección de especies raras y distribuidas de manera esparcida y proporcionar representaciones asintóticamente exactas de la composición de la comunidad. La longitud necesaria del sitio para cumplir con dichos criterios está en función positiva del tamaño del arroyo, que puede aproximarse por el promedio del ancho mojado del arroyo.

Basándonos en los resultados de estudios anteriores, recomendamos que la longitud del sitio sea 40 veces el ancho del arroyo, con una longitud mínima de 100 m y un máximo de 500 m (Figura 4.1). Por ejemplo, los sitios que tengan en promedio 2, 5 y 15 m de ancho deberán tener una longitud de 100, 200 y 500 m, respectivamente. Una implicación importante de esta convención es que el sitio mismo probablemente tendrá diferentes anchos mojados durante la época seca y la lluviosa, y la longitud de los sitios deberá ajustarse proporcionalmente. Una consideración final para designar las dimensiones del sitio es que, en la medida de lo posible, los extremos finales del sitio coincidan con elementos naturales que frenen el movimiento de los peces, como cascadas, diques de hojarasca o rápidos poco profundos, o barreras fabricadas por el hombre como alcantarillas o diques artificiales. Esto reducirá la posibilidad de que los peces emigren del sitio mientras se muestrea, algo altamente probable. El mismo efecto podría lograrse utilizando redes de bloqueo en los extremos río arriba y río abajo de los sitios (Figura 4.1).

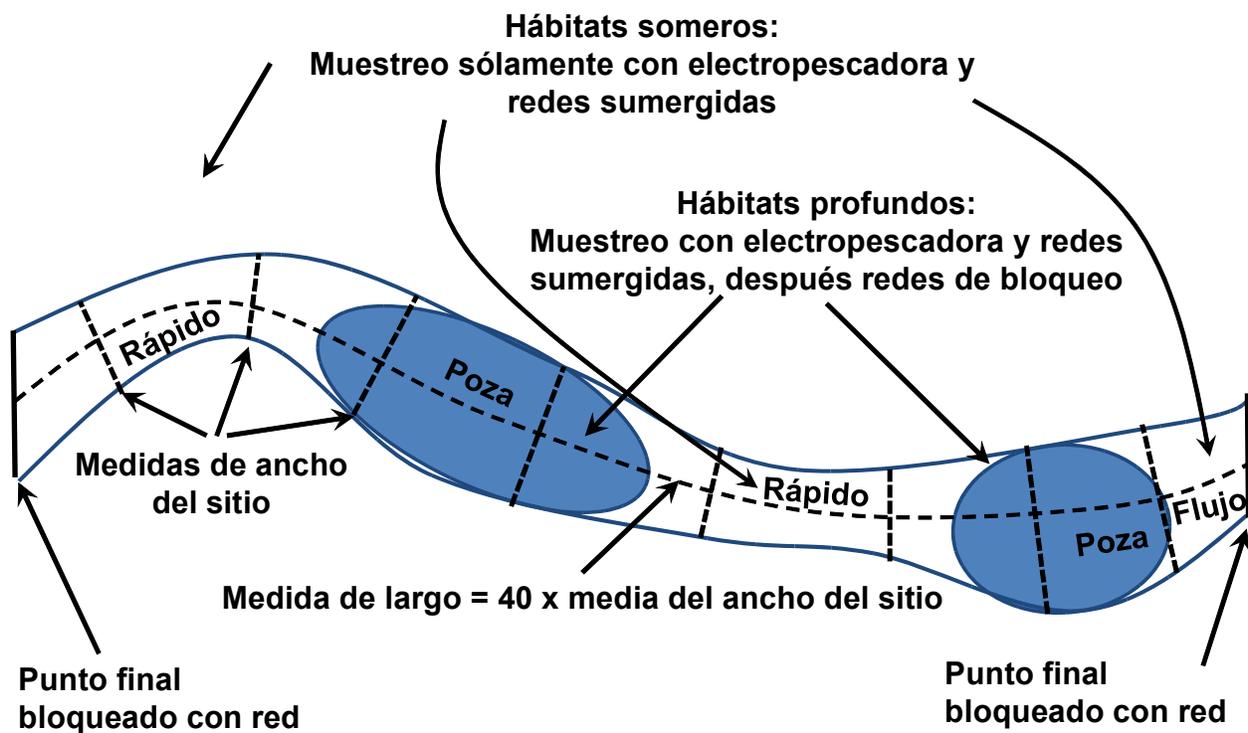


Figura 4.1. Esquema de ubicación espacial de los puntos de muestreo a lo largo de un hipotético arroyo.

## **Métodos recomendados para muestreo de peces**

Es necesario combinar métodos de muestreo para llevar a cabo un trabajo efectivo en los arroyos panameños. Recomendamos, particularmente, una combinación de los sistemas de pesca eléctrica (electropesca) con mochila cargada con corriente directa y salabre y redes sumergidas en todos los hábitats (i.e. rápidos, flujos y pozas), aumentado por cercos adicionales en áreas profundas (i.e., rápidos y pozas más lentos). Esta combinación asegurará que cada método se utilice en el tipo de hábitat donde sea más efectivo.

El día del muestreo, se deberá delimitar los puntos iniciales y finales con cinta para tal propósito, y si se utilizarán redes de bloqueo, éstas deberán colocarse. Los investigadores deberán minimizar el tráfico en el área del arroyo antes del muestreo y esperar a que el limo y la turbidez se disipen. Comenzando en el extremo del sitio río abajo, el equipo de pesca eléctrica con mochila deberá proceder río arriba, buscando peces en cada unidad secuencial de canal (rápido, flujo o poza) que hallen. Todo el equipo deberá dirigirse al unísono en dirección río arriba; la persona que maneje la electropescadora deberá barrer el ánodo lentamente de lado a lado (i.e., extendiendo el campo eléctrico a través de un área de 4 metros de ancho) y los encargados de las redes deberán empezar a capturar los peces aturdidos en un cubo con agua. El ánodo y el cátodo deberán permanecer debajo del agua y la corriente de electropesca deberá aplicarse continuamente durante toda la pasada del muestreo. Todos los encargados de redes deberán observar atentamente el campo eléctrico en busca de peces crípticos y bénticos que quizás estén aturdidos en el fondo del arroyo. En agua que corre, a tales peces se les puede capturar efectivamente sosteniendo redes sumergidas en contra del fondo del arroyo. Por motivos de seguridad y efectividad de las redes, todo el personal deberá utilizar lentes oscuros polarizados. Además, todo el personal deberá usar botas aislantes no transpirables.

La calibración eléctrica óptima para la pescadora eléctrica depende de situaciones tales como tamaño de los peces, profundidad del agua y conductividad del agua. Las electropescadoras más modernas tienen una característica de “calibración rápida” que automáticamente ajusta el voltaje, la frecuencia y el ciclo a niveles razonables que luego pueden ser refinados por los investigadores. Como punto de inicio, sugerimos corriente directa (CD) a pulsos de 60 Hz con un ciclo de 15% y 250 voltios. En aguas de baja conductividad, sugerimos CD a pulsaciones de 30 Hz con ciclo de 45% y 500 voltios. Las bajas frecuencias, aparte de ser más adecuadas en situaciones de baja conductividad, son también más adecuadas para capturar pez gato (orden Siluriformes). De cualquier forma, los investigadores deberán observar cuidadosamente el comportamiento de los peces aturdidos y ajustar el voltaje (más o

menos) en la medida de lo necesario para obtener una respuesta ideal (i.e., que los peces naden hacia el ánodo) evitando la tetania (i.e., contracciones musculares involuntarias y rápidas) o la muerte.



**Figura 4.2. Ejemplo de equipo de campo realizando electropesca de mochila y colectando peces en redes sumergidas. Créditos: Brett Ostby**

Inmediatamente después de trabajar cada unidad de hábitat profundo (poza o flujo lento, de aquí en adelante, “poza”) con la electropescadora, quien maneja el instrumento y los encargados de las redes sumergidas deberán hacerse a un lado y permitir que se haga un muestreo con redes de bloqueo, para capturar peces que se hayan escapado al primer intento. Para utilizar las redes de bloqueo, dos personas sostienen cada una un asa de la red y, empezando desde el extremo de río abajo de la poza, arrastran la red rápidamente en dirección de río arriba, perpendicular al banco del arroyo. Durante el “arrastre”, quienes manejan la red deben moverse más rápidamente que la corriente, para evitar que la red se voltee. Es crucial que la línea plomada esté en contacto directo con el fondo del arroyo mientras se está halando la red. Una tercera persona caminará detrás de la red y halará suavemente la plomada si ésta se enredara o prende con algo. Al final del ejercicio, la red debería estar varada mediante arrastre a un banco sin obstrucciones. Antes de empezar a arrastrar la red, los encargados de la red deberán planificar cuidadosamente su camino a través de la poza y decidir dónde terminar el ejercicio. Cada arrastre deberá ser lo suficientemente largo como para tomar muestra del total de toda la poza, o 15

metros, lo que sea menos extenso. Si se requirieran varios intentos para cubrir toda la longitud de la poza, los encargados de las redes deberán dividir cada intento en cuantas divisiones naturales de hábitat se hallen en la poza. Si el arroyo tuviera un ancho de  $\leq 3$  m, se deberá utilizar una red para muestrear todo el ancho del arroyo. Si el arroyo tuviera entre 3 y 6 metros de ancho, una red deberá utilizarse para muestrear el lado del arroyo que sea más adecuado para la efectividad de la red. Si la red tuviera un ancho de  $\geq 6$  m, se podrán utilizar simultáneamente dos redes para muestrear ambos lados del arroyo. En cualquier caso, cada arrastre de la red deberá muestrear una sola área (i.e., no deberá traslaparse con otro arrastre). Los peces capturados con este método deberán colocarse en cubos separados de los capturados mediante pesca eléctrica, ya que las dos series de datos se registrarán separadamente. Se deberá hacer un registro del número total de arrastres de redes llevados a cabo en cada sitio. Después de utilizar la red en cada poza, el equipo deberá empezar la electropesca en la próxima unidad de hábitat río arriba.



**Figura 4.3. Ejemplo de equipo de campo bloqueando una poza. Créditos: Margarethe Brummermann**

Luego de haber terminado el trabajo de muestreo en el sitio, se deberá revisar las redes de bloqueo (si se utilizaron) para confirmar que ningún pez se haya deslizado río abajo y que se haya atrapado contra la red. Se deberán registrar datos separados para pesca eléctrica y redes de bloqueo, para que puedan analizarse de forma separada los resultados. Se deberá identificar la especie de cada

pez individual, para que pueda generarse un listado de las especies que se pueden hallar en el sitio (consúltese capítulo 8 para más detalles). Además, recomendamos que cada pez identificado sea contado, para que pueda calcularse una abundancia proporcional (AP) del esfuerzo de captura-por-unidad de cada especie (Capítulo 8). La AP proporciona mucha más información biológica que sólo los datos correspondientes a presencia-ausencia, especialmente cuando se está haciendo énfasis en evaluaciones ambientales o de pesquerías, así que creemos que los beneficios de contar los peces resultan valiosos, a pesar de que requieren invertir más tiempo.

## **Identificación y manipulación de especies**

Periódicamente se deberá transferir a un recipiente más grande los peces que se hayan colocado en cubos, en espera de procesamiento. Éste podría ser un contenedor sólido colocado en la vera del arroyo, lleno con agua del mismo y equipado con un aireador, o un contenedor que permita el flujo de agua colocado en el arroyo mismo. En cualquiera de los casos, se recomienda utilizar una tapadera para evitar que los peces salten fuera del recipiente. Debe tenerse cuidado de no sobrecargar los peces en los contenedores y se debe monitorear la condición de los peces para garantizar que los niveles de oxígeno sean adecuados para minimizar la tensión de los peces capturados.

Se deberá identificar la especie de cada pez, para que pueda generarse un listado de las especies que están presentes en el sitio. Luego de identificar y hacer registro, se deberá tomar una fotografía de cada especie, para propósitos de registro. Cualquier especie difícil de identificar, inesperada en el sitio (excluyendo especies protegidas) o que no puedan identificarse en el sitio, deberán sacrificarse en una solución de 100-mg L<sup>-1</sup> de metasulfato de tricaína (nombre comercial, “Finquel” por Argent Chemical Laboratories, Inc. de Redmond, Washington), diluido en una solución tampón de formalina al 10% y luego transferida a una solución de etanol al 70% para almacenaje, manipulación segura e identificación positiva. Todos los demás individuos deberán regresarse vivos al arroyo, uniformemente distribuidos en el sitio.

## **Capacitación del Personal**

Recomendamos que por lo menos un miembro de cada equipo de muestreo participe en un curso profesional sobre electropesca. Tales cursos son ofrecidos por la Sociedad Americana de Pesquerías

([www.fisheries.org](http://www.fisheries.org)), Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (<http://nctc.fws.gov/>) y Smith-Root (Vancouver, Washington; <http://www.smith-root.com/services/training>). El miembro capacitado del equipo deberá capacitar a sus demás colegas.

## **Presupuesto aproximado y calendario para Panamá**

### **Calendario de muestreo**

La mayoría de métodos de muestreo estándar para peces de arroyo se han desarrollado para arroyos templados, donde por lo general no se hace muestreo de peces entre final de otoño e inicios de primavera, porque la temperatura del agua es baja, las corrientes son altas, los peces están en reposo y es difícil capturarlos y no hay altos índices de reclutamiento. Los arroyos tropicales muestran un patrón enteramente diferente en cuanto a variación por temporada: el reclutamiento ocurre todo el año y son pocas las variaciones temporales que se observan en la temperatura del arroyo o en la actividad de los peces, a pesar de una variación dramática de corrientes en las temporadas lluviosa y seca. Debido a estas diferencias, es poco claro cuál época del año es óptima para muestrear peces en arroyos tropicales. Esta empresa es más fácilmente llevada a cabo durante la época seca, porque el bajo volumen de corriente concentra a los peces en áreas más pequeñas y menos profundas y la escasa turbidez facilita la visibilidad a los equipos, lo cual se traduce en una eficiencia mayor en cuanto a captura. Sin embargo, el muestreo durante la época seca sólo permite conocer a medias la biodiversidad y las condiciones ecológicas en los sitios. Algunas especies migratorias de peces habitan en arroyos vadeables sólo durante la época lluviosa; no podría observárseles durante la época seca. Es más: las especies diferentes de peces se reproducen durante diferentes temporadas y, si fuera un objetivo importante detectar presencia de reproducción en sitio (e.g., como evaluación de la capacidad de un sitio para proporcionar hábitat de reproducción o reclutamiento), no se observaría tal reproducción si el muestreo se lleva a cabo sólo durante una temporada.

Basándonos en estas consideraciones, recomendamos que se lleve a cabo muestreo para dado estudio en ambas temporadas, la lluviosa y la seca, para describir con precisión los patrones anuales de biodiversidad y condición ecológica de los sitios. Por lo tanto, la temporada es un estrato adicional del muestreo. Si, luego de haber llevado a cabo en alguna medida el muestreo preliminar, se determina que las muestras de tanto la época lluviosa como la seca son altamente redundantes (e.g., los resultados son similares en cuanto a riqueza de especies, abundancias relativas, clasificación de condiciones

ecológicas, etc.), el investigador tal vez desee llevar a cabo muestreo subsecuente solamente durante una de las temporadas, lo más probable durante la época seca. Sin embargo, basándonos en resultados de anteriores estudios, es poco probable que ocurra tal redundancia. Sea como sea, los investigadores no deberán unir los datos de ambas temporadas a menos que investigación subsecuente muestre que es adecuado hacerlo. Para evitar los efectos confusos que podrían generar las condiciones de corriente, es importante describir explícitamente en los datos, reportes y publicaciones, cuáles fueron tanto la época como las condiciones reinantes durante el muestreo, tener consistencia en los tiempos del muestreo de los estudios y comparar estudios sólo cuando el tiempo invertido en el muestreo sea lo suficientemente consistente para hacerlo.

### **Tiempo requerido para completar los muestreos**

Según nuestra experiencia, para completar el protocolo estandarizado antes descrito, un equipo de muestreo estándar deberá invertir aproximadamente cuatro horas por sitio, incluyendo demarcación del sitio, muestreo de peces, procesamiento de peces y colección simple de datos concernientes a hábitat y calidad del agua. Esta estima se basa en nuestra experiencia combinada de 50+ años muestreando peces en arroyos desde el primero hasta el quinto orden. De todos modos, el tiempo necesario para muestrear determinado sitio variará según el ancho y el largo del sitio, envergadura del equipo y densidad de peces, entre otros factores.

Para la electropesca recomendamos una electropescadora de mochila alimentada por baterías o generador de combustible a potencia DC, equipada con un caña anodo de fibra de vidrio de 2 metros de largo con un ánodo redondo y un interruptor de seguridad y un cátodo de acero trenzado de 2 metros de largo (“cola de rata”). - A los peces se les deberá capturar con redes sumergidas con cedazo de 6.4-mm de luz de malla y cañas de madera o fibra de vidrio de 2 metros de largo.

La operación de cada electropescadora de mochila precisa de dos o tres personas; una persona porta la mochila y lleva consigo una red sumergida, mientras otra u otras dos personas llevan redes sumergidas y cubos para depositar los peces capturados. El equipo para este cometido cuesta aproximadamente USD \$10,000 por electropescadora (incluyendo la electropescadora, los electrodos, la batería, el cargador y las redes). El número exacto de electropescadoras que se necesitan para muestrear efectivamente el sitio depende del tamaño del arroyo; en un arroyo ancho, los peces fácilmente evaden la electropescadora nadando fuera del campo eléctrico. Se recomiendan un pescador

con la mochila y dos o más individuos para cada 4m de ancho del arroyo. Por lo tanto, en un arroyo de 16 m de ancho, se necesitarían cuatro electropescadoras con mochila y de ocho a doce individuos de apoyo. Para los esfuerzos con red de bloqueo, recomendamos utilizar una red plana (sin bolsa) de 3-4 metros de largo por 2 metros de alto con cedazo de 6.5-mm, flotadores en la línea superior y pesos de plomo en el fondo, espaciados a intervalos de 15 centímetros. La red puede acoplarse a cualquier tipo de caña que sea lo suficientemente largo y fuerte como para arrastrarla. Esto cuesta aproximadamente USD \$150 por red. Hasta dos redes pueden operarse simultáneamente (en arroyos anchos), cada una a cargo de tres personas. Para efectos de seguridad y efectividad de captura, todo el personal deberá usar anteojos para sol polarizados. Además, el personal deberá vestir botas impermeables-no transpirables. Los puntos finales deberán marcarse con cinta adecuada. Periódicamente, los peces en los cubos deberán ser transferidos a un recipiente más grande mientras se les procesa. Este recipiente podría ser un contenedor sólido colocado en la vera del arroyo, lleno con agua del mismo y equipado con un aireador, o un contenedor que permita el flujo de agua colocado en el arroyo mismo. En cualquiera de los casos, se recomienda utilizar una tapadera para evitar que los peces salten fuera del recipiente.

## **Presentación de datos**

### **Mediciones estándar de peces recomendadas**

Los investigadores deberán extraer una serie de mediciones estándar de los datos de peces en el campo y presentar los valores en tablas adjuntas a reportes y publicaciones. De dichas mediciones estándar, el investigador u otros individuos podrán derivar una gran variedad de mediciones adicionales post hoc. Cada medición deberá presentarse separadamente para cada tipo de equipo (electropesca y redes) en cada sitio. En otras palabras: si se hace muestreo en 30 sitios, se deberán presentar 60 valores en cada variable medida. Entre las mediciones estándar podemos incluir

- Lista de todas las especies de peces capturadas
- Número de especies de peces capturadas (i.e., riqueza de las especies). Véase Capítulo 8.
- El número total de individuos capturados de cada especie (i.e., captura)
- LaAP de cada especie basado en electropesca, calculado como captura dividida por el largo del sitio (peces/km<sup>-1</sup>)

- La AP de cada especie basado en electropesca, calculado como captura dividida por el área (largo por ancho promedio) del sitio (peces/ha<sup>-1</sup>)
- La AP de cada especie basado en captura con redes, calculado como la captura dividida por el número de arrastre de red (arrastre de peces<sup>-1</sup>)

### **Colección de datos ambientales recomendada**

Aparte de los datos sobre peces, hacer registro de otras características del sitio ayudaría a los investigadores a interpretar la varianza en la distribución y abundancia de peces y quizás hasta les permita explicar la varianza en la eficacia del muestreo entre los sitios. Como mínimo, recomendamos que los investigadores hagan registro de los siguientes tipos de datos suplementarios en cada sitio durante cada visita:

- Latitud, longitud (en grados decimales) y elevación (m) de los sitios finales río abajo y río arriba y el datum geodésico en que se basan dichas coordenadas
- Longitud del sitio (m) y ancho promedio (m)
- Temperatura del agua (°C), pH, conductividad ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ) y turbidez (NTU)
- Calibración de la electropescadora (voltaje, frecuencia, ciclo de trabajo) y número de arrastres
- Notas descriptivas sobre condiciones de muestreo, características de hábitat, presencia de características inusuales como barreras hechas por el hombre o descargas de contaminantes y demás observaciones biológicas importantes, como actividad de desove, peces con lastimaduras o deformidades, presencia de peces muertos.

Dependiendo de los objetivos del estudio y recursos disponibles, quizás también sería prudente recabar datos adicionales sobre caudal (discharge) del arroyo ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), calidad del agua (e.g., oxígeno disuelto [ $\text{mg L}^{-1}$ ], concentraciones de metal), hábitats dentro del arroyo (e.g., tamaño del substrato, integración, desechos de madera) o condiciones riparias (e.g., extensión y tipo de vegetación se extraerán de los resultados del capítulo 7). Si se va a tomar medidas de hábitat, recomendamos utilizar el “Protocolo de Bioasesoría Rápida” de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU para medir hábitat físico en arroyos de fuerte pendiente (véase Capítulo 5 y Apéndice A en Barbour et al. 1999; disponible en <http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsl/bioassessment/>)

Figura 4.4. Ejemplo de base de datos de comunidad de peces

|    | A            | B                 | C                | D                     | E        | F                 | G                                  | H                           | I                             | J                                | K                                      |
|----|--------------|-------------------|------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|
| 1  | Colección #  | Fecha de muestreo | Nombre del sitio | Sitio visitado antes? | Visita # | Metodo de captura | Especie de pez                     | Numero capturado y liberado | Numero capturado y preservado | Numero con llagas y deformidades | Nombre archivo de etiqueta fotografica |
| 2  | JR071913-001 | 19 Jul 2013       | Rio Hoja Arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Gobiomorus dormitor</i>         | 3                           | 0                             | 0                                | DSC100457.jpg                          |
| 3  | JR071913-001 | 19 Jul 2013       | Rio Hoja Arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>           | 12                          | 0                             | 1                                | DSC100458.jpg                          |
| 4  | JR071913-001 | 19 Jul 2013       | Rio Hoja Arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Agonostomus monticola</i>       | 2                           | 1                             | 0                                | DSC100459.jpg                          |
| 5  | JR071913-001 | 19 Jul 2013       | Rio Hoja Arriba  | Si                    | 1        | Red de bloqueo    | <i>Gobiomorus dormitor</i>         | 10                          | 0                             | 0                                | nada                                   |
| 6  | JR071913-001 | 19 Jul 2013       | Rio Hoja Arriba  | Si                    | 1        | Red de bloqueo    | <i>Gephyrocharax intermedius</i>   | 26                          | 1                             | 1                                | DSC100460.jpg                          |
| 7  | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Electropescadora  | <i>Gobiomorus dormitor</i>         | 2                           | 0                             | 0                                | DSC100461.jpg                          |
| 8  | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>           | 15                          | 0                             | 0                                | DSC100462.jpg                          |
| 9  | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Electropescadora  | <i>Hyphessobrycon panamensis</i>   | 8                           | 2                             | 4                                | DSC100463.jpg                          |
| 10 | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Electropescadora  | <i>Agonostomus monticola</i>       | 30                          | 0                             | 0                                | DSC100464.jpg                          |
| 11 | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Electropescadora  | <i>Aequidens coeruleopunctatus</i> | 1                           | 0                             | 0                                | DSC100465.jpg                          |
| 12 | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Red de bloqueo    | <i>Gobiomorus dormitor</i>         | 7                           | 0                             | 0                                | nada                                   |
| 13 | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Red de bloqueo    | <i>Brycon chagrensis</i>           | 27                          | 0                             | 0                                | nada                                   |
| 14 | JR072113-001 | 21 Jul 2013       | Uvero 2          | No                    | 1        | Red de bloqueo    | <i>Atherinella chagresi</i>        | 2                           | 1                             | 0                                | DSC100466.jpg                          |

Figura 4.5. Ejemplo de base de Datos básicos del sitio de muestreo.

|    | A   | B                 | C                 | D                 | E                 |
|----|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | Colección #   | JR071913-001      | JR072013-001      | JR072113-001      | JR080313-001      |
| 2  | Fecha de muestreo   | 19 Jul 2013       | 20 Jul 2013       | 21 Jul 2013       | 03 Ag 2013        |
| 3  | Nombre del sitio  | Rio Hoja arriba   | Rio Hoja arriba   | Uvero 2           | Petaquilla 6      |
| 4  | Sitio visitado antes?   | Si                | Si                | No                | No                |
| 5  | Numero de visita  | 1                 | 2                 | 1                 | 1                 |
| 6  | Cuerpo de agua  | Rio Hoja          | Rio Hoja          | Rio Uvero         | Rio Petaquilla    |
| 7  | Cuenca del rio  | Caimito           | Caimito           | Caimito           | Petaquilla        |
| 8  | Distrito  | Donoso            | Donoso            | Donoso            | Donoso            |
| 9  | Provincia   | Colon             | Colon             | Colon             | Colon             |
| 10 | País  | Panama            | Panama            | Panama            | Panama            |
| 11 | Latitud del sitio rio abajo   | 8.947677          | 8.947677          | 8.937677          | 8.977677          |
| 12 | Longitud del sitio rio abajo  | -80.474428        | -80.474428        | -80.484428        | -80.444428        |
| 13 | Latitud del sitio rio arriba  | 8.949246          | 8.949246          | 8.939246          | 8.979246          |
| 14 | Longitud del sitio rio arriba                                       | -80.481034        | -80.481034        | -80.491034        | -80.451034        |
| 15 | Elevación (m) del sitio rio abajo                                   | 50                | 50                | 35                | 25                |
| 16 | Elevación (m) del sitio rio arriba                                  | 53                | 53                | 38                | 28                |
| 17 | Largo (m) del sitio   | 248               | 248               | 412               | 500               |
| 18 | Anchura media del sitio (m)   | 6.2               | 6.2               | 10.3              | 13.8              |
| 19 | Parámetros electropescadora (voltios, frecuencia, ciclo de trabajo) | 500 V, 30 Hz, 45% |
| 20 | Tiempo de electropesca (minutos)                                    | 220               | 215               | 203               | 199               |
| 21 | Numero de arrastres de red realizados                               | 6                 | 6                 | 14                | 17                |
| 22 | Redes de bloqueo usadas?  | Si                | Si                | Si                | No                |
| 23 | Condiciones meteorológicas  | soleado, 25 ° C   | soleado, 24 ° C   | nublado, 22 ° C   | lluvioso, 20 ° C  |
| 24 | Flujo del arroyo (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )                  | 0.8               | 0.8               | 2.4               | no medida         |
| 25 | Temperatura del agua (° C)  | 22                | 23                | 24                | 25                |
| 26 | Turbidez (NTU)  | 2.1               | 1.9               | 4.8               | 6.6               |
| 27 | pH  | 6.6               | 6.7               | 7.1               | 7.2               |
| 28 | Conductividad especifica (µs cm <sup>-1</sup> )                     | 43.2              | 43.5              | 70.2              | 74.4              |
| 29 | Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> )                              | 9.4               | 9.2               | 8.1               | 9.6               |
| 30 | Valoración rápida de puntuación de hábitat                          | 186               | no medida         | 154               | 132               |
| 31 |   |                   |                   |                   |                   |

**Figura 4.6. Ejemplo de base de Datos de detalle de especies focales**

|    | A            | B              | C                | D                     | E        | F                 | G                          | H                | I             | J              | K                         | L                  | M               | N           |
|----|--------------|----------------|------------------|-----------------------|----------|-------------------|----------------------------|------------------|---------------|----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------|
| 1  | Coleccion #  | Fecha muestreo | Nombre del sitio | Sitio visitado antes? | Visita # | Metodo de captura | Especie de pez             | Largo total (mm) | Peso Neto (g) | Anormalidades  | Parte colectada para edad | etiqueta presente? | Nueva etiqueta? | Comentarios |
| 2  | JR071913-001 | 19 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Gobiomorus dormitor</i> | 74               | 25            | no             | otolitos                  | No                 | Si              |             |
| 3  | JR071913-001 | 20 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Gobiomorus dormitor</i> | 104              | 35            | no             | otolitos                  | No                 | Si              |             |
| 4  | JR071913-001 | 21 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Gobiomorus dormitor</i> | 43               | 14            | no             | otolitos                  | No                 | Si              |             |
| 5  | JR071913-001 | 22 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 135              | 45            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 6  | JR071913-001 | 23 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 193              | 64            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 7  | JR071913-001 | 24 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 95               | 32            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 8  | JR071913-001 | 25 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 200              | 67            | lesion lateral | escamas                   | No                 | No              | Preservado  |
| 9  | JR071913-001 | 26 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 125              | 42            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 10 | JR071913-001 | 27 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 131              | 44            | no             | nada                      | No                 | Si              |             |
| 11 | JR071913-001 | 28 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 193              | 64            | no             | nada                      | No                 | Si              |             |
| 12 | JR071913-001 | 29 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 87               | 29            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 13 | JR071913-001 | 30 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 126              | 42            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 14 | JR071913-001 | 31 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 75               | 25            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 15 | JR071913-001 | 32 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 32               | 11            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |
| 16 | JR071913-001 | 33 Jul 2013    | Rio Hoja arriba  | Si                    | 1        | Electropescadora  | <i>Brycon chagrensis</i>   | 146              | 49            | no             | escamas                   | No                 | Si              |             |



# Capítulo 5. Métodos para inventario y monitoreo de grandes mamíferos

**Patrick A. Jansen**

Cita:

Jansen P.A. 2014. Métodos para inventario y monitoreo de grandes mamíferos. Pp 88-103. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## Introducción

Los grandes mamíferos –aquí definidos como mamíferos de tamaño mediano hasta grande, con masa corporal de  $>1$  kg – son componente clave de las comunidades del bosque tropical y proporcionan importantes servicios ecosistémicos. Influyen de múltiples formas en la vegetación tales como polinización, dispersión de semillas, depredación de semillas y herbivoría, redistribuyendo nutrientes y ejerciendo alteraciones físicas de las condiciones abióticas, así como controlando la abundancia de enemigos naturales.

Los humanos afectan de forma desproporcionada a los grandes mamíferos. Particularmente los cambios en el uso de la tierra y la cacería, amenaza a gran cantidad de especies clasificadas como en peligro de extinción a escala local o incluso extinciones globales. La pérdida de poblaciones de grandes mamíferos debido a cacería u otros motivos desata una cascada de efectos negativos sobre otras especies vertebradas y, en último grado, la composición de especies y estructura del bosque. La combinación de su importancia desproporcionada para los ecosistemas, y su alta vulnerabilidad, hace que los grandes vertebrados, y particularmente los grandes depredadores y los primates, sean potentes indicadores de la salud del ecosistema. Las tendencias exhibidas a lo largo del tiempo en cuanto a abundancia relativa de especies podrán servir como indicadores de niveles de perturbación que no serían detectados por las herramientas de teledetección remota. Los datos sobre tendencias de largo plazo en cuanto a riqueza, abundancia y densidad son de gran valor para las políticas de conservación. Los grandes mamíferos también son carismáticos, una característica que podría aprovecharse para motivar a un amplio público a participar en su conservación.

Es sorprendente la poca información cuantitativa disponible sobre cómo responden las comunidades de mamíferos a las amenazas locales, regionales y globales, especialmente en los trópicos, donde se halla la mayor cantidad de biodiversidad. Afortunadamente, los estudios que utilizan trampas fotográficas (cámaras trampa de aquí en adelante), que toman fotos a los mamíferos cuando éstos caminan frente a sensores infrarrojos, ha resuelto parcialmente dicho problema. En este capítulo mostramos dos protocolos estándar para el estudio de grandes mamíferos: (1) una malla a gran escala de cámaras trampa para el monitoreo de grandes mamíferos terrestres; (2) transectos lineales para estudiar primates y demás mamíferos arbóreos diurnos. Juntos, estos protocolos abarcan a todos los grandes mamíferos, exceptuando las especies arbóreas nocturnas. Estos protocolos se nutren de procedimientos estándar firmemente establecidos, publicados y evaluados en el campo.

## Métodos de muestreo

### Protocolo 1. Cámaras trampa y su uso con mamíferos terrestres y aves

Las cámaras trampa han emergido como herramienta estándar para el estudio de comunidades de grandes mamíferos terrestres. Puede decirse que un conjunto de cámaras trampa pueden ser consideradas como una red que detecta y monitorea la variación de la abundancia relativa de mamíferos en espacio y tiempo, mientras que la tasa y la proporción de puntos en los que las especies son fotografiadas pueden ser usados como indicadores de su abundancia (véase Capítulo 8). Es más: bajo ciertas condiciones y asunciones, la tasas de éxito fotográfica puede utilizarse para estimar las densidades de población.

El protocolo propuesto se basa en el protocolo de cámaras trampa de la red Terrestrial Ecology Assessment and Monitoring (*Red de Ecología Terrestre para Evaluación y Monitoreo* - TEAM; [www.teamnetwork.org](http://www.teamnetwork.org)). El protocolo de TEAM fue diseñado por especialistas mundiales para rastrear el cambiante estatus de las comunidades de mamíferos y es, hoy día, el protocolo más adecuado disponible para monitoreo de comunidades de mamíferos terrestres en bosques tropicales. El protocolo de TEAM fue diseñado para optimizar la probabilidad de fotografiar muestras adecuadas de las especies mamíferas terrestres y aves que habitan el bosque tropical. Su cometido es monitorear cambios de la comunidad de vertebrados terrestres, no la abundancia de especies individuales. El muestreo ha sido configurado para detectar especies con amplios rangos, como los jaguares, así como especies con rangos más limitados, como aves terrestres y pequeños carnívoros. Los datos pueden utilizarse para evaluar características y tendencias de la comunidad, como estructura, especies, diversidad funcional. El protocolo ha sido sistemáticamente implementado en 16 sitios tropicales en África, Asia y Latinoamérica, desde bosques continuos hasta fragmentados, donde se utiliza para evaluaciones anuales.

El protocolo prescribe colocar cámaras trampa en cuadrículas sistemáticas con puntos de inicio elegidos al azar y no en sitios subjetivos y lugares de fácil acceso, con configuración estandarizada y sin cebo. Por ende, capturan imágenes de animales que se mueven por coincidencia frente a secuencias fotográficas. He aquí una vital diferencia entre los protocolos que pretenden maximizar los encuentros con las especies, colocando cámaras subjetivamente en sitios muy visitados por los animales, e.g. senderos, piedras de sal o bebederos, o intentan atraer a los animales al sitio de la cámara con algún tipo de señuelo.

Con el fin de garantizar que diferentes personas colecten datos de la misma forma, a pesar de

las diferencias que presentan el campo y las culturas de trabajo, se ha descrito con gran detalle los procedimientos para implementar el protocolo TEAM en un manual para implementación del protocolo ([TEAM Network 2011](#)). Los procedimientos y formularios que adopta el protocolo TEAM también funcionarán para el protocolo que aquí se presenta.

### ***Diseño de muestreo para cámaras trampa***

Las cámaras trampa se colocarán en puntos fijos en una disposición a escala espacial amplia. El número ideal de puntos debería ser entre 60-90 por parque nacional, número necesario para detectar especies raras y especies con territorios amplios con una probabilidad razonable ([TEAM Network 2011](#)). Dos tercios de los puntos se colocarán en una o más cuadrículas, con espaciado fijo; el otro tercio de los puntos se colocará a lo largo de senderos (especialmente diseñado para monitoreo de grandes felinos, véase abajo). El espaciado preferido será de 1414 m, que corresponde a una densidad de 0.5 puntos por km<sup>2</sup>. A esta densidad, la(s) cuadrícula(s) servirán para muestrear entre 120 y 180 km<sup>2</sup> de bosque. Si el área total a ser estudiada es demasiado pequeña como para utilizar entre 60 y 90 puntos a esta densidad, el espaciado podrá reducirse a 1000 m (i.e., 1 punto por km<sup>2</sup>) o 707 m (i.e., 2 puntos por km<sup>2</sup>). Si el muestreo se enfoca en diferentes partes del área en cuestión, e.g., diferentes cuencas, entonces cada parte recibirá el mismo número total de puntos. Las cuadrículas no deben ser necesariamente rectangulares y se les puede trazar con respecto de los accidentes del terreno, e.g. para evitar terreno escabroso.

Los grandes felinos, como el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*), tienden a presentarse en muy bajas densidades en extensiones muy amplias y es por ello que pocas veces se les captura mediante cámaras trampa colocadas en cuadrícula. Por este motivo, un tercio de los puntos de estudio se programarán para monitorear estos taxones específicamente. Estos estudios aprovechan la marcada tendencia de los grandes felinos a seguir senderos. Los felinos serán monitoreados utilizando pares de cámaras trampa colocados a lo largo de senderos preestablecidos. Las cámaras se colocarán en lados opuestos del sendero, una frente a la otra, para fotografiar simultáneamente ambos flancos de cualquier animal que pase. Esto permitirá construir un “Facebook” (“album de caras”) de individuos, con fotos separadas de ambos flancos, lo cual permitirá que se les etiquete individualmente y se les reconozca en filmaciones subsecuentes. Estas cámaras también atrapan cazadores ilegales y demás personas que utilizan los senderos, lo cual también puede dar una idea de la presión de caza en la zona. Las cámaras vecinas deberán separarse a una distancia fija, preferiblemente 1,414 m, lo cual

corresponde al espaciado de la red de cuadrícula de las cámaras trampa. Así se garantizará la independencia de los despliegues. Si el sistema de senderos ha sido mapeado e importado hacia un Sistema de Información Geográfica, podrían generarse con anticipación los sitios clave del despliegue y cargarse a un receptor GPS. El protocolo para la disposición de cámaras específicas para los felinos (un tercio del número total de puntos) es el mismo que el de la cuadrícula para las cámaras trampa, con la excepción de que (a) los sitios elegidos serán senderos, y (b) se utilizarán dos cámaras por sitio, colocadas a lo largo del sendero, en sitios opuestos. Colóquese cada cámara perpendicular al sendero a aproximadamente 2 metros del sendero y asegúrese que la cámara tiene vista clara (es decir, sin interferencias debidas a vegetación, rocas, ramas, etc.). Evítese que las cámaras estén exactamente opuestas entre sí, porque los flashes podrían interferir con las tomas. Mejor coloque las segundas cámaras 2-5 m hacia arriba o abajo del sendero con respecto de las primeras. Asegúrese de camuflar las cámaras, porque los cazadores ilegales y demás personas que probablemente usan el sendero podrían dañarlas o hurtarlas.

El equipo de campo utilizará la función de rastreo del receptor de GPS para hacer registro de la ruta real que se sigue y la velocidad del movimiento (esta información podría utilizarse para optimizar la futura navegación a los puntos). A una densidad de 0.5 km<sup>2</sup>, un equipo podría cubrir de 2 a 8 puntos al día, dependiendo de cuán escabroso sea el terreno.

Cuando se llegue al punto concreto, el equipo elegirá un punto para montar la cámara en la vecindad inmediata, preferiblemente dentro de 25 m. Un sitio adecuado tiene (a) un tallo de 20-50 cm de diámetro que sea adecuado para montar una cámara (los tallos más delgados pueden ser más fácilmente cortados con machete para hurtar la cámara y los más gruesos no podrán rodearse con un solo candado de cable); (b) visión clara a nivel de rodilla, de ca. 5-10 m hacia determinada dirección, preferiblemente al norte (para que las fotografías no tengan reflejo). Ya en el campo, es mejor elegir senderos que utilizan las especies más pequeñas u otras aberturas naturales en el sotobosque. (c) Distancia de >25 m de ríos u otros cuerpos de agua. Importante: el equipo no debe elegir a propósito sitios donde se sabe que hay alta actividad animal, como piedras de sal, bebederos o madrigueras (con excepción de las cámaras para felinos).

A cada sitio de muestreo se le etiquetará con un código de identificación único, utilizando el formato 'ABC-1-23'. El elemento 'ABC' es un código de tres letras correspondiente al parque, '1' es el número de la serie de la cámara trampa y '23' es el número de dos dígitos del punto de la cámara trampa dentro de la serie. El código 'DON-03-12' sería, pues, el punto número 12 de la tercera serie en

Donoso. Las coordenadas GPS del sitio de despliegue se registran tomando un *waypoint* (marcador) con el receptor GPS. Al *waypoint* se le dará el nombre del código del sitio, utilizando el teclado del receptor. Se deberá tener un promedio de por lo menos 100 lecturas de GPS antes de guardar las coordenadas; deberán ser lo suficientemente precisos como para anotarlos en un formulario junto con las características del sitio. Si se piensa reutilizar el sitio de muestreo, quizás para monitoreo de largo plazo, a la rama se le deberá colocar una etiqueta de metal similar al tipo que se utiliza para marcar árboles (véase el capítulo 7 sobre monitoreo de árboles).

Se puede consultar un ejemplo de red de cámaras y ubicación espacial en campo en Panamá siguiendo el enlace <http://www8.hp.com/h71061/index.html#world/27>

*Preparación de la cámara*— Cada punto de muestreo recibirá una cámara trampa de alta calidad, preferiblemente Reconyx Hyperfire PC900 (Reconyx Inc., Holmen WI, USA). Esta cámara tiene una alta velocidad de disparador (1/10 sec.) y puede tomar múltiples fotografías con un solo disparo de su sensor infrarrojo pasivo (passive infrared sensor, PIR). Durante el día, toma fotografías en color y, durante la noche, en blanco y negro iluminadas con un flash LED infrarrojo. La Hyperfire PC900 tiene un flash prácticamente invisible (aunque parece que los felinos pueden ver el flash o escuchar el mecanismo de la cámara). La trampa es alimentada por 12 baterías NiMH recargables de alta calidad, preferiblemente Sanyo Eneloop XXX. A cada cámara se le calibra de la misma forma (Tabla 5.1). La ‘etiqueta’ para programación será el código de identificación en el sitio; este código aparecerá en la esquina inferior izquierda de cada fotografía, así que cada imagen estará directamente vinculada con una localización. Asegúrese de programar la fecha y la hora correctas.

*Montaje*— La cámara trampa se monta al árbol focal con un cable-candado de gama alta que se pasa a través de la caja, preferiblemente cables-candado ajustables Master Lock © Python, disponibles con pintura de camuflaje (180-cm x 8 mm) o para trabajo pesado (10 mm). Estos cables son difíciles de cortar. Cuando exista un alto riesgo de vandalismo y hurtos, se aconseja cerrar la cámara con una jaula de seguridad de acero con candado; algunas partes de la cámara pueden de todos modos ser vandalizadas, pero la tarjeta de memoria con fotografías (del vándalo/a!) no podrán ser accedidas de este modo. Es conveniente asegurarse de etiquetar cuidadosamente y almacenar las llaves de todos los candados, para evitar problemas al recuperar las cámaras. La cámara se monta cerca a la superficie del suelo, con las lentes de la cámara a 30-40 cm del nivel de la superficie del suelo. Esto debe ser

verificado con una cinta métrica, porque las cámaras que se posicionan a alturas mayores perderán muchas especies pequeñas.

*Alineamiento*- la cámara debe ser enfocada al sotobosque abierto, sin hojas, árboles o maleza que bloquee la vista del sensor. Se permite modificar mínimamente la vegetación para acalarar la visión, por ejemplo, remover unas pocas de plántulas y maleza de la trayectoria del objetivo. Idealmente, la cámara enfocará al Norte, lo que dará imágenes más claras durante el día. La cámara será alineada paralela al suelo, de manera que el “horizonte” del plano esté en el centro de la imagen. La mejor manera de verificar esto será encendiendo la cámara, dejándola tomar unas pocas fotografías, y después apagarla de nuevo. Luego retirar la tarjeta de memoria y ponerla dentro de la cámara de fotos portátil o visor de imágenes, chequear las imágenes tomadas. Ajustar el alineamiento de la cámara si fuera necesario. Repetir este procedimiento hasta que la cámara quede perfectamente alineada.

*Paseo de prueba y armado*- Los pasos finales de la instalación de la cámara son hacer un “paseo de prueba” y armar la cámara. Para ello poner la cámara en el modo “paseo de prueba” (walk test) y medir en frente de la cámara a qué distancia máxima una persona moviéndose justo arriba del suelo es aún captada por el sensor. Esta distancia debería ser mayor a 5 metros. Idealmente, superando los 10-12 metros, pero esto es rara vez logrado en bosques húmedos tropicales. Después de esta prueba, medir la distancia a este punto desde la cámara con cinta métrica y anótela en el cuaderno de campo. Una vez que la cámara está instalada apropiadamente, ésta puede ser armada y comenzar los monitoreos. Pasee en frente de la cámara para tomar algunas fotografías de usted mismo, a modo de registro fotográfico del inicio del monitoreo. Anote también en el cuaderno de campo la fecha y hora del armado de la cámara.

*Recuperación* – El equipo de campo deberá desmontar la cámara no después de 30 días de haberla colocado. (Aunque las cámaras pueden permanecer en el campo hasta 3 meses o más, es más informativo cambiarlas de otro sitio cada 30 días). Una vez se haya reubicado el punto de muestreo utilizando el *waypoint* del GPS, un trabajador de campo deberá caminar frente a la cámara para activarla y así crear un registro fotográfico del momento final del despliegue. Apague la cámara para evitar que siga disparándose y envuélvala para transporte a la estación base. Una vez en la base, encienda nuevamente la cámara y utilice el menú para hacer un registro del nivel de la batería y el

número total de fotografías tomadas. Anote esta información en el formulario de despliegue. Luego, quite cuidadosamente la tarjeta de memoria y las baterías y limpie / seque la cámara, ya sea para guardarla o para su uso próximo. Seque la cámara con el estuche abierto, colocándola en un armario /clóset secador. Copie las fotografías de la tarjeta de memoria a un disco duro externo.

*Evitando perturbaciones*– En el punto de muestreo, el equipo de campo deberá tener el cuidado de no colocar sus mochilas y demás equipo en el suelo, ya que el olor podría afectar el comportamiento de los animales. Es mejor colgar el equipo en un árbol. También evite caminar frente a la cámara si no hay un motivo para hacerlo. Asimismo, evite hacer ruido y no permanezca en el sitio más tiempo del estrictamente necesario para colocar o desmontar la cámara.



**Figura 5.1. Ejemplo de fotografía captada por cámara trampa en camino del oleoducto (PN Soberanía, Panamá).**

## **Protocolo 2. Conteos de primates y otros mamíferos arbóreos en transectos lineales**

Los monos araña (*Ateles* spp.) tienden a ser duramente castigados por la caza ilegal, inclusive en áreas relativamente prístinas. Estos primates son de valor inconmensurable para el reclutamiento de los árboles, ya que prestan el servicio de dispersión de semillas necesario para la propagación de numerosas especies de fruto carnoso y lianas. Las cámaras trampa a nivel del suelo no son adecuadas para monitoreo de primates en el Neotrópico, ya que la mayoría de especies son arbóreas y bajan de los árboles raramente. Para ellos, recomendamos el sistema de transectos lineales, método ampliamente utilizado para monitoreo de primates y mamíferos en general, con el cual se puede también hacer

estimas de densidades absolutas. El muestreo a distancia requiere que el observador calcule con precisión la distancia que le separa de cada animal cuando lo observa, y el ángulo con respecto de la línea de transecto. Los datos se utilizarán después para calcular la distancia entre el animal y el transecto (Figura 5.2); estos datos serán de suma utilidad para corregir el declive de la probabilidad de detección de los animales con respecto de su distancia al transecto, para cada especie por separado (consúltese capítulo 3 para más detalles). Si se cumple con las suposiciones, los datos permitirán estimar la densidad de población.

El muestreo de transecto sigue el protocolo de Lacher (2003), desarrollado por la red TEAM. El muestreo se lleva a cabo en varios sitios dentro del área de interés en cuestión, solapándose con parcelas de muestreo de otros protocolos. En cada sitio se lleva a cabo un censo con un número fijo de transectos lineales paralelos (e.g., 5) con largo fijo (1 km) espaciados a distancia fija (e.g., 200 m). Se debe caminar a lo largo de las líneas de forma preestablecida, como se explica en la sección sobre métodos. El espacio entre líneas es suficiente como para que cada individuo que recorra el transecto pueda contar de forma independiente, pero existe la probabilidad de conteo doble si los grupos se mueven con demasiada velocidad.

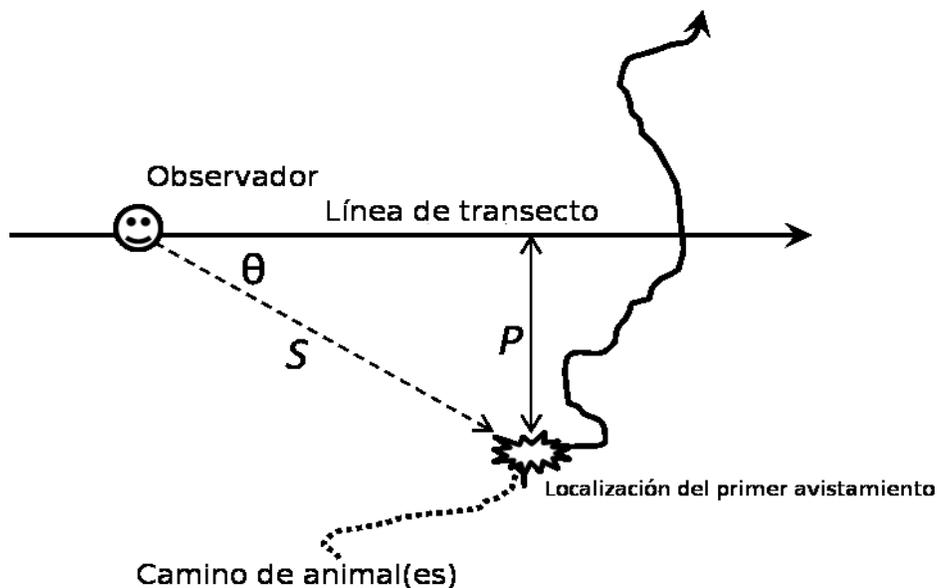


Figura 5. 2. Principio de muestreo a distancia. Cuando ve un animal, el observador hace un registro de la distancia entre él y el animal,  $S$ , y el ángulo de observación con respecto del transecto lineal,  $\theta$ . La distancia entre el animal y el transecto,  $P$ , se calcula como  $P = S \sin\theta$ .

## **Procedimientos de campo**

Los transectos deberán estar libres de hojarasca y maleza, ya que el ruido podría ocasionar que los animales en el sitio escapen cuando el observador se les acerque lo suficiente como para detectarlos. Si hubiera múltiples observadores, éstos deberán rotarse entre los distintos sitios, para evitar potenciales sesgos derivados del observador.

Los censos deberán llevarse a cabo cuando el clima esté tranquilo, ya que la lluvia y el viento evitan la detección adecuada. Será adecuado hacerlos temprano en la mañana, ya que la mayoría de animales diurnos se estarán alimentando activamente a esa hora. Un solo observador deberá recorrer los transectos a una velocidad de aproximadamente 1,250 m/h. El observador deberá hacer registro del código del transecto, la fecha, la hora inicial y final del recorrido, su nombre y las condiciones climáticas. Cuando detecte un animal o grupo de ellos, el observador deberá hacer registro de la hora, identidad de la especie, tamaño del grupo, extensión del grupo, signo de la detección, sitio del avistamiento en el transecto, distancia de observación (S) utilizando un localizador y ángulo de observación ( $\theta$ ) utilizando binoculares con localizador o brújula. Sólo anote la distancia directamente perpendicular al transecto si puede calcularla con precisión o aplique la metodología descrita en el capítulo 3 (aves). Para poder estimar la densidad, es importante que: (1) se detecte a todos los animales en la línea del transecto; (2) se detecte a los animales en el sitio de inicio, antes de que intenten huir del observador —es importante no contarlos dos veces; (3) los animales se muevan más despacio que el observador; (4) se mida con precisión las distancias desde el transecto, y (5) las detecciones sean eventos independientes. Por tal motivo, las observaciones deberán hacerlas dos o más observadores experimentados.

## **Identificación y manipulación de especies**

Recomendamos consultar el capítulo 2 para aspectos generales relativos al manejo de especies. Cada vez que se observe un animal se deberá identificar la especie y, en el caso de felinos, hacer un registro del individuo – a cada felino individual deberá asignársele un número o un nombre. Podría establecerse una biblioteca de referencia con fotografías tomadas de las especies animales y felinos individuales del área de estudio, para ayudar a distinguir especies e individuos. Para ver ejemplos de fotografías tomadas por cámaras trampa y sus identificaciones recomendamos visitar las páginas <http://emammal.wordpress.com/> y <http://siwild.si.edu>

## **Capacitación del personal**

Una persona con experiencia— preferiblemente un zoólogo— debería supervisar el trabajo, administrar el equipo y compilar fotografías y datos. Se precisa de un analista espacial para ingresar la información espacial a un Sistema de Información Geográfica, generar un diseño muestreo y un plan de acceso, preparar los receptores GPS y compilar la información espacial colectada durante el ejercicio con cámaras (senderos y *waypoints*). Se deberá involucrar a guardianes, trabajadores de campo de otros protocolos y demás personas que tengan presencia regular en el campo para obtener datos sobre presencia de senderos; estas personas podrían mapear los senderos con receptores de GPS tras recibir una breve capacitación. El analista espacial podrá luego compilar un mapa de senderos con esta información. Por motivos de seguridad, los equipos de campo deberán estar conformados por 2-3 personas en excelentes condiciones físicas y talento en el campo. Cada equipo deberá contar con una persona que se haya capacitado en despliegue de cámaras trampa; los demás miembros no necesariamente necesitan tal capacitación. Se necesita de zoólogos (profesionales o voluntarios) para procesar el material e identificar a los animales.

El Protocolo 2 puede sólo llevarse a cabo por personas con experiencia en muestreo de distancia y conocimiento sobre primates.

## **Presupuesto aproximado y calendario para Panamá**

Recomendamos que los esfuerzos de los transectos lineales se combinen, en la medida de lo posible, con los protocolos de aves (Capítulo 3). Ésto ayudará a reducir costes y tiempo.

### **Instalación de cámaras**

Una cámara trampa se colocará cerca de cada punto de muestreo durante un mínimo de 30 días. Con 60 puntos de muestreo, el total del esfuerzo será de >1800 días. Son dos los motivos por los cuales la instalación se deberá hacer durante la época más seca del año: para evitar que las cámaras se resientan por la humedad y porque el terreno es más accesible al equipo de campo cuando no llueve. Los puntos pueden ser muestreados simultánea o secuencialmente, por series, dependiendo del número de cámaras disponibles.

Los gastos más importantes relacionados con la instalación de cámaras los representa el protocolo 1. Asumiendo que la densidad de puntos de muestreo será de 1 por 2 km<sup>2</sup> (interespaciado de 1,414 m), un equipo de campo podría colocar dos (rango 1-4) cámaras por día. El desmontaje de cámaras se hace prácticamente en la mitad del tiempo, ya que el equipo tendrá más experiencia en cuanto a cómo llegar a los puntos de muestreo y se deberá hacer menos trabajo. Un total de 60 puntos requerirán de aproximadamente 90-115 días de trabajo de campo (i.e., casi 23 días de campo para dos equipos de campo de 2-3 personas cada uno). El tiempo real necesario dependerá en gran medida de la accesibilidad del terreno. Bajo ciertas circunstancias, podría ser necesario acampar en el sitio, lo cual requeriría añadir miembros al equipo a modo de porteadores para ayudar a cargar suministros. Para el protocolo 2, se recomiendan 2 personas. El calendario para este protocolo será de 30 mañanas, asumiendo que haya 10 transectos y que éstos se recorran 3 veces. Si fuera posible combinar monitoreo de primates con el de aves y que las mismas personas los lleven a cabo, no habría coste adicional al monitoreo de aves.

## Equipo

El equipo que a continuación se describe es necesario para llevar a cabo un monitoreo con cámaras trampa, asumiendo que se haga simultáneamente 30 despliegues (por lo que el estudio total requerirá de 2-3 rondas) y asumiendo que dos equipos de campo trabajarán simultáneamente.

Tabla 5.1. Equipo necesario para monitoreo de grandes mamíferos terrestres con cámaras trampa, según el protocolo 1.

| Equipo   | Modelo sugerido                                     | Número <sup>1</sup> | Coste <sup>2</sup> |
|--|---|---------------------|--------------------|
| Trampas cámara   | Reconyx Hyperfire PC900 <sup>3</sup><br>(requerido) | 30                  | \$19500            |
| Baterías AA recargables                                | Eneloop XXX 2500 MAh                                | 376                 | \$1140             |
| Caja de seguridad (opcional)                           | Hyperfire security enclosure                        | 30                  | \$1500             |
| Cobertor para lluvia para la cámara (opcional)         |   | 30                  | \$300              |
| Candado de cable                                       | Master Lock 8418KADCAM-TMB                          | 30                  | \$750              |
| SDHC tarjetas de memoria, $\geq 4\text{GB}$ , $\geq 6$ | SanDisk Ultra 8 GB SDHC Class 10                    | 60                  | \$690              |
| Cargador de batería                                    | Titanium Smart Fast 16 Bay                          | 4                   | \$220              |
| Receptor GPS de mano                                   | Garmin GPSMAP 62                                    | 4                   | \$1100             |
| Baterías para el receptor GPS + recambios              | Eneloop XXX 2500 MAh                                | 16                  | \$50               |
| Tarjeta de memoria para el receptor GPS                | Sandisk 4GB Micro SDHC                              | 4                   | \$28               |
| Cinta métrica de bolsillo de 3 m                       |   | 2                   | \$15               |
| Cinta métrica de fibra de vidrio de 25 m               |   | 2                   | \$40               |
| Transceptor de radio de doble vía resistente al agua   | Midland GXT1000VP4 36-Mile                          | 2                   | \$140              |
| Linternas resistentes al agua                          | Princeton Tec torrent flashlight                    | 4                   | \$150              |
| Baterías para las linternas + recambios                |   | 64                  | \$192              |
| Kit de primeros auxilios                               |   | 2                   | \$90               |
| Computadora + monitor 22"                              |   | 1                   | \$900              |
| Disco duro externo USB 3.0, $\geq 500\text{ GB}$       | Seagate STBX500100                                  | 1                   | \$50               |
| Lector de tarjetas de memoria USB 3.0                  | Transcend TS-RDF8K                                  | 1                   | \$15               |
| Papel resistente al agua para las hojas de datos       |   | 1                   |                    |
| Lapiceros B (caja)                                     |   | 1                   |                    |
| Brújula  |   | 2                   |                    |
| <b>Total</b>   |   |                     | <b>\$26870</b>     |

<sup>1</sup> Número mínimo, sin extras / reemplazos.

<sup>2</sup> Costo por compra en EEUU, sin descuentos, sin cargos por envío y aranceles aduanales.

El equipo necesario para monitoreo de primates aparece en la Tabla 5.2, asumiendo que dos observadores recorran simultáneamente los transectos.

**Tabla 5.2. Equipo necesario para un estudio de transectos lineales para detección de primates y otros mamíferos arbóreos diurnos, según el protocolo 2.**

| Equipo  | Modelo sugerido                      | Número <sup>1</sup> | Coste <sup>2</sup> |
|---|--------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Binoculares resistentes al agua de alto standard 8-10x <sup>3</sup> | Leica 10x42 Trinovid                 | 2                   | \$3,000            |
| Distanciómetro Laser <sup>3</sup>                                   | Nikon ProStaff 3, Black              | 2                   | \$300              |
| Cámara digital resistente al agua                                   | Panasonic Lumix DMC-TS5D             | 2                   | \$600              |
| Receptor GPS de mano  | Garmin GPSMAP 62                     | 2                   | \$350              |
| Baterías para el receptor GPS + recambios                           | Eneloop XXX 2500 MAh                 | 8                   | \$20               |
| Tarjeta de memoria para el receptor GPS                             | Sandisk 4GB Micro SDHC               | 2                   | \$15               |
| Brújula   | Suunto M-3 D/L Pro                   | 2                   | \$56               |
| Cuadernos resistentes al agua                                       | Rite In The Rain Spiral - Level #313 | 2                   | \$15               |
| Papel resistente al agua para hojas de datos                        | Rite in the Rain - 200 sheets        | 1                   | \$30               |
| Lapiceros B (caja)  |                                      | 1                   | \$5                |
| <b>Total</b>  |                                      |                     | <b>\$4,391</b>     |

<sup>1</sup> Número mínimo, sin extras / reemplazos.

<sup>2</sup> Costo por compra en EEUU, sin descuentos, sin cargos por envío y aranceles aduanales.

<sup>3</sup> Idealmente, binoculares y localizador deberían estar combinados, e.g. Leica Geovid 10 x 42HD Laser Rangefinder Binoculars @ \$2,400 por unidad. Una alternativa de menor costo sería Bushnell 10X42 Fusion Arc 1600 @ \$850 por unidad.

## Presentación de datos

Para consultar cómo se presentan y manejan los datos de los protocolos descritos en este capítulo recomendamos encarecidamente consultar en internet las páginas <http://siwild.si.edu>, <http://emammal.wordpress.com/> y <http://www8.hp.com/h71061/index.html#wpi>.

## Procesado de las fotografías

Los monitoreos con cámaras trampa pueden generar un volumen considerable de fotografías que

pueden ser muy pesadas de procesar. Existen varias herramientas disponibles para facilitar el procesamiento y almacenaje de las fotografías, tornándolas en datos útiles para ser analizados. Recomendamos el uso de Emammal, una herramienta de procesamiento y almacenaje online (Figura 5.3) hospedada en la Institución Smithsonian ( <http://siwild.si.edu>). Esta herramienta devuelve archivos de datos y proporciona visualización y herramientas de análisis, almacena los datos y sus fotografías asociadas en un entorno seguro donde son comisariados por el Museo Nacional de Historia Natural (EEUU).

Smithsonian Tropical Research Institute  
Center for Tropical Forest Science

HOME UNINSPECTED SEQUENCES EXPORT DATA BATCH UPLOAD MANUAL EMAIL SUPPORT

< Previous Next > PHOTO 1 OF 20 PROGRESS 20% - SEQUENCE 3 OF 15 OVERVIEW

2012-01-28 18:52:14 M 7710 25°C

CT-616-03  
IMG\_0154.JPG 2013-06-08 17:23:57 Compare with previous photo

Privacy Copyright Smithsonian Tropical Research Institute

Figura 5.3. Ejemplo de formulario de identificación y manejo de foto capturada en cámara trampa.

# Capítulo 6. Anfibios y Reptiles

**Roberto Ibáñez D.**

Cita:

Ibáñez R. 2014. Anfibios y Reptiles. Pp 104-118. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## Introducción

A pesar de no contar con una gran extensión territorial, Panamá cuenta con alta diversidad de anfibios y reptiles. Aunque se ha publicado que existen 206 y 244 de especies nativas de anfibios y reptiles en territorio panameño (Jaramillo *et al.* 2010, Hertz *et al.* 2012a), estas cifras pierden actualidad a medida que se describe nuevas especies. No pretendo aquí actualizar las cifras de riqueza de las especies. Tan solo deseo recalcar que las especies de anfibios y reptiles de Panamá son numerosas y que su taxonomía es compleja. Por tal motivo, son un componente importante, aunque a veces ignorado, de las comunidades de vertebrados, y se precisa de observaciones detalladas y un poco de cuidado para producir un inventario de las especies de la herpetofauna de las áreas de Panamá. Para ver actualizaciones de la lista de especies y la taxonomía de los anfibios presentes en Panamá, sugiero visitar las referencias en Internet AmphibiaWeb ([www.amphibiaweb.org](http://www.amphibiaweb.org)) y Especies Anfibias del Mundo ([www.research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia](http://www.research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia)) y, para reptiles, la Base de Datos de Reptiles ([www.reptile-database.org](http://www.reptile-database.org)).

En Panamá, se pueden hallar a anfibios y reptiles terrestres y semiacuáticos en varios hábitats, desde áreas con pasto hasta bosques de dosel cerrado. Pueden verse desde el suelo hasta en las copas de los árboles: en la tierra, en la hojarasca, debajo o dentro de troncos podridos, en vegetación como arbustos y árboles, debajo del musgo y de la corteza de los árboles, dentro de plantas epífitas, a lo largo de arroyos y ríos, en charcos, pozas y áreas pantanosas. Varias ranas pasan parte de sus vidas en el agua, ya sea durante su etapa larvaria como renacuajos. Unos cuantos herpetos son mayormente acuáticos, como la rana *Pipa myersi*, tortugas de agua dulce (7 especies), serpientes acuáticas (*i.e.*, *Hydromorphus concolor* y *H. dunnii*), cocodrilos (*i.e.*, *Caiman crocodilus* y *Crocodylus acutus*), tortugas marinas (5 especies) y serpientes marinas (*i.e.*, *Hydrophis platurus*).

## Métodos de muestreo

Aquí presentamos métodos de muestreo con probada efectividad en Panamá, a la vez de probada eficacia en términos de esfuerzos y costes (*e.g.*, Ibáñez *et al.* 1995, 2002, Lips *et al.* 2006). Son adecuados para anfibios y reptiles del bosque, incluyendo arroyos y pozas. pero no para especies, subterráneas o de zonas altas del dosel del bosque. Tampoco se incluyen métodos para especies principalmente acuáticas o marinas, como tortugas de agua dulce o marinas, cocodrilos y serpientes

marinas. En el caso de los anfibios, los métodos de muestreo aquí presentados se adecuan a juveniles y adultos, aunque no a las etapas larvarias.

Para hacer inventario de los anfibios y reptiles de un área, se deben llevar a cabo muestreos tanto de día como de noche. Algunas especies se detectan más fácilmente cuando están activas, mientras que otras son más evidentes durante sus horas de inactividad, cuando están descansando. La búsqueda deberá centrarse en el suelo, hojarasca, troncos podridos, vegetación baja, arbustos, árboles y tronco y ramas de árboles grandes. Por la noche, es imprescindible una linterna frontal o de mano, además de una provisión suficiente de baterías. También se recomienda llevar una segunda fuente de luz en caso de que la principal falle.

Éstos son los métodos a los que aquí nos referimos: (1) búsqueda visual general sin restricciones en el sitio de estudio, (2) muestreo por encuentros visuales en transectos, (3) búsqueda visual en cuadrantes o parcelas. Estos métodos pueden utilizarse por sí solos o combinados, para complementar los datos. Todos los métodos pueden proporcionar datos de abundancia relativa sobre las especies presentes en los sitios de estudio. Los monitoreos de anfibios y reptiles deberán llevarse a cabo, por lo menos, dos veces al año, *i.e.*, durante la época seca y la lluviosa. Sin embargo, inicialmente, se sugiere hacer de 3 a 4 monitoreos por año, especialmente en sitios poco estudiados. Estos estudios podrían proporcionar datos para guiar el esfuerzo de muestreo de cada sitio en el futuro. Debido a la importancia que tiene el estado del tiempo en el comportamiento, actividad y patrones reproductivos de anfibios y reptiles, también se recomienda hacer registro de datos meteorológicos para luego relacionarlos con la abundancia de los animales. Además, debido a los efectos catastróficos que la quitridiomycosis ocasiona a las comunidades de anfibios, se sugiere que se obtengan datos sobre presencia y distribución del hongo patógeno *B. atrachochytrium dendrobatidis*.

He aquí dos importantes consideraciones, válidas para todos los métodos que presentamos: (1) reconocer los diferentes tipos de hábitats, y (2) tomar datos de alta calidad. Usualmente, un área es heterogénea y presenta varios tipos de hábitat (*e.g.*, bosque de dosel cerrado, bosque secundario, claros, áreas abiertas con pasto, transiciones bosque-áreas abiertas, arroyos, márgenes de arroyos, pantanos). Por lo tanto, se deberá llevar a cabo el muestreo y el registro de datos de forma ordenada, considerando cada tipo de hábitat como una unidad o entidad. Se recomienda muestreo estratificado en tales casos.

Las coordenadas del sitio pueden determinarse mediante un GPS, utilizando un sistema de coordenadas de Latitud-Longitud y tomando nota del datum (*e.g.*, WGS84, Zona del Canal NAD27). Se sugiere ubicar también algunos puntos de los transectos y cuadrantes. La elevación de los sitios muestreados puede determinarse con un GPS, altímetro o con mapas. Consúltense el Capítulo 2 para

mayor detalle.



**Fig. 6.1.** Izquierda: *Imantodes cenchoa*. Derecha: Pareja de e rana de vidrio *Sachatamia albomaculata* en abrazo nupcial (macho arriba, hembra abajo)

### **Búsqueda visual general sin restricciones:**

El principal objetivo de este método es obtener un registro de todas las especies presentes en el sitio del estudio, a modo de inventario completo de especies ( Rueda *et al.* 2006, Raxworthy *et al.* 2012). Sin embargo, en la práctica, el objetivo es hallar de forma eficiente el mayor número de especies en el sitio, en la medida de lo posible. Un segundo objetivo es obtener simultáneamente datos sobre la abundancia de individuos de las especies. Los observadores buscan visualmente, mientras caminan, todos los hábitats y microhábitats ideales para anfibios y reptiles. Por lo general, los observadores otorgan mayor prioridad a aquellos que podrían contener más especies, como márgenes de arroyos y pozas. Además, para buscar animales mueven la hojarasca, buscan debajo de piedras y troncos podridos en el suelo, hurgan dentro de agujeros en el suelo e inspeccionan bromelias, agujeros y musgos en los troncos de los árboles. Estas búsquedas se llevan a cabo durante el día y la noche.

El observador deberá identificar un anfibio o reptil en cuanto lo observe o deberá capturarlo para identificación. Luego de determinar de qué animal se trata, lo deberá liberar inmediatamente en el sitio de la captura. Se debe hacer registro del número de individuos de cada especie que se vean. Para evitar contar un individuo más de una vez, se debe trabajar en diferentes áreas y no revisar la misma área dos veces. Se deberá anotar el tiempo de inicio y fin del estudio, así como el (los) nombre(s) del (de los) observador(es), la hora en que se vio a cada animal y la información básica meteorológica. Se deberá tener registros separados de cada hábitat estudiado (*e.g.*, bosque, margen de arroyo, poza). Estos datos permitirán calcular el esfuerzo de muestreo de cada tipo de hábitat, expresado como persona-hora. Una medida de abundancia podrá presentarse para cada especie, basándose en la unidad de muestreo (*i.e.*, número de individuos/persona-hora). Esto podría permitir comparaciones entre sitios y hábitats, así como producir curvas de acumulación de especies (véase el

Capítulo 8). Es más, los datos obtenidos por este medio podrían utilizarse para estimar el número de especies presentes en los sitios de estudio mediante el software EstimateS versión 9 (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>).

### **Encuentros visuales en transectos:**

Los transectos pueden tener una longitud de 200 m y se emplazarán en los sitios generales de estudio (mostrados en el Capítulo 2). Se recomienda trazar y demarcar la ruta del transecto, marcando a intervalos regulares la distancia con demarcaciones (*e.g.* cintas de colores), por lo menos un día antes del estudio. También, se deberán trazar transectos a lo largo de los márgenes de los arroyos (véase el Capítulo 2). Usualmente, los transectos son realizados por un observador, quien lo recorre despacio mientras busca visualmente a los anfibios y reptiles. Se debe tener cuidado de no contar dos veces al mismo individuo. Los transectos son angostos, entre 1 ó 2 metros de ancho (*i.e.*, 0.5 m o 1 m a cada lado de la línea central), ya que es difícil ver a los animales a mayor distancia.

Los monitoreos de los transectos deberán empezar siempre a la misma hora del día. Al igual que en el caso anterior, se deberán anotar la hora de inicio y final, así como el nombre del observador y la información básica meteorológica. Al detectar un anfibio o reptil, el observador deberá intentar identificarlo inmediatamente. Por lo general, se requiere capturar al animal para identificarlo. Una vez capturado, se puede obtener información adicional sobre el individuo, como sexo, etapa de vida (juvenil, adulto), longitud hocico-cloaca y masa corporal. Estos datos, además de otra información sobre el individuo (*e.g.*, actividad, comportamiento, substrato, altura a la que se posa), deberán anotarse. Se debe manipular a los animales el menor tiempo posible y se les liberará en el mismo sitio donde se les capturó. Se debe estar al tanto de que los observadores difieren en su habilidad de detectar a los animales y se debe tomar medidas para evitar sesgos (por ejemplo, estableciendo turnos rotativos entre diferentes observadores en cada sitio). Los monitoreos visuales también proporcionan información sobre individuos que no están en etapa reproductiva o que no emiten sonidos. Llevar a cabo monitoreos en transectos también permite conocer qué especies están presentes y cuán abundantes son (*i.e.*, número de individuos/m, número de individuos/m<sup>2</sup>, número de individuos/tiempo de búsqueda, véase el Capítulo 8). Los monitoreos deben llevarse a cabo tanto de día como de noche. Además, se debe saber que el muestreo en transectos subestima la abundancia o densidad de las especies, porque no se verán y contarán a todos los individuos dentro del área del transecto.

## **Búsquedas visuales (VES) en cuadrantes permanentes**

Se requerirán 3 cuadrantes de 8m x 8m, que se ubicarán dentro de las parcelas de 1-ha de bosque. Se recomienda, por lo menos un día antes de iniciar el estudio, trazar y demarcar los cuadrantes, marcando la distancia a intervalos regulares con cinta de colores en su perímetro. Los observadores deberán caminar despacio dentro del cuadrante buscando anfibios y reptiles. Deben evitar contar el mismo individuo dos veces y contar los individuos antes de que estos escapen del cuadrante. Se prefiere que la caminata sea pausada y que se cubra toda el área, aunque un monitoreo con tiempo contado (*i.e.*, 1 hora de búsqueda sistemática dentro del cuadrante, sin incluir el tiempo de manipulación de los animales) es válido. También, deberán obtenerse variables concernientes a la hojarasca en cada cuadrante (*e.g.*, profundidad de la hojarasca, temperatura, pH y humedad del suelo), información sobre la vegetación estará disponible a partir de la parcela para el monitoreo de vegetación leñosa (consúltese el Capítulo 7). Las observaciones deberán iniciarse a la misma hora del día y anotar las mismas variables descritas para los casos anteriores. Los monitoreos proporcionarán datos sobre las especies presentes y su abundancia, expresados en densidad por unidad de área de hábitat (*i.e.*, número de individuos/m<sup>2</sup>). Los monitoreos deberán hacerse durante el día y durante la noche. Se debe tener presente que esta modalidad de muestreo subestima el número de especies y la abundancia de individuos, ya que los animales tienden a esconderse entre la hojarasca. Sin embargo, debido a que no se remueve la hojarasca del cuadrante, se puede muestrear el mismo cuadrante posteriormente. En Panamá, existe importante número de ranas de la hojarasca. En la noche podría ser relativamente difícil revisar un cuadrante; sin embargo, es cuando es más fácil detectar a las especies nocturnas de ranas de la hojarasca.

## **Muestreo acústico automático**

El uso del muestreo acústico automático mejora la detección de especies de ranas; dado que, los individuos de muchas especies se escuchan fácilmente pero son difíciles de encontrar visualmente. Además, los archivos de audio grabados quedarán disponibles para su uso futuro, reduciendo los errores de identificación acústica de los cantos por observadores, o los sesgos derivados de ser realizados por observadores diferentes. Estos registros automáticos se usan para detectar cantos especie-específicos de los anuros, lo que permite determinar presencia de especies y monitorear acústicamente su abundancia en áreas determinadas. Además, estos muestreos automáticos permitirán obtener grabaciones a lo largo del día por varios días, siendo muy útiles para establecer patrones de actividad diaria en especies de ranas. Se debe tener en consideración que este método sólo muestrea las llamadas reproductivas emitidos por los machos de las especie de anuros que vocalizan, por tanto, no

proveerá de un inventario completo de las especies de ranas. Esta técnica acústica no ha sido utilizada antes en Panamá, por lo que requeriría inicialmente de una fase de prueba. Sin embargo, esta técnica puede ser muy útil para monitorear especies del género *Diasporus*. Además de reducir el esfuerzo de muestreo y proporcionar datos de presencia de especies y abundancia expresados como número de individuos cantores por periodo de grabación (número individuos/hora) o, más probablemente, para usar índices de llamadas, basados en niveles de actividad media de canto.

Estaciones de grabación pueden ser emplazadas en mitad de los transectos o en los cuadrantes, para tener datos complementarios de abundancia de ranas. Usando un diseño estratificado al azar, tres dispositivos de grabación acústica pueden colocarse en cada área de estudio. Se puede colocar uno en cada cuadrante cerca a los arroyos, uno en cada cuadrante de bosque alejado del arroyo, y otro en cada transecto lineal. La localización del equipo es crítica, por ejemplo, debería evitar solapamientos entre una y otra. El equipo deberá ser programado para tomar grabaciones de sonidos de acuerdo a un calendario de tiempo deseado. Por ejemplo, grabar cada hora durante 10 minutos.

Al igual que en resto de protocolos para herpetos, se recomienda encarecidamente registrar datos meteorológicos y ambientales, tales como precipitación, humedad relativa, intensidad lumínica, temperatura, humedad de las hojas, hora de amanecer y anochecer.

Estos instrumentos de registro automático de sonido, (frecuentemente denominados “frogloggers”) están actualmente disponibles comercialmente. Estos instrumentos de monitoreo acústico se producen por las empresas Wildlife Acoustics ([www.wildlifeacoustics.com](http://www.wildlifeacoustics.com)) y Bedford Technical ([www.frogloggers.com](http://www.frogloggers.com)), con diferentes configuraciones y accesorios asociados. Los archivos digitales de audio pueden ser después analizados manualmente y/o mediante el uso de programas informáticos especializados (se recomiendan, Song Scope, [www.wildlifeacoustics.com](http://www.wildlifeacoustics.com), y SoundID, [www.soundid.net](http://www.soundid.net)) para detectar e identificar los cantos de las ranas.

Sin embargo, para el uso de los programas informáticos para analizar las grabaciones automáticamente, se requerirá construir una biblioteca digital de cantos de anuros. Esta biblioteca de referencia se utiliza como grabaciones de referencia para que los programas informáticos puedan reconocer las especies a partir de los cantos grabados de manera automática. Para ello, en el momento en que se hacen los muestreos de inventario de anuros, se pudiesen grabar los cantos de ranas manualmente. Al hacer estas grabaciones, las ranas deberían observarse cuidadosamente, mientras vocalizan, para estar absolutamente seguros de que éste es el individuo cantor. La temperatura del cuerpo del individuo cantor, o la temperatura del aire, agua o sustrato debería ser registrada y anotada. Se deben de coleccionar y etiquetar los especímenes grabados y prepararlos adecuadamente a modo de especímenes de referencia.

## Identificación y manipulación de especies

Es crucial identificar correctamente las especies de los individuos que se vean, cuando se llevan a cabo monitoreos de la herpetofauna. Actualmente, existen dos excelentes libros con datos sobre especies conocidas para Centroamérica. Dichos libros compilan las especies de reptiles (Köhler 2008) y anfibios (Köhler 2011) presentes en Panamá. Se recomienda el uso de ambos como referencia básica para la identificación de especies. Además, el libro de Savage (2002) sobre anfibios y reptiles de Costa Rica es un recurso extremadamente valioso, especialmente para las especies halladas desde el occidente hasta el centro de Panamá. La guía de anfibios de Panamá central de Ibáñez *et al.* (1999) podría, también, ayudar a identificar las especies del área. Éstos y, por supuesto, toda la bibliografía especializada sobre anfibios y reptiles de Panamá, *e.g.*, el género *Rhadinaea* (Myers 1974), son herramientas esenciales que deberán consultarse frecuentemente para identificar correctamente los especímenes.

Los cambios taxonómicos, las especies no descritas y poco conocimiento sobre algunas podrían complicar la identificación de las especies. En los últimos años, la taxonomía de anfibios y reptiles ha sufrido cambios en todos los niveles taxonómicos. Se esperan más cambios, especialmente a nivel de especies, parcialmente debido a la implementación de técnicas moleculares en estudios sistemáticos y filogeográficos en Panamá. Según su morfología y a nivel molecular, se sabe que varias especies son nuevas y que aún no han sido descritas. Por lo tanto, se espera que varias nuevas especies sean descritas en el futuro cercano.

Se debe prestar especial atención al diagnóstico de características morfológicas y al patrón de color de individuos vivos. En particular, la coloración dorsal, ventral y de superficies ocultas de las ranas, patrón cromático dorsal y ventral de lagartijas y serpientes y color de la papada de lagartijas anólicas. Tomar notas sobre el color podría ayudar a identificar los individuos. Con la llegada y amplio uso de la fotografía digital, es fácil obtener fotografías de alta calidad. Hoy día, existen en el mercado varios modelos de cámaras compactas resistentes al agua y a golpes con capacidades macro y flash incorporados. Las imágenes fotográficas pueden proporcionar información más exacta sobre patrones de color y son más rápidas que tomar notas. Además, las imágenes pueden capturar algunas otras características que ayudan a la identificación posterior del individuo, como forma del hocico y del cuerpo, presencia de glándulas y verrugas, tipos de escamas y demás características morfológicas. Cuando se tengan dudas sobre un individuo, se podrán tomar varias imágenes (ventral, dorsal, patas) y, luego, asociar las imágenes con las observaciones o datos. Por lo tanto, se recomienda el uso de tales cámaras pequeñas en el campo.

Por lo general, se escucha a los machos cantores antes de verlos. Aprender los cantos más comunes puede ser sumamente valioso. Para facilitar el aprendizaje se pueden escuchar cantos grabados (*e.g.*, Ibáñez *et al.* 1999b) o haciendo grabaciones para contar con una biblioteca propia. Hoy día, existen en el mercado grabadoras digitales compactas de bajo costo con micrófonos incorporados. Las grabaciones efectuadas en formato de audio de Disco Compacto, *i.e.*, tasa de muestreo de 44.1 kHz y resolución de 16-bit por muestra, almacenadas en formato WAVE, serán más que suficientes para trabajar las vocalizaciones de las ranas.

Cuando se llenen los formularios de campo, también se debe anotar o comentar sobre los individuos sobre cuya especie no se tenga certeza; asimismo, se deberá asociar cualquier imagen o grabación con el individuo respectivo. A veces, podría ser factible capturar momentáneamente al individuo, colocarlo dentro de una bolsa de tela o de plástico y hacer una etiqueta (para asociarlo con alguna observación o dato) para futura identificación. Luego de identificarlo, al individuo se le deberá soltar en el sitio donde fue capturado. La bolsa de tela deberá estar humedecida o se deberá colocar algún substrato húmedo dentro de la bolsa plástica para evitar que el animal se deshidrate. Se deberá tener cuidado de no exponer la bolsa con el individuo a la luz directa del sol, ya que fácilmente podría morir. Si fuera posible, lleve consigo copias de sus libros básicos y/o claves taxonómicas al campo. Pueden dejarse en el campamento y consultarse al volver del sitio del estudio. Recuerde que puede actualizarse en cuanto a taxonomía y nombres científicos en AmphibiaWeb, Amphibian Species of the World (Frost 2013), The Reptile Database (<http://www.reptile-database.org>), las referencias en Internet que son excelentes recursos para estar al día.

Por lo general, a anfibios y reptiles se les captura con la mano. Aun cuando se utilicen trampas u otros métodos de captura, habrá algún momento en que se les tendrá que sostener con la mano. Es útil, por tanto, disponer de un gancho para capturar serpientes y un gancho prensil especial para las venenosas. Se debe tener cuidado cuando se manejen serpientes y determinar, antes que nada, si se trata o no de un ejemplar venenoso. Evite tomar riesgos innecesarios manipulando un ejemplar venenoso, especialmente en áreas de difícil acceso. A la mayoría de serpientes venenosas se les puede identificar mediante una fotografía tomada desde una distancia prudente. Cuando capture y manipule anfibios y reptiles, sosténgalos firmemente para evitar que escapen, pero no tanto como para ocasionarles daño. Antes de manipular a los animales, asegúrese no tener repelente de insectos en sus manos. Como en el caso de otros vertebrados silvestres, a los anfibios y reptiles deberá tratárseles con todas las consideraciones éticas, legales y científicas del caso. Para ello existen directrices para su uso en el campo y en el laboratorio (Beaupre *et al.* 2004, AVMA 2013).

Debido a que es alta la probabilidad de identificar erróneamente a varios reptiles y anfibios,

especialmente por herpetólogos menos experimentados, se sugiere recolectar algunos especímenes. Cuando se haga, las regulaciones de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) indican que un espécimen de cada especie deberá depositarse en el Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá. Los especímenes capturados son útiles para la identificación correcta y verificación futura, así como para estudios futuros. Son particularmente valiosos cuando se hallan en áreas poco estudiadas. Por lo general, ANAM considera adecuado un máximo de 4 especímenes por especie, incluyendo individuos de ambos sexos. A menos que usted tenga una buena razón y un permiso que lo autorice, evite llevar individuos de especies en peligro o protegidas. Los especímenes colectados deberán ostentar una etiqueta numerada y con la información pertinente, tal como fecha y hora de captura, nombre de quien capturó, sitio y cualquier dato que se considere útil. Deberá seguirse un método adecuado de eutanasia si va a prepararse un individuo sano o enfermo para preservación (Beaupre et al. 2004, Aguirre y Lampo 2006).

Además, la colecta de muestras de tejido de los especímenes incrementará su valor científico. Por ejemplo, muestras de tejido hepático y demás podrían utilizarse para identificar especies mediante códigos de barras de ADN (Vonesh *et al.* 2010, Schulte 2012, Barcode of life 2013) y en estudios moleculares sistemáticos que incrementarán nuestros conocimientos sobre la herpetofauna panameña. Cuando se extraiga tejido, se deberán limpiar adecuadamente los instrumentos para disección para evitar contaminación cruzada de ADN. Se requieren cortes precisos y cuidadosos del hígado para no cortar la vesícula biliar, ya que la bilis puede interferir con la extracción del ADN e inhibir reacciones subsecuentes. Cuando se extraiga, el tejido deberá preservarse y/o congelarse adecuadamente (Jacobs y Heyer 1994, Schulte 2012).

## **Capacitación del Personal**

Tanto biólogos como asistentes que lleven a cabo un estudio deberán recibir la capacitación pertinente. Por lo menos, deberían ser medianamente competentes en lo que se refiere a búsqueda y manipulación de anfibios y reptiles, identificación de especies, aplicación de los métodos y protocolos seleccionados, uso de GPS, toma de datos y registro de los mismos en formularios, captura de datos, grabación digital de campos, uso de cámara digital, preparación de muestras, aspectos de bioseguridad, entre otros. Por lo tanto, antes de cualquier trabajo de campo, se recomienda llevar a cabo un taller de capacitación que cubra dichos aspectos. Además, el personal que participe del estudio, en cualquier área de Panamá, deberá contar con un permiso emitido por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).

Es útil elaborar un listado preliminar de las especies que probablemente estén presentes en el

área. Esta lista podrá hacerse con reportes que aparezcan en publicaciones o documentos no publicados sobre el área de interés, o cerca de ella, o según la distribución aproximada de la especie, especialmente en lo que se refiere a las especie de interés o a un grupo de éstas. En Internet es sencillo hallar información sobre la distribución de las especies de Panamá. Por ejemplo, la iniciativa de IUCN sobre anfibios incluye un mapa de área potencial de cada especie (IUCN 2013). Este listado podría utilizarse como guía a las especies que podrían hallarse durante el estudio.

Las enfermedades infecciosas emergentes y demás patógenos y parásitos conocidos son una amenaza para la salud de anfibios y reptiles. Por ende, todo estudio de campo deberá tomar en cuenta precauciones de bioseguridad. Una enfermedad infecciosa emergente es la quitridiomycosis, ocasionada por el hongo del género *Batrachochytrium*. El patógeno de anfibios, *Batrachochytrium dendrobatidis*, ha afectado drásticamente a las comunidades de anfibios del Neotrópico y ha ocasionado la desaparición o disminución de poblaciones y probable extinción de de varias especies (Lips *et al.* 2006, Lips and Mendelson 2008, Crawford *et al.* 2010). Se debe tener en cuenta a éste y a otros patógenos y parásitos por, al menos, dos motivos: (1) posible infección de humanos y demás vertebrados y (2) prevención o reducción de su diseminación hacia poblaciones de anfibios o reptiles no afectadas. Pueden tomarse acciones preventivas como la limpieza y desinfección de ropa y equipo antes de trasladarse de un sitio al otro (DAPTF 1998, Lips *et al.* 2001, Aguirre y Lampo 2006). Phillott *et al.* (2010) y Green *et al.* (2010) han sugerido medidas para reducir el riesgo de transmisión de patógenos en anfibios dentro y entre sitios durante estudios de campo.

El personal deberá ser adecuadamente supervisado durante todas las etapas del proyecto, tanto en campo como laboratorio. Entre los aspectos básicos a supervisar podemos citar: identificación adecuada de especies, cumplimiento con los protocolos establecidos, verificación de datos ingresados. Esto asegurará la calidad de los datos obtenidos y manejados. Los estudios de campo generarán gran cantidad y diferentes juegos de datos (*e.g.*, imágenes fotográficas y grabaciones digitales) y se deberá planificar un sistema para el manejo de datos de forma que se recaben, integren, analicen y archiven datos de forma eficiente y para mantener un alto nivel de calidad.

En todo momento deberá velarse por la seguridad de las personas involucradas. Tanto en el campo, como en el laboratorio, pueden suceder accidentes. El personal deberá estar preparado para lidiar con ellos, contando con un plan de acción adecuado. En el campo, cuando sea posible, tenga una forma de comunicación consigo, como radio o teléfono satelital. En los sitios de trabajo nunca debe faltar un botiquín. Asimismo, se deberá planificar un plan de evacuación en caso de emergencia. Se recomienda que el personal sea ducho en los cuidados de primeros auxilios.

## Presupuesto aproximado y calendario para Panamá

Se presenta aquí un presupuesto anual calculado para el primer año. Cubre los gastos de estudio de dos sitios a ser muestreados 4 veces al año. Cada visita durará entre 10 y 12 días. Se han programado días adicionales en caso de que se precise de visitas para preparación del sitio.

Este presupuesto no incluye el sobrecoste institucional acostumbrado (“overhead”). Se ha planificado para sitios a los que es moderadamente difícil acceder. No se incluye transporte en aeronaves o embarcaciones. Por lo tanto, el presupuesto puede variar según el grado de dificultad y modo de transporte requerido para llegar a cada sitio.

### Presupuesto estimado para el primer año:

| Concepto                                       | Descripción  | Coste          |
|--|--|----------------|
| Personal:                                      |  |                |
|  | 4 biólogos @ \$1000/mes                                | \$48,000       |
|  | XIII mes @ 8.33%                                       | \$3,999        |
|  | Prestaciones @ 29%                                     | <u>\$15,08</u> |
| Subtotal                                       |  | \$67,079       |
| Transporte terrestre y asistencia en el campo: |  |                |
|  | Combustible @ \$300/mes durante 12 meses               | \$3,600        |
|  | 2 guías de campo locales @ \$30/día durante 100 días   | \$6,000        |
|  | 3 cargadores locales @ \$20/día durante 100 días       | \$6,000        |
|  | 4 alquileres de caballos @ \$15/día durante 40 días    | <u>\$2,400</u> |
| Subtotal                                       |  | \$18,000       |
| Equipo:  |  |                |
|  | 1 vehículo (4x4)                                       | \$40,000       |
|  | 2 grabadoras digitales @ \$750 c/u                     | \$1,500        |
|  | 2 micrófonos @ \$1,250 c/u.                            | \$2,500        |
|  | 3 grabadoras automáticas de llamadas SM2+ @ \$900 c/u. | \$2,700        |
|  | Software para edición de sonido y análisis             | \$2,000        |
|  | 1 computadora laptop                                   | \$1,800        |

| Concepto                 | Descripción   | Coste           |
|--------------------------|---|-----------------|
|                          | 2 unidades GPS @ \$500 c/u  | <u>\$1,000</u>  |
|                          | Equipo de campo misceláneo (cables, cintas métricas, reglas, termómetros, juego de disección, etc.).                      | \$ 00           |
|                          | Subtotal  | \$53,000        |
| Equipo para acampar:     | Tiendas, hamacas, toldos, utensilios de cocina, bolsas y estuches impermeables, linternas de cabeza y mano, cuerdas, etc  | \$ <u>3,500</u> |
|                          | Subtotal  | \$ 3,500        |
| Suministros:             | Alimento  | \$ 4,500        |
|                          | Baterías, cuadernos para campo, papel impermeable, lápices, marcadores, bolsas plásticas, viales, etanol, formalina, etc. | \$ <u>3,500</u> |
|                          | Subtotal  | \$ 8,000        |
| Gastos imprevistos (10%) |   | \$ <u>1,496</u> |
| TOTAL                    |   | \$151,075       |

### Calendario para Panamá

Se recomiendan cuatro muestras por año durante la época seca (enero-marzo) y al principio (mayo-julio), en medio (agosto-septiembre) y tarde (noviembre-diciembre) de la temporada lluviosa. Alternativamente, pueden llevarse a cabo cada trimestre, empezando en enero.

### Presentación de datos

Recomendamos consultar los Capítulos 3 (Aves) y 4 (Peces) a modo de ejemplos para ver modo y formato de presentación de los datos en formato digital. En la figura 6.2 se muestra un ejemplo de planilla de campo con resultados obtenidos en varias localidades muestreadas.

OBSERVADOR: Roberto Ibañez  
 FECHA: 30 Mar 2009 CONDICION AMBIENTAL: SOL/NUBLADO/LLUVIA  
 LUGAR: Río Frijoles, Camino del Oleoducto  
 SITIO: 2 TRANSECT: (SLOPE)/STREAM  
 HOJARASCA: (SECA)/HUMEDA/SATURADA SUELO: (SECO)/HUMEDO/SATURADO TEMP.: 28°C  
 HORA DE INICIO: 13:35 HORA FINAL: 15:45

| No. | ESPECIE                       | LOCALIDAD | SEXO | TAMANO | HORA  |
|-----|-------------------------------|-----------|------|--------|-------|
| 1   | <i>Silverstoneia flotator</i> | 3         | M    | 1.5 cm | 13:56 |
| 2   | <i>Rhinella alata</i>         | 8         | M    | 3.0    | 14:28 |
| 3   | <i>Silverstoneia flotator</i> | 9         | H    | 1.9    | 14:32 |
| 4   | <i>Dendrobates auratus</i>    | 10        | J    | 2.3    | 14:51 |
| 5   | <i>Silverstoneia flotator</i> | 14        | M    | 1.6    | 15:13 |

Figura 6.2. Planilla de ejemplo con resultados de campo tomados en varias localizaciones.

# Capítulo 7. Métodos para inventario y monitoreo de vegetación leñosa en Panamá.

Richard S. Condit, Rolando Pérez

Cita:

Condit R.S, Pérez R. 2014. Métodos para inventario y monitoreo de vegetación leñosa en Panamá. Pp 119-168. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



## **Introducción**

El presente capítulo describe los métodos científicos que existen para calcular diversidad, abundancia de especies y biomasa de árboles y otras especies de plantas leñosas en bosques. Los resultados que se ofrecen incluyen el número de especies presentes, sus abundancias exactas, biomasa total de la vegetación, además de índices de diversidad (véase Capítulo 8). Repetir censos en el mismo sitio proporcionará información sobre cómo cambia el bosque con el tiempo y abrirá la posibilidad de detectar la pérdida o aumento de especies importantes o biomasa forestal. El método de muestreo consiste en parcelas cuadradas de 100 m x 100 m en bosque de tierra firme, y de 20 m x 100 m cerca de arroyos (se pueden implementar parcelas más pequeñas en fragmentos pequeños del bosque). En las parcelas, cada árbol  $\geq 100$  mm de diámetro de tallo a la altura del pecho (1.3m, DAP) deberá medirse, ubicarse en un mapa e identificarse; además, los árboles jóvenes (juveniles)  $\geq 10$  mm se medirán en una subsección de la parcela de 10 m x 10 m. Queremos hacer constar, que la metodología aquí presentada posiblemente pueda ser también utilizada para muestrear otros tipos de comunidades vegetales (tales como helechos, lianas, herbáceas, epífitas o briófitas, por citar algunos ejemplos) así como hongos y otros organismos sésiles asociados a los bosques. No obstante, consideramos que la efectividad de los métodos presentados para estos otros taxa aún no ha sido suficientemente probada en campo, por tanto debería ser examinada previamente en algún tipo de monitoreo piloto de campo, para, llegado el caso adaptarla en la medida necesaria a los protocolos específicos para estos grupos. Esto ayudaría a comprobar su efectividad y eficiencia en estudios de campo. El Capítulo 2 cubrió los métodos para ubicar parcelas de bosque en el paisaje. Aquí proporcionamos detalles sobre cómo debe medirse e identificarse dentro de una determinada parcela.

## **Métodos de muestreo**

### **Censo de parcela con árboles**

#### ***Ubicación exacta de las parcelas***

En el Capítulo 2 describimos los métodos utilizados para elegir los sitios de muestreo partiendo de mapas. Empezamos ubicando puntos para hacer censos de peces y ranas en arroyos del bosque. Luego se eligió un sitio a 500-1000 m a un lado del arroyo, utilizando distancia y dirección al azar. Así se habrá ubicado la primera parcela y deberá clavarse una estaca base en el punto; la estaca marcará la

esquina suroeste de la parcela. De allí, se estudiará una parcela perfectamente cuadrada de 100 m x 100 m, clavando estacas a intervalos regulares para mapear los árboles.

Luego debe marcarse una segunda parcela, más reducida, muy cerca del río. La estaca base deberá colocarse tan próxima como sea posible al sitio elegido próximo al arroyo. La parcela junto al arroyo será de 20 m x 100 m; ubicando el eje largo paralelo al arroyo. Uno de los límites de la parcela deberá estar tan cerca como sea posible al agua del arroyo, inclusive intersectándose con las curvas del mismo. Cuando se hayan elegido ambos sitios y se hayan colocado las estacas, se deberán registrar con el GPS las coordenadas exactas (en grados decimales) de cada uno.

### ***El estudio de la parcela***

Ya en esta fase, debería haberse establecido la posición de la parcela y una estaca base debería haberse clavado en la tierra. Ahora deberán colocarse las demás estacas a intervalos de 20 metros, creando una cuadrícula dentro de la parcela que permita que se puedan mapear con exactitud los árboles (Figura 7.1). El estudio requiere que se coloque un aparejo que mide distancia, dirección e inclinación sobre un trípode ubicado sobre una de las estacas; luego, deberá medirse 20 m en la dirección exacta hacia la próxima estaca. Las mediciones de distancia e inclinación deberán ser precisas.

El propósito del estudio es demarcar una parcela dentro de la cual se contarán los árboles vivos así como otra vegetación leñosa. El equipo de trabajo en campo deberá tener el cuidado de no cortar ni mover nada. Esto quizás parezca una recomendación trivial, sin embargo muchos trabajadores de campo están acostumbrados a movilizarse a través del bosque con ayuda de un machete, cortando de tajo cualquier vegetación donde no hay sendero. Esto no puede permitirse dentro de la parcela. Es más: a veces hemos recomendado que se establezca una regla que prohíba los machetes dentro de las parcelas.

### ***Herramientas para el estudio***

Una brújula de agrimensura (teodolito) es la alternativa menos costosa y más tradicional. La brújula consiste en una carátula larga horizontal con una aguja, sobre la cual está colocado un visualizador telescópico que puede rotarse horizontalmente para tomar medidas y verticalmente para medir la inclinación (la compañía Forestry Supplier vende una brújula de agrimensura y un trípode marca Sokkia, número de catálogo #37485 y #37487). También existen instrumentos modernos en la actualidad como los telémetros-laser, que toman las tres medidas a la vez: dirección, inclinación y

distancia, por lo cual ya no se hace necesario utilizar la cinta métrica. Un buen telémetro-láser es el LacerAce 300 (MDL Lasersystems, [http://www.mdl.co.uk/handheld\\_laser\\_systems/laserace-300/index.html](http://www.mdl.co.uk/handheld_laser_systems/laserace-300/index.html)). Tal y como se requiere con una brújula de agrimensura, el telémetro-láser debe montarse sobre un trípode y éste debe contar con una plomada que cuelgue de la parte inferior para que se pueda colocar directamente sobre la estaca. Los métodos son esencialmente los mismos, ya sea que se utilice una brújula de agrimensura o un telémetro laser. Se deben medir con precisión distancia, dirección e inclinación entre dos de las estacas de la cuadrícula de 20 metros delimitada en la parcela. Con cualquiera de los instrumentos, se precisa de dos postes de observación, cada uno de aproximadamente 2 metros de altura, con cintas métricas instaladas a alturas idénticas en cada uno. Un poste deberá tener un nivel o plomada, para que pueda posicionarse con precisión en la vertical. El segundo poste será el blanco y tiene un pedazo recto de madera con una cartulina marcada con una “X” grande y de color vistoso. Se necesitarán también ligas de goma o cuerdas para halar y alejar la vegetación de las líneas de visualización del láser.

También existen aparatos mucho más sofisticados y costosos para la medición llamados “estaciones totales”, que pueden utilizarse si están disponibles. Aunque el procedimiento de medición es el mismo, la estación total hace un registro automático de todas las distancias e inclinaciones y calcula la topografía completa.

### *Mojones de cuadrícula en esquinas de 20-m*

Se pretende que la cuadrícula para mapeo sea permanente por lo menos durante varios años, para que pueda reubicarse. Para ello, se puede utilizar como mojón un tubo de PVC de 1.2 m de largo por 50 mm de diámetro y grosor de pared de 1.5 mm. En la medida de lo posible, la estaca de PVC deberá clavarse hasta lo más profundo del terreno, hasta que su parte superior esté al ras de las hojas caídas; luego, se deberá colocar una etiqueta metálica, taladrando un pequeño agujero en el cuello del tubo de PVC. El número de la estaca deberá grabarse en la etiqueta. Esta última permitirá que pueda localizarse el tubo debajo de la hojarasca o del lodo utilizando un detector de metales. La estaca clavada será un mojón enterrado de larga duración y también estará disimulada y no molestará. Por supuesto que las estacas permanentes y clavadas sólo deberán utilizarse según el permiso otorgado previo a trabajar en el bosque.

Mientras se hace el censo, una estaca de PVC temporal deberá insertarse en cada esquina de 20 m x 20 m para fácil visualización; es útil pintarla de color naranja brillante. Luego deberán colgarse de las ramas de árbol que rodeen la estaca dos o tres cintas de color naranja de aproximadamente 1 m de

largo. Así será fácil detectar las esquinas de 20-m desde lejos. Las coordenadas del cuadrante de 20 mx20 m deberán anotarse sobre la cintas naranjas y en la parte superior de la estaca (a continuación se describe el sistema de coordenadas). Dichas banderas y estacas no durarán mucho tiempo. La compañía Forestry Suppliers vende cintas y otros materiales coloridos y de plástico.

#### *Mojones de cuadrícula en esquinas de 5-m*

Éstos deberán colocarse el día que empiece la numeración de los árboles. No se pretende que sean permanentes, aunque esto dependerá de las preferencias locales. Para este cometido pueden utilizarse estacas más pequeñas, de 1 m de largo con diámetro de 13 mm y calibre de 1.5mm de PVC o inclusive de madera pintada, si no se desea una larga permanencia de las mismas. Es importante que puedan verse fácilmente y es de suma utilidad que se les pueda distinguir desde las estacas de 20-m.



**Figura. 7.1. Cintas de color naranja marcando las líneas de división de la parcela**

### ***Trazando una línea***

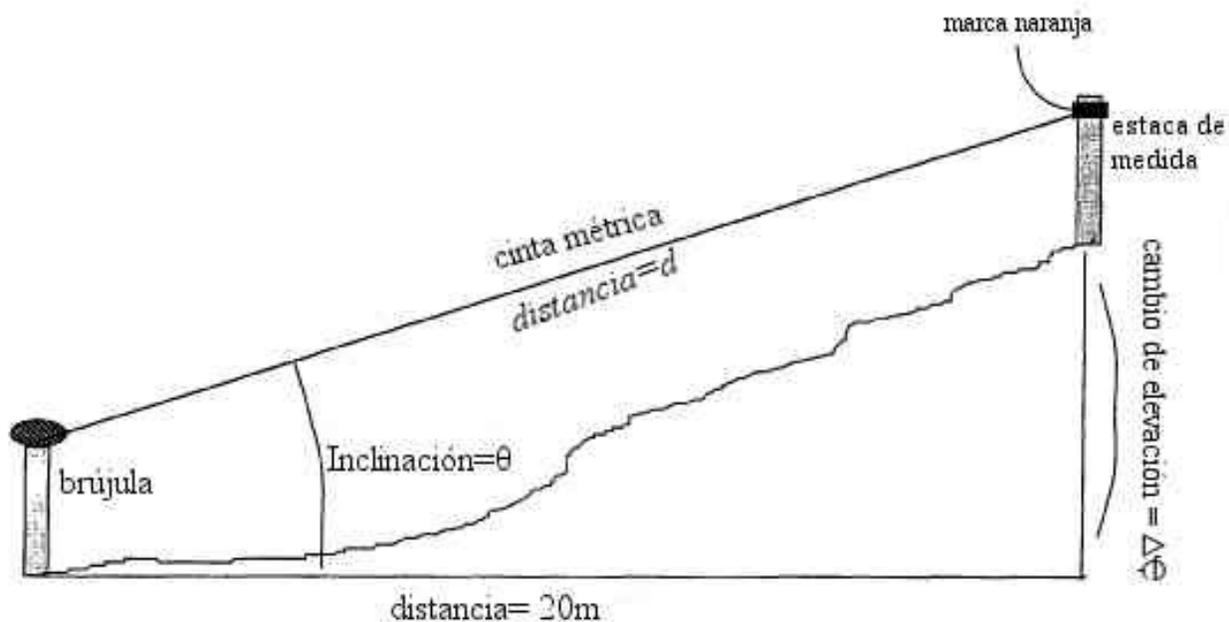
Cuando describimos el monitoreo que aparece a continuación, llamamos “telémetro” al aparato de medición, aunque puede sustituirse con una brújula de agrimensura. A la estaca desde la cual se inicia la medición se le llama “origen” y la siguiente estaca que deberá ser colocada es el “blanco”.

Trazar una sola línea requiere que se coloque una serie de estacas a intervalos precisos de 20-m en una línea recta. Se necesita por lo menos de 3 a 4 personas. Una de ellas (Observador A) se ocupa del telémetro, colocándolo directamente sobre el mojón de la cuadrícula utilizando el trípode y la plomada y girándolo hacia la orientación elegida en la brújula. Dos asistentes moverán la vegetación para evitar que obstaculice la visibilidad desde el punto de la brújula de agrimensura hasta un punto a exactamente

20 m enfrente. Se puede apartar y atar los árboles jóvenes y las lianas con ligas o cuerdas para que no interfieran a la hora de tomar las medidas. ¡La vegetación nunca debe cortarse!

En la parcela cuadrada de 100 m x100 m, la primera línea de monitoreo empieza en las estacas base (origen) y se dirige exactamente hacia el norte. Luego se harán observaciones hacia el este, oeste o sur. La parcela del lado del arroyo, sin embargo, no necesariamente necesita estar exactamente en direcciones cardinales, sino que debe estar aproximadamente paralela al arroyo. Esto significa que debe elegirse una medición exacta con la brújula para el eje largo de la parcela (100-m), a la cual se le llamará  $M^\circ$ ; la  $M$  representa el eje simple de la parcela. Todas las líneas de observación de la parcela estarán a exactamente  $90^\circ$  o  $180^\circ$  del eje principal, así que los cuatro números  $M-90^\circ$ ,  $M+90^\circ$  y  $M+180^\circ$  forman los cuatro ejes de la parcela.

El Observador A luego medirá la altura sobre el terreno del telémetro, utilizando uno de los postes de observación. El Observador B sostendrá verticalmente el otro poste, con el blanco visible, y lo girará hasta que se ubique una localización a 20m hacia el norte. El Observador A ubicará el poste con el láser. Luego el Observador B indicará con su dedo la altura en el segundo poste equivalente a la altura que registra el telémetro. A veces resulta de utilidad alumbrar con una linterna el blanco (o dedo) cuando el bosque es muy oscuro. El Observador A deberá ubicar el blanco con el láser y luego hacer registro de la distancia y la inclinación (ángulo vertical).



**Figura 7.2. Monitoreo de un plano inclinado.** La distancia que se mide en campo es  $d$ , paralela al suelo, y debe ser  $> 20$  m, como se puede ver en el Apéndice Tabla 7.1. Si se utiliza un telémetro-láser, deberá colocarse donde debería estar la brújula y entonces no se precisa la medición con la cinta métrica.

Si la inclinación es no-cero, es necesario corregir la distancia, porque los 20 m deben referirse a la distancia horizontal (Fig. 7.1). La distancia  $d$ , paralela al suelo, será mayor de 20 m y puede calcularse con la fórmula

$$d = \frac{20}{\cos \theta}$$

Eq. 7.1

Donde  $\theta$  es la inclinación. Por ejemplo, si  $\theta = 10^\circ$ ,  $d$  es 20.2 m. Véase el apéndice Tabla 7.1 al final de este capítulo para mayor información sobre corrección de distancia para incrementos de medio grado desde  $0.5^\circ$  hasta  $30^\circ$ . Se necesitará una copia de esta tabla (Apéndice Tabla 7.1) en el campo. Con la lectura preliminar de  $\theta$ , se leerá un valor corregido para  $d$  de la tabla. El Observador B moverá el poste de observación hacia atrás, hasta exactamente los metros  $d$  y el Observador A deberá reubicar el poste (pidiéndole a B que se mueva a un lado, si se requiere) y volverá a leer. Si ha habido cambio, se deberá leer un nuevo  $d$  en la tabla y mover nuevamente el poste y otra vez visualizarlo. Cuando ya no cambie la inclinación, B colocará una marca permanente en el punto directamente debajo del blanco (utilizando el nivel para asegurarse de que el poste esté vertical).

El Observador A registrará con precisión la distancia horizontal y la inclinación hacia la posición final, además de la medición (que es uno de los ejes de la parcela, como ya se explicó) y la designación numérica de las dos estacas (se describe a continuación el sistema de numeración). Es importante que la inclinación de declive se registre como negativa y, la de ascenso, como positiva; ¡es fácil olvidar esto! Asimismo, los números de las estacas deberán registrarse en el orden correcto – primero, la estaca origen, donde se ubica el telémetro y, luego, el blanco, hacia el cual se dirigió aquél.

Después se dirigirán hacia la estaca de blanco y se colocará allí el telémetro. Es importante implementar un paso subsiguiente importante: *verificación*. Desde la segunda estaca, se hará una observación hacia la primera y se confirmará la dirección (ahora  $180^\circ$  opuesto), distancia (idéntica a la primera medida) e inclinación (la negativa exacta de la primera). La verificación deberá ser estándar hasta que el personal obtenga resultados consistentes. Luego, podrá omitirse.

### **Una línea paralela**

A 20 metros de la primera, deberá iniciarse una segunda línea y se deberán verificar ambas líneas de forma paralela. Esto ayudará a reducir errores, ya que se podrá verificar la distancia entre ambas líneas.

Imagínese monitorear una sola línea que se extiende a lo largo del bosque y luego volver a donde empezó para empezar a colocar una segunda línea paralela. Obviamente, las dos líneas se desviarán y acabarán o muy cerca o muy lejos una de la otra. El objetivo es evitar el desvío mediante verificaciones simultáneas entre las dos líneas paralelas.

Para trazar una línea paralela, se deberá volver a la estaca base colocada después de la primera estaca (20 m norte), girar hacia el este y colocar otra estaca exactamente a 20 m al este. Luego se va a la estaca al este y se colocará una cuarta estaca al norte de ella, completando un cuadrante de cuatro estacas. La Figura 7.2 muestra tres líneas paralelas y cuatro estacas por línea; en la Figura 7.3, las cuatro primeras estacas están numeradas 0000, 0001, 0100 y 0101.

Deberá haber exactamente 20m entre la primera estaca colocada (0000) y la última (0101), aunque esto no se habrá medido. Medir dirección, inclinación y distancia entre las dos estacas constituye una *verificación lateral*. Ésta deberá confirmar que la medida entre ellas es exactamente  $M+90^\circ$ , que es exactamente perpendicular al eje principal, y que están ubicadas a 20m una de la otra cuando se corrija la inclinación (corrigiendo con la tabla de cosenos que aparece en el Apéndice Tabla 7.1). Si hubiese errores sustanciales, los observadores deberán volver a las otras estacas y mejorar las mediciones.

Por cada estaca colocada, se deberá llevar a cabo una verificación lateral para cada par de nuevas estacas. Con la experiencia, los observadores aprenderán cuán frecuentemente se precisa llevar a cabo verificaciones laterales. La regla deberá ser tener una precisión de 5-cm en distancia y  $0.15^\circ$  en inclinación, aunque estas medidas representan quizás el margen de lo que puede lograrse con este tipo de equipo. Bastará si todas las medidas están entre 10 cm y  $0.25^\circ$ .

No debería ser problemático mantener dicha exactitud en parcelas de 100 m x100 m. Ya con experiencia, los observadores deberán colocar ocho estacas en dos líneas paralelas (hasta 60 metros de la estaca original), luego llevar a cabo una verificación lateral entre ambas líneas. Si están dentro de los límites aceptados de precisión, deberán completarse las líneas de 100 metros y luego hacer una verificación lateral más entre el último par. Esto requeriría de dos verificaciones laterales entre cada par de líneas.

Cada vez que se haga una verificación lateral, ¡registre las medidas! Éstas pueden utilizarse para crear el mapa topográfico y pueden representar un registro de la precisión del estudio.

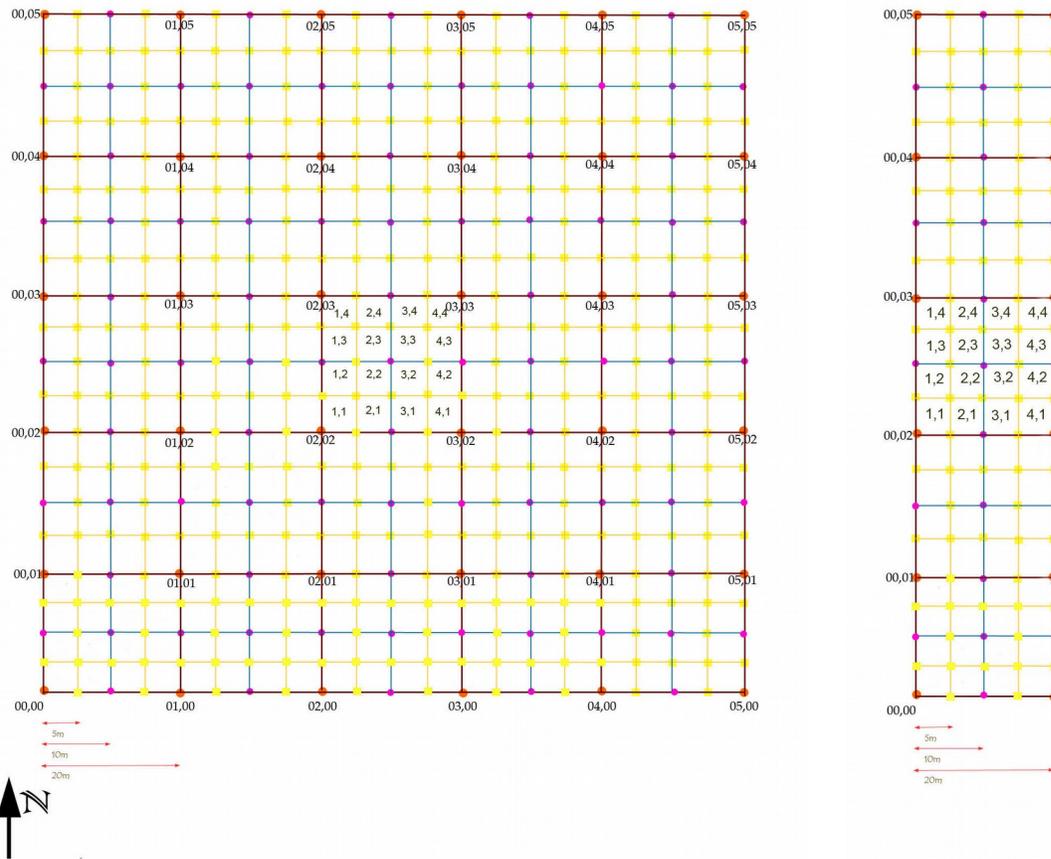
### ***Líneas subsecuentes***

Desde allí, se añadirán líneas sencillas adicionales, haciendo dos verificaciones laterales por cada línea, hasta cubrir toda la parcela. Es decir que, luego de las dos primeras líneas paralelas, la tercera línea de estacas se colocará de principio a fin, utilizando la segunda línea para verificación lateral, etc. (Figura 7.2).

### ***Obstáculos***

Desafortunadamente, en un bosque real, los árboles bloquean algunos senderos de observación. Si está bloqueada alguna línea, será necesario colocar una nueva estaca desde una de las líneas paralelas. De igual forma, las observaciones laterales podrían estar bloqueadas, así que nunca es posible hacer verificaciones laterales desde cada una de las estacas. Esto no representa problema siempre y cuando los errores se mantengan mínimos y las verificaciones laterales sean necesarias sólo a intervalos de 40-60 m. Inevitablemente, algunas estacas no serán visibles desde ninguna de las cuatro estacas adyacentes. En tal caso, deberá hacerse una observación desde una estaca diagonal, con la distancia ajustada a 28.3 m. En estas circunstancias, quizás sea preciso hacer observaciones intermedias al punto medio del cuadrante (14.14 m).

## Diseño de Parcela de 1 Hectárea



**Figura 7.3. Numeración de cuadrantes para una parcela de 100m x100m orientada al norte (Izquierda) y parcela de 20m x100m orientada siguiendo la orilla del arroyo o río (derecha). La columna más a la izquierda (por lo general, oeste) es 00, y la fila inferior es 00. A los cuadrantes se les designa con una columna-fila. En la parcela de 20 m x100 m, los cuadrantes deberán numerarse de 0000 hasta 00,05; nótese que esta parcela más pequeña es paralela a un arroyo y no está exactamente orientada hacia norte-sur.**

Otra circunstancia difícil se presenta cuando la posición de una nueva estaca está siendo ocupada por un árbol. Si el diámetro del tronco es de  $< 40$  cm, recomiendo colocar la estaca tan cerca como sea posible a su posición real; en este diámetro, quedará a aproximadamente 20 cm de la posición correcta. Para árboles más grandes, la estaca de PVC deberá clavarse al tronco mismo y se deberá colgar la cinta a modo de bandera, para que sea perfectamente obvia. En cualquier caso, la estaca no deberá utilizarse como punto clave para observar otras, ya que esto duplicaría el error. Si hubiese una gran piedra en el sitio donde debe clavarse la estaca, puede utilizarse pintura para señalar el punto. La Figura 7.2 muestra un registro ficticio, aunque plausible, del monitoreo de una porción de los ejes iniciales.

## **Cuadrantes y sub-cuadrantes**

Los cuadrantes de 20 m x20 m en los cuales se ha dividido la parcela se convierten en la unidad de trabajo de campo; su precisión es la base para cualquier futuro mapeo de árboles u otros accidentes geográficos. Para que el mapeo de árboles sea exacto, sin embargo, un cuadrante de 20 m x20 m es demasiado extenso en un bosque denso, así que se prefieren sub-cuadrantes de 5 m x5 m. Estos mojones (estacas), empero, no deben ser permanentes y pueden colocarse inmediatamente antes de numerar los árboles utilizando cinta métrica (monitorearlos posteriormente no será necesario). La sección de mapeo de árboles incluye métodos para colocar los sub-cuadrantes.

## **Numeración de estacas y cuadrantes**

El método más conveniente para numerar cuadrantes en el campo es designar el cuadrante por columna y fila; las filas serán aquellas franjas numeradas de sur a norte y las columnas, de oeste a este. El cuadrante 0104 es la columna 01, fila 04 (Fig. 7.3). La columna y la fila iniciales son 00, por lo cual el cuadrante 0000 representa la esquina suroeste y 0005 es la columna más al oeste, fila 05.

La estaca base estará ubicada en la parte inferior izquierda, o sea el suroeste para una parcela, en términos de orientación cardinal. El número de la estaca será el mismo que el del cuadrante superior y a la derecha. La esquina inferior izquierda del cuadrante 0104 es la estaca 0104. En la esquina superior izquierda del mismo cuadrante estará la estaca 0105 (Fig. 7.3). Estos números estarán marcados en las estacas y las banderas sobre las mismas, para permitir la navegación de la parcela. Para hallar cualquier cuadrante o árbol dentro, vaya primero hacia la estaca con el mismo número, luego busque hacia el noreste del cuadrante.

### **Resumen de asuntos clave para el censo topográfico**

Medir la parcela y colocar las estacas con precisión es crucial para cualquier medición futura que se requiera del área de la parcela

Las estacas deben estar colocadas con firmeza y estar bien marcadas

Dos líneas paralelas desde la estaca base representan el inicio del monitoreo

Las verificaciones laterales regulares garantizan que las dos líneas no se desvíen

Conserve registros de las verificaciones laterales, porque pueden ser útiles para evaluar la precisión del mapa topográfico

## Medición y mapeo de árboles

Este es el núcleo del trabajo y la razón por la cual se delimitó la parcela. Se deberá medir el diámetro del tronco a una altura precisa de todos los árboles que sobrepasen el límite de 100 mm de diámetro, con todos sus tallos. El diámetro de medición sería evidente si el árbol tuviera dimensiones ideales, (i.e., que su tronco se asemeje a un cilindro recto), pero la mayoría de los detalles de los métodos cubren al árbol no-ideal: troncos bifurcados, torcidos o hinchados, gambas (raíces gigantes que se convierten en parte del tronco), parásitas enredaderas ahorcadoras (e.g., matapalos) etc. A los árboles se les marcará con etiquetas y se señalará en el mapa su ubicación con respecto de las estacas de la parcela. El etiquetado y el mapeo permiten que los árboles sean reubicados para futuras mediciones. También debe registrarse la identidad de la especie de cada individuo, para así obtener información como composición de las especies, diversidad así como especies raras de utilidad especial (véase Capítulo 8).

Los métodos que aparecen a continuación toman por sentado que la parcela ya ha sido trazada y cuadrículada. En el suelo hay estacas a cada 20 m, cada una está marcada y ha sido numerada para facilitar la navegación dentro de la parcela. El trazado, sin embargo, no debe haber sido terminado: los equipos de numeración de árboles pueden iniciar labores en cuanto se definan los cuadrantes iniciales.

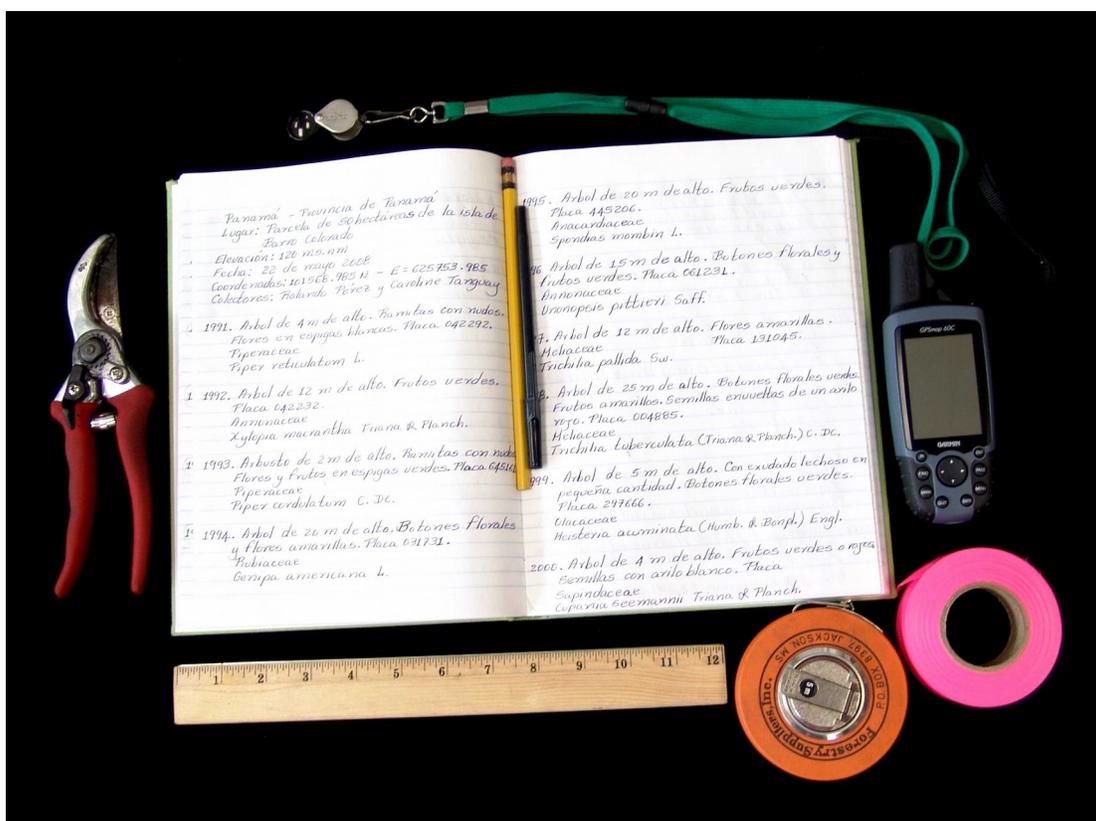


Figura 7.4. Material necesario para el trabajo de campo.

### ***Plantas que se deben incluir***

El propósito de un inventario de biomasa es estimar cuánta madera existe en el bosque y para esto se requiere medir todos los tallos leñosos. En un bosque tropical, deben incluirse lianas, palmeras, matapalos y bambú, así como árboles con gambas. La necesidad de incluir todo simplifica la regla: si un tallo leñoso es más grande que el diámetro mínimo (100 mm) medido a 1.3 m desde el punto de la raíz, debe incluirse. Los únicos tallos que podrían excluirse serían algunas especies herbáceas con tallos pseudo-leñosos (Marantaceae, Araceae, Cyclanthaceae). Algunas especies de dichas familias tienen tallos suaves y verdes más gruesos que 10 mm, pero no se les incluirá en el censo.

El diámetro mínimo es de 100 mm en la mayor parte de la parcela, pero una subsección incluirá tallos de diámetro mayor de 10 mm (Fig. 7.3). La medida debe tomarse a 1.3 m de altura, a lo que por lo general se le llama “altura al pecho”, pero con el propósito de facilitar el trabajo, utilizaremos el acrónimo DAP, que significa “diámetro a la altura del pecho”, ya que es un elemento clave para describir las reglas de medición del árbol.

**Figura 7.5. Midiendo el diámetro del tronco con el calibre (izquierda) y cinta diamétrica (derecha).**



### ***Demarcación de los sub-cuadrantes***

Los miembros del equipo de numeración en campo serán los responsables de completar los marcadores en la malla cada 5-m. Este trabajo es mejor hacerlo cuando se empieza el monitoreo en cada cuadrante de 20 m x 20 m. Los puntos de 5-m pueden marcarse sólo con cuerdas y cintas métricas. Primero, con la cinta métrica, se deberá ubicar el punto medio de los cuatro lados del cuadrante para luego marcarlo con una estaca. Nótese que, si el cuadrante está inclinado, el punto medio no podrá estar a 10-m de los extremos; si hay 21 m entre las dos estacas de los bordes, el punto medio estará a 10.5 m. Luego, se deberán colocar dos cuerdas desde las diagonales de los cuadrantes y colocar una estaca directamente debajo de la intersección. (Siempre y cuando las cuerdas estén perfectamente estiradas, se podrá ubicar

con precisión el punto medio aunque haya declive). Esto dividirá el cuadrante de 20 m x 20 m en cuatro de 10mx10m. Este procedimiento podrá replicarse para ubicar las estacas de 5-m.

Facilita grandemente la numeración colocar una estaca cada 5 m, porque así no obviará árboles y será más sencillo ubicar sus posiciones en el mapa. Sin embargo, esto lleva tiempo y la alternativa de colocar estacas cada 10 m es razonable. En los detalles que se presentan a continuación, se dará por entendido que que las estacas están colocadas cada 5 m, pero no habrá gran diferencia si se les coloca a cada 10 m.

Se deberán colocar cuerdas alrededor de los cuatro bordes de los cuadrantes de 20 m x 20 m para que los límites sean evidentes. De esta forma se facilitará el trabajo si dos equipos diferentes trabajan simultáneamente en cuadrantes adyacentes.

### ***Secuencia del trabajo***

El cuadrante de 20 m x 20 m, que se delimitó durante el monitoreo, es la unidad de trabajo. Cada equipo de mapeo trabajará un cuadrante único hasta haberlo agotado. Si se trabaja con dos o tres equipos, cada uno deberá trabajar con sólo una columna de cuadrantes, empezando con la 00 (Fig. 7.3). Por lo tanto, si hay tres equipos, empezarán en la columnas 00, 01 y 02 y el primero que termine una columna deberá empezar la 03. El trabajo se iniciará en la base de cada columna y seguirá la numeración del cuadrante (Fig. 7.3). En una parcela trazada sobre un eje norte-sur, el trabajo deberá hacerse hacia el norte de cada columna y hacia el este de columna a columna. Dentro de cada cuadrante, los equipos deberán seguir una secuencia exacta de trabajo con los sub-cuadrantes de 5mx5m. Los sub-cuadrantes deberán estar numerados como se indica en la Fig. 7.3; es altamente recomendable trabajar un cuadrante completo de 5mx5m antes de seguir con el próximo. Sin importar el orden elegido, es útil seguir una ruta consistente porque la secuencia de etiquetado podrá predecirse, lo cual se traduce en mayor facilidad para hallar un árbol específico. Es más: ayuda a garantizar que se haya ubicado cada tallo.

### ***Colectando datos***

#### ***Hojas de datos***

Los datos de cada cuadrante de 20mx20 m deberán anotarse en dos formularios para datos: la hoja principal de datos y un mapa (Apéndices, Tabla 1, Mapa 1). Cada uno incluye espacios en blanco en la

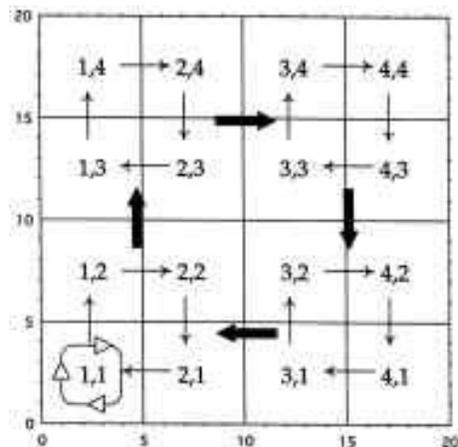
parte superior para anotar el número de parcela, el número de cuadrante, los nombres del equipo de campo y las fechas. Al final de este capítulo se han incluido hojas de datos a manera de ejemplo. Cuando los datos de un cuadrante no sean suficientes para llenar una hoja, nunca añada los correspondientes a un segundo cuadrante: una hoja sólo debe contener datos de un cuadrante. Por otra parte, si al final del día laboral no se ha terminado de trabajar un cuadrante, los datos recabados al día siguiente deberán anotarse en la misma hoja.

### *Mapeo de árboles.*

Es fácil ubicar cada árbol en un mapa, con precisión de 5m, cuando se ha marcado una cuadrícula de 5-m. Los árboles se mapean a simple vista, colocando una señal en el mapa de campo. Al final del presente capítulo se proporciona un mapa ejemplo.

A los árboles se les mapea en el sitio donde están sus raíces, así que se debe tener cuidado con troncos inclinados o tumbados: la corona y la mayor parte del tronco quizás no estén dentro del cuadrante de la raíz. Si un árbol tumbado tiene raíces a lo largo de una longitud importante del tronco, deberá localizarse la base del tronco en el mapa. Los troncos grandes se marcarán con círculos grandes y el centro de los mismos determinará la posición del árbol.

El número de etiqueta de cada árbol deberá anotarse al lado de su marca en el mapa. Si los números de las etiquetas tienen más de cuatro dígitos y los dígitos iniciales no cambian dentro del cuadrante, sólo los últimos cuatro dígitos deberán anotarse en el mapa y el número entero de la primera etiqueta del cuadrante deberá apuntarse en la parte superior del mapa. En el campo no deben anotarse coordenadas. Éstas se capturarán después, cuando se digitalicen los mapas.



**Figura. 7.6. Secuencia recomendada para el trabajo y numeración de sub-cuadrantes dentro de un cuadrante de 20mx20 m. Cada cuadro pequeño representa 5x5 m. Las flechas negras indican la secuencia de trabajo entre sub-cuadrantes; las flechas vacías, el trabajo dentro de un sub-cuadrante único.**

### *Etiquetado de árboles.*

Las etiquetas se colocarán con aros de cuerda alrededor de los troncos  $< 150$  mm de diámetro. Los aros deberán ser lo suficientemente grandes para permitir el crecimiento: 600 mm para tallos  $< 60$  mm de diámetro, 1 m para árboles  $< 150$  mm de diámetro. A los árboles más grandes ( $\geq 150$  mm) se les colocarán las etiquetas con clavos y se deberá dejar por lo menos 50-60 mm del clavo sobre la corteza. Los clavos no deberán colocarse en la marca DAP (altura de medida), donde se toma el diámetro.

Las etiquetas deberán colocarse en la misma secuencia numérica de la secuencia de trabajo: en dirección de las manecillas del reloj dentro de los cuadrantes, hacia el norte de las columnas, etc. Si varios equipos trabajan simultáneamente, se deberá asignar una secuencia de números a cada columna. La secuencia de las etiquetas deberá decidirse antes de ir al campo y se les deberá colgar en un gancho para ropa o algo similar. Deberá cortarse con anticipación un número suficiente de pedazos de cuerda de 600-mm y llevarlos de forma que sea sencillo separar cada pieza. También deberán cortarse alrededor de 30 piezas de 1-m para cada cuadrante (para árboles con diámetro de 60-150 mm). Después se tratará sobre el etiquetado de varios tallos como parte de un solo árbol.

### *Árboles a incluir.*

Dentro de la parcela completa de 1-ha, se deberán mapear, etiquetar y medir todos los árboles con diámetro  $\geq 100$  mm. Esto se refiere al diámetro medido según las reglas que aparecen a continuación.

En una sección de 10mx10 m de la parcela, se deberán censar todos los árboles  $\geq 10$  mm de diámetro utilizando los mismos métodos. Esto se hará en la sección noreste de 10-m de la parcela de 1-ha, dentro del cuadrante número 0004 (Fig. 7.3); en la parcela de 20mx100 m, es la sección de 10mx10m en la parte superior izquierda del cuadrante 0000 (Fig. 7.3).

### *Midiendo los árboles.*

He aquí la sección más amplia y complicada de todos los métodos, porque las mediciones adecuadas del diámetro de los tallos son críticas para las futuras medidas de crecimiento de los mismos. Hacer registro del diámetro es sencillo cuando se trata de tallos regulares y de forma cilíndrica: se utilizan calibres para árboles de diámetro  $< 60$  mm y una cinta diamétrica para medir árboles más grandes. En cualquier caso, el diámetro deberá medirse exactamente perpendicular al tronco. La altura al pecho se hallará con un poste de exactamente 1.3 m de largo, que se coloca contra el árbol. El diámetro deberá registrarse con precisión de hasta 0.1 mm.

Lamentablemente, los tallos pocas veces son de forma perfectamente cilíndrica y eso da origen a varias dificultades para medirlos. A continuación se presentan 10 reglas para la medición de árboles, diseñadas para garantizar que las medidas sean replicables.



**Figura 7.7. Equipo de trabajo en campo midiendo diámetro por encima de las raíces.**

**Regla 1.** Cuando se utilicen calibres (Fig 7.5), se deberá medir el diámetro más grande. En su mayoría, la sección media de los tallos no es circular y los calibres registrarán diferentes diámetros, dependiendo de la orientación. Con cinta diamétrica, este problema desaparece, pero los tallos con diámetro  $< 60$  mm no podrán medirse con exactitud de esta manera. Hallar el diámetro más grande es fácil si se rota el calibre mientras está fuertemente afianzado al tronco. (Esta práctica eleva el diámetro de los troncos pequeños, así que el margen de error deberá evaluarse cuidadosamente).

**Regla 2.** El DAP siempre se calculará a 1.3 m sobre el suelo del lado donde hay pendiente. Si hubiera declive, el DAP sería menor.

**Regla 3.** La altura al pecho se medirá a lo largo del lado más bajo de un árbol inclinado y no del lado más alto (Fig. 7.8).

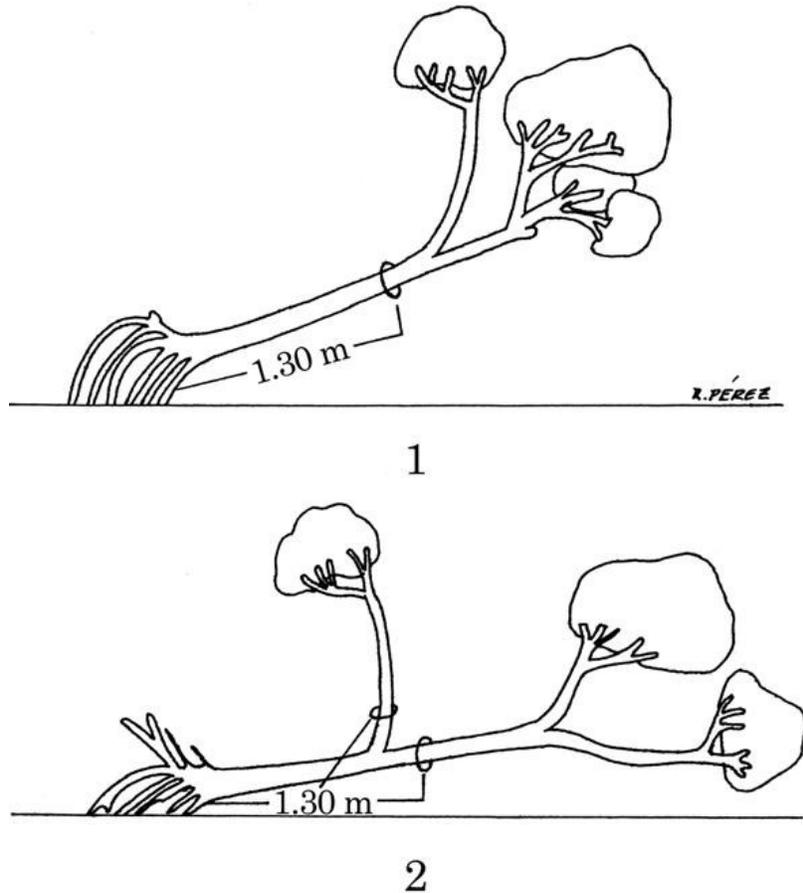
**Regla 4.** El DAP incluye todos los tallos sobre el suelo, sin importar el ángulo. Por ende, un tallo inclinado podrá medirse sólo algunos centímetros sobre el suelo (Fig. 7.8) y, en el caso de un tallo muy curvo, se deberá medir los 1.3 m alrededor de las curvas con una cinta métrica. Pero en casos en que el tallo inclinado tenga tantos puntos de raíz que no sea claro de dónde proviene, deberá tratarse de forma especial, como un tallo tumbado (Regla 8).

**Regla 5.** Las lianas, enredaderas y raíces epífitas deberán retirarse del tronco del árbol y la cinta diamétrica deberá deslizarse debajo, en la medida de lo posible. Cuando no sea posible mover las epífitas, podría requerirse de un calibre. Cualquier árbol que requiera el uso de grandes calibres deberá marcarse como árbol grande, para que el equipo de árboles grandes lo mida después (Regla 7).

Las cinco Reglas que siguen se refieren a situaciones en que algo impida la medición de la altura estándar de 1.3 m, usualmente debido a alguna irregularidad del tallo. En tales situaciones, el diámetro deberá medirse a otra altura.

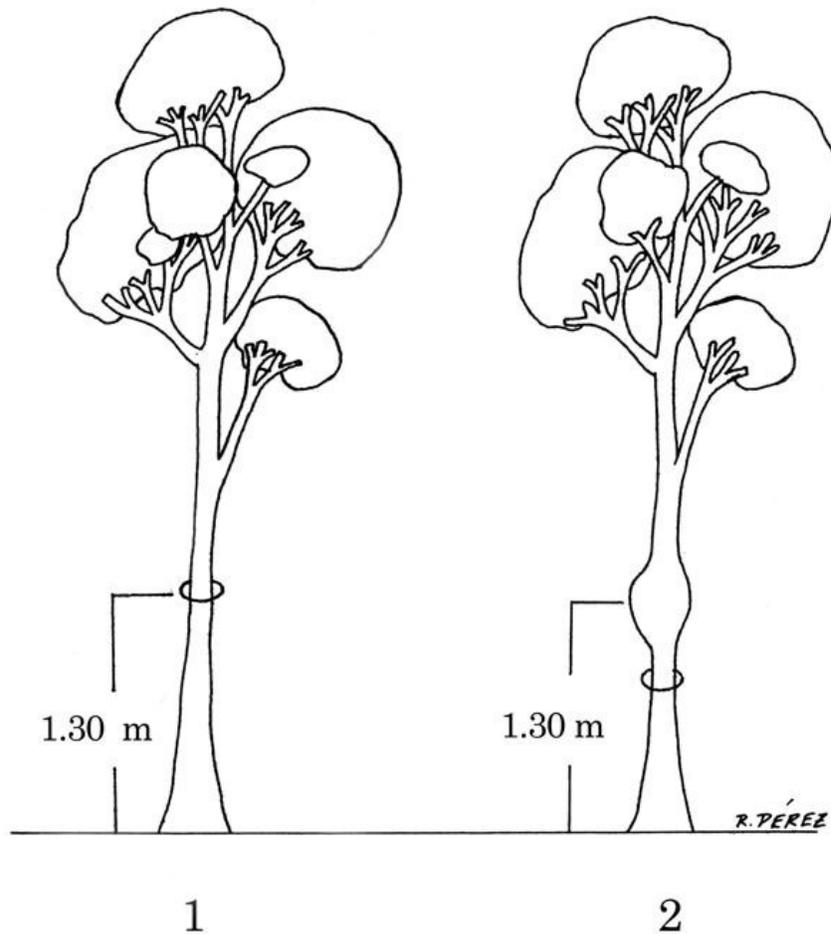
Para todos los casos en que el DAP no sea 1.3 m (Reglas 6-10), deberá marcarse con pintura, para que pueda reubicarse con exactitud. En todos los casos, la altura desde el suelo donde se tomó la medida deberá anotarse (véanse las hojas de datos al final del capítulo).

**Regla 6.** Cuando un tallo cilíndrico tenga una hinchazón o constricción obvia en la medida de 1.3 m (Fig. 7.9, caso B), el diámetro deberá tomarse 20 mm debajo del punto más bajo de la irregularidad. El ancho del pulgar podrá calcularse como 20 mm. El tronco deberá marcarse con pintura en el sitio donde se le midió.



**Figura. 7.8. Midiendo tallos múltiples e inclinados. Cada tallo se medirá a 1.3 m desde el punto de la raíz, medido a lo largo de la cara interna del tallo. El Caso 1 ilustra cómo un tallo inclinado o tumbado puede medirse a 1.3 m a lo largo del tallo.**

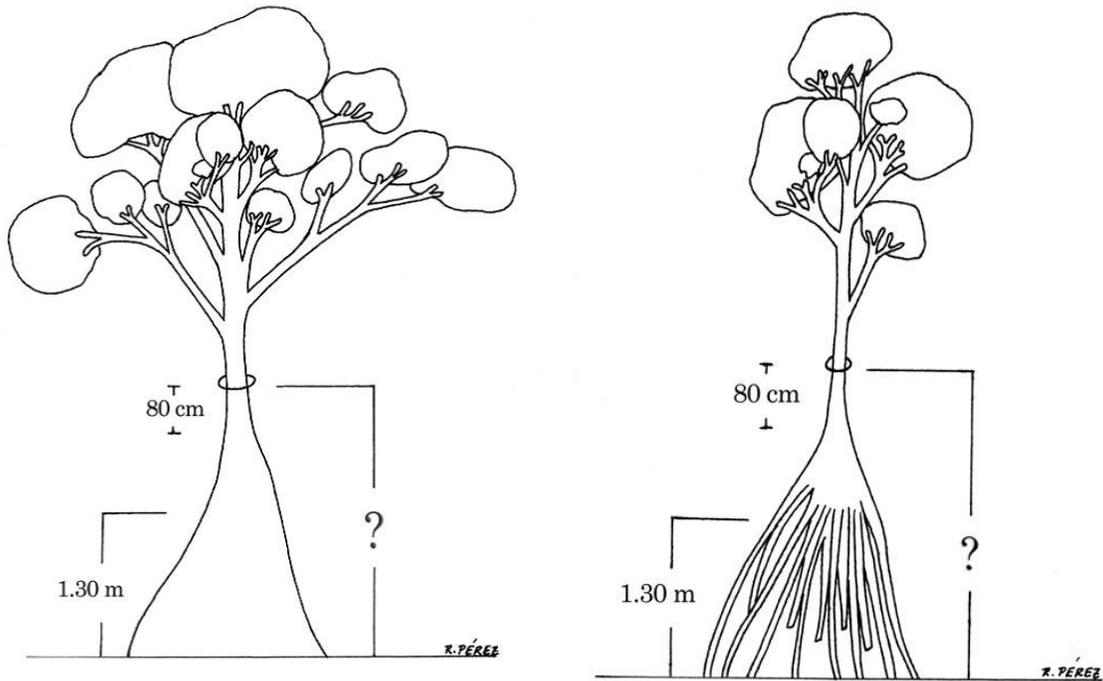
**Regla 7.** En el caso de árboles con gambas o estiletes (Fig. 7.7, Fig. 7.10), el diámetro debe medirse por lo menos 80 cm sobre la parte superior de la gamba (o estilete) más alta. Si 1.3 m es lo suficientemente alto, la medida deberá tomarse como se acostumbra. Pero, por lo general, será necesario medir más arriba en el tronco y, en el caso de árboles demasiado grandes, se requerirá una escalera. El DAP deberá pintarse siempre. Se recomienda marcar a dichos árboles como “problemas”, para que todos puedan ser medidos al final del día por un equipo de 3-4 personas que lleven consigo una escalera para utilizarla en la parcela (en parcelas de una hectárea, será muy raro encontrar más de un árbol de tanta envergadura).



**Figura. 7.9. Caso 1, la medida estándar a 1.30 m. Caso 2, el tronco está hinchado a 1.30 m, así que deberá medirse más abajo. El DAP se pintó en el tronco.**

Hay árboles gigantes cuyas gambas son tan altas que hasta una escalera de 5 o 7 m resultaría insuficiente para sobrepasarlas. En este caso, una persona puede escalarlo haciendo uso de cuerdas y arneses para medir éstos árboles. Una alternativa más prosaica es que una persona suba hasta la parte más alta de la escalera y sostenga un palo medidor de 2-m marcado claramente con gradaciones de 0.1-m. Una segunda persona podría pararse a varios metros del árbol y leer el diámetro aproximado del tronco (sobre las gambas); los binoculares quizás faciliten este trabajo. Aunque sea una medida aproximada, es mejor que no medirlo para nada y, como dichos árboles son tan poco frecuentes, no ejercerá un impacto importante en las estimas finales de biomasa.

**Regla 8.** Los tallos postrados deberán pintarse siempre, ya que no es claro dónde se halla la altura de 1.3 m en el tronco. Por lo general, pueden ser tratados como tallos inclinados y tomar el diámetro a 1.3 m en el tallo desde su raíz (Regla 4), pero los múltiples puntos de raíz y troncos enterrados pueden ocasionar confusión. En tal caso, se deberá elegir y pintar un punto sobre el suelo.



**Figura. 7.10.** Los árboles con gambas serán siempre medidos por lo menos a 80 cm sobre el punto donde el tallo se vuelve casi cilíndrico.

**Regla 9.** Cuando un tronco sea extremadamente irregular a cualquier altura, se deberá elegir un DAP de la mejor forma posible, luego se le pintará y se registrará para que el árbol pueda ser medido nuevamente en el mismo punto en el futuro. Por ejemplo, existen especies con troncos muy estriados y no puede hacerse más que envolver la cinta métrica alrededor de las estrías. También hay especies cuyos troncos se ahúsan a cualquier altura y no quedará más que medir en los 1.3 m estándar. Se deberá registrar un código que indique que el tronco era irregular en el DAP, para conocimiento de futuros trabajadores.

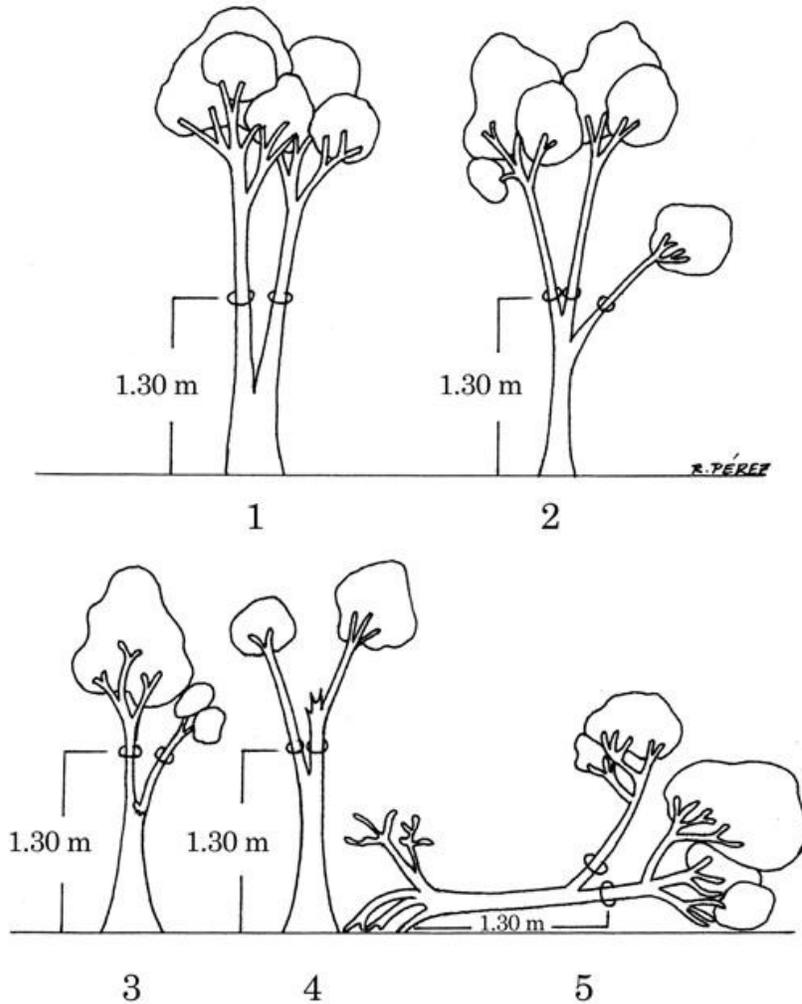
**Regla 10.** Ésta se refiere a aquellos árboles para los cuales no se adecua ninguna Regla: no existe la Regla 10. Inevitablemente nos toparemos con troncos que, sencillamente, se resisten a ser medidos, por ejemplo cuando están totalmente enterrados por una enredadera

ahorcadora. Deberá buscarse la mejor forma de tomar la medida – es mejor tener una estima que nada – y la ubicación del DAP deberá pintarse y registrarse. Mientras estos casos sean poco usuales, se aceptará que el líder del equipo haga una estima somera. Sin embargo, si se repite algún problema no previsto en las Reglas 1-9, deberá desarrollarse e implementarse regularmente una nueva técnica.

### *Individuos con tallos múltiples.*

Por el momento se han estado evitando los casos en que una sola planta se divide debajo de los 1.3 m o que tiene más de un tallo conectado bajo el suelo. Esta situación requiere reglas especiales para mapeo, etiquetado y medida (Fig.7.11), y ocurre frecuentemente con árboles jóvenes que se miden en la subsección de 10mx10 m de la parcela.

A los tallos separados obviamente conectados entre sí bajo el 1.3 m, ya sea sobre o debajo de la tierra, se les considerará parte del mismo individuo. Se deberá atar o clavar una sola etiqueta al tallo más grande del grupo. Además, a todos los tallos, se les deberá colocar un tipo diferente de etiqueta, siguiendo el mismo protocolo utilizado para los casos de tallos únicos (apartado 3, arriba en este capítulo). Por ejemplo, cuando los árboles tienen dos tallos, al tronco principal se le coloca una etiqueta principal (apartado 3 en este capítulo), luego cada tallo obtendrá una etiqueta de tallo, numerada 1, 2 y así sucesivamente, según cuantos tallos haya. La etiqueta del tallo 1 deberá siempre estar colocada en el tallo de mayor diámetro (si varios tallos tienen el mismo diámetro, el más alto obtendrá la etiqueta 1). Por lo general, no se numera con antelación las etiquetas de aluminio que se colocan en el tallo, sino que se les graba los números con un clavo al momento de colocarlas.



**Figura. 7.11. Medición de tallos múltiples. Desde el punto de raíz, se mide 1.3 m a lo largo del tallo. El Caso 5 muestra cómo se debe medir un tallo que sale de un tronco horizontal.**

En los casos en que dos o más tallos salgan del suelo en puntos diferentes, pero que sea obvio que son parte del mismo árbol, cada uno deberá marcarse de forma separada en el mapa. A cada tallo se le deberá detectar el punto de medición siguiendo las reglas antes presentadas y cada diámetro deberá registrarse en la hoja de datos principal (Apéndice 1 al final del capítulo). Si un tallo fuera irregular o tuviese gambas, su DAP quizás no se establezca a la altura del pecho, pero se deberán medir los demás tallos a 1.3 m.

A cualquier rama por debajo de 1.3 m se le considera un tallo secundario, aunque sea horizontal, siempre y cuando tenga el diámetro mínimo a 1.3 m de la raíz. El DAP se halla midiendo desde el suelo, siguiendo las horquetas (bifurcaciones) (Fig. 7.11). A una rama sobre los 1.3 m no se le

considerará tallo. Si hubiera otros tallos pero éstos no tuvieran el diámetro requerido el árbol no será considerado como de tallos múltiples.

Los tallos tumbados pueden tener varios brotes verticales (Fig. 7.11, caso 2). Si el brote está a más de 1.3 m del punto de raíz, no deberá considerarse tallo, según la regla que dicta que el DAP se medirá a lo largo del tallo. Suceden casos excepcionales en que a los tallos tumbados les salen más raíces, así que tienen varios puntos de raíz. En tal circunstancia, cualquier brote < 1.3 m desde cualquier punto de raíz deberá etiquetarse y el tallo principal (tumbado) deberá medirse a 1.3 m desde lo que parezca ser su punto de raíz principal.

A veces, no será evidente si los tallos adyacentes están conectados subterráneamente. En el caso de especies que no crecen normalmente como clones, la conexión deberá ser razonablemente obvia para contar dos tallos como un solo individuo.

Los tallos múltiples dan origen a circunstancias extrañas que crean confusión. Un caso bastante común es cuando el tallo se divide justo debajo de los 1.3 m y la horqueta ocasiona una deformación leñosa. La Regla 6 indica que este árbol deberá medirse debajo de la deformación leñosa, pero esto requeriría una medida debajo de la horqueta, donde sólo hay un tronco. En vez de ello, el estándar deberá ser medir ambos tallos sobre la horqueta, en el punto en que parezcan regulares, para que al árbol se le asignen múltiples tallos. Otro caso que ocasiona confusión es cuando un árbol con gambas requiere de un DAP más elevado, por ejemplo a 3 m sobre el suelo, pero cuyo tronco también tiene una horqueta debajo de los 3 m. Ya que la horqueta está sobre los 1.3 m, no deberá considerársele como de múltiples tallos, aunque el tallo principal esté a mayor altura. Para todos los casos como este, el DAP inusual deberá marcarse con pintura.

### ***Palmeras***

La mayoría de palmeras son susceptibles de medición mediante las reglas estándar. Sin embargo, a veces surgen algunas circunstancias confusas únicas a las palmeras. Algunas de ellas no sobrepasan los 1.3 m de altura, pero tienen tallos de diámetro de  $\geq 100$  mm; este caso es muy raro en otras especies que no son palmeras, pero a éstos no se les incluye en el censo. Los siguientes casos surgen sólo cuando la palmera es de altura aproximada a 1.3 m y cuyo tallo tiene el diámetro requerido para ser incluido. La parte superior del tallo deberá ubicarse de forma precisa: se le define como la base de la vaina de hojas vivas de menor altura. Se presenta una dificultad cuando persisten las vainas de hojas muertas que ocultan la base de la vaina de hojas vivas a menor altura, lo cual implica calcular el sitio donde está la parte superior del tallo. Cuando se mide el diámetro, las vainas muertas no se quitan, sino

que se les aplasta tan apretadamente como sea posible contra el tallo. Los peciolos de las hojas no se toman como parte de un tallo, aunque lo asemejen. Este es el motivo por el cual a las palmeras frecuentemente se les excluye, aunque sus hojas tengan una altura superior a los 1.3 m; lo mismo sucede con los helechos.

### *Estranguladoras*

Se medirá a las estranguladoras cuando su tronco tenga un diámetro superior al mínimo (100 mm) a 1.3 m de altura, esté o no adherida a un huésped vivo o a un árbol ya muerto. Los troncos están enroscados y, a veces, varios troncos cerca del suelo se fusionan a mayor altura, así que el DAP de las estranguladoras es problemático (por lo tanto, siempre deberá pintarse). En algunos casos, se medirá un solo tronco bastante arriba del punto de fusión, como si fuera horqueta, pero si no hay un solo tronco evidente a ninguna altura, se medirán los troncos separados a 1.3 m, como si fueran tallos múltiples.

### *Lianas*

Los censos de árboles  $\geq 100$  mm generalmente incluyen pocas lianas. Cuando se les halle, el método de muestreo será igual al que se utiliza para los árboles: a cada tallo se le deberá colocar una etiqueta y medirse 1.3 m a partir de las raíces en el suelo. Lo que hace que las lianas sean inusuales es que sus tallos cubren grandes distancias horizontales y frecuentemente echan ramas, aunque estas dos características no precisan de diferentes métodos. Se deben ubicar los puntos de raíz y luego medirse los diámetros según lo prescrito por las reglas 1-6.

Lo más inusual de las lianas es que sus tallos tienden a enraizarse nuevamente lejos del punto principal. En varios casos, un solo tallo podría elevarse hasta el dosel y luego descender y echar raíces en otro sitio, así que no será evidente si dos sitios de raíz diferentes pertenecen al mismo individuo. La regla será medir 1.3 m desde todos los puntos de raíz y hacer registro de ellos como dos individuos separados, mapeados en sitios separados. Deberá hacerse una anotación sobre el hecho de que las dos raíces pertenecen al mismo individuo, donde esto fuera posible de detectar.

### *Otros datos*

Aparte del diámetro y la información sobre el DAP, también es importante hacer registro de otros tipos de información. Se deberá anotar si las copas o tallos están quebrados o dañados por encima de los 1.3 m. Los tallos con inclinación superior a  $45^\circ$  o los que están tumbados también deberán reportarse. Asimismo, se deberán anotar los tallos que muestren señales de una quebradura vieja debajo de la DAP; esta información será útil para los censos futuros. Cada pieza de información deberá codificarse

con una sola letra, para simplificar el registro y posterior ingreso de datos (Tabla 7.1). La hoja de datos ejemplo que se proporciona al final del capítulo incluye una columna para los códigos. Se pueden crear nuevos códigos para tópicos adicionales que sean relevantes en algún sitio en particular. Si varios códigos corresponden a un solo árbol, aquéllos deberán separarse por un punto y coma (;) en la hoja de datos. No hay una razón por la cual los códigos sean de un solo carácter, pero se hace para ahorrar tiempo y es más conveniente. Cada equipo de numeración deberá tener una copia de la tabla de códigos mientras trabaja.

**Tabla 7.1. Códigos para describir varias circunstancias importantes y rutinarias con respecto de un tallo o su medida.**

| código | descripción   |
|--------|---|
| L      | Tallo inclinado en más de 45°                       |
| F      | Tallo tumbado                                       |
| Q      | Tallo quebrado sobre los 1.3 m                      |
| I      | Irregularidad en la parte del tallo donde se midió  |
| B      | Gambas  |
| R      | Señales de una vieja quebradura debajo de los 1.3 m |

La hoja de datos principal también cuenta con un espacio para comentarios, donde se pueden hacer anotaciones adicionales.

### *Problemas*

Cualquier planta que requiera de atención futura deberá marcarse con la letra 'P' en la columna final de la hoja de datos (véase formularios de datos ejemplo al final del capítulo). Además, se podrá añadir una explicación del problema en el campo de comentarios para explicar con mayor detalle el asunto. Los problemas incluyen aquellas situaciones donde las reglas parezcan no funcionar y que motiven a los supervisores a consultar entre sí o con algún científico superior antes de decidir qué hacer. También se refieren a cosas sencillas, tales como etiquetas perdidas, que no pueden corregirse hasta el día siguiente, y casos en los cuales se requiera de una escalera u otro tipo de equipo para medir un árbol grande.

Ya resuelto el problema, la anotación deberá marcarse de forma que sea evidente que no se requiere de más acciones. Las marcas en las hojas de datos en una misma columna ayudarán a los supervisores a rastrear rápidamente los problemas marcados. Cuando se resuelva el problema, podrá borrarse el

código del mismo; los comentarios deberán permanecer en el formulario, pero con una indicación que ya fue solventada la dificultad.

### ***Revisión del trabajo***

Una ventaja de trabajar en equipo y que los supervisores de campo hagan registro de los datos es que el trabajo deberá ser revisado inmediatamente. Mientras registra los datos, cada supervisor también puede monitorear las mediciones y los mapas. Ocasionalmente, especialmente en lo que a casos difíciles se refiere, el supervisor deberá medir nuevamente el diámetro para garantizar la precisión. Esto es especialmente importante cuando recién se inicia el censo, ya que el equipo de campo no tendrá experiencia suficiente aún.

Además, a cada uno de los miembros del equipo se le deberá motivar a que revise el trabajo de sus iguales. Tanto la persona que dibuja el mapa y el que ata las etiquetas deberá buscar árboles y verificar que todos se han tomado en cuenta. Cualquier miembro del grupo podrá ver si un diámetro no fue bien medido, para nuevamente tomarlo.

Finalmente, luego de volver a la oficina de campo al fin del día laboral, los supervisores deberán revisar a conciencia las hojas de datos del día. ¿Están todas las hojas? ¿Tiene cada registro un juego completo de datos legibles? ¿Hay duplicados en los números de las etiquetas? Los problemas deberán revisarse y resolverse de inmediato, en la medida de lo posible.

En el caso que no logre terminarse el trabajo en un cuadrante, las hojas de datos se guardarán para terminarlas al día siguiente. Cuando el trabajo haya terminado, el juego completo de formularios del cuadrante deberá colocarse en un sobre de manila; se usará un sobre por cada cuadrante. Los sobres deberán guardarse en un archivador en la central de campo hasta que los equipos de taxonomía los requieran.

### **Colección e identificación de especies**

El aspecto más desafiante de un censo de árboles en Panamá es identificar las especies de árboles. Debido a que la gran mayoría de árboles individuales en un bosque no tienen estructuras reproductivas en ningún momento determinado y la mayoría son árboles jóvenes que nunca se reproducirán, las plantas deben ser identificadas mediante sus características estériles, es decir, los individuos deberán ser reconocidos por sus hojas, estípulas, forma de la rama, olor, color de la savia, corteza, etc. Para ello

se requiere de botánicos con experiencia, y cada inventario de árboles precisa de una persona con capacitación en botánica.

Esta sección versa sobre la logística para recolectar y clasificar especímenes en un área cuya flora es poco conocida, tal es el caso de la mayor parte de Panamá. No es una clave taxonómica, ya que ello caería fuera de las posibilidades de este manual. Tal y como lo describe el Capítulo 2, hoy día está disponible en Internet una base de datos de especies de árboles conocidos en Panamá y ésta deberá ser la base de cualquier inventario de árboles. Ya que la base de datos incluye más de 2300 especies, no puede llevarse al campo ni memorizarse con anticipación, pero sí debe ser consultada a medida que se haga el estudio en las parcelas y se identifiquen las especies. El sitio de Internet *Tropicos* del Jardín Botánico de Missouri (véase Capítulo 2) también deberá consultarse para confirmar los nombres de las especies de Panamá. Este sitio incluye varios registros de especímenes de Panamá, generalmente con fotografías; todos los nombres de los árboles deberán compararse con los que aparecen en *Tropicos*, haciendo las correcciones ortográficas requeridas.

### ***Personal botánico***

El equipo de censo de árboles deberá incluir dos miembros cuyo solo cometido sea la identificación. Deberán trabajar simultáneamente con los miembros que mapean y miden, pero de forma separada si fuera necesario (a veces se retrasarán debido a especímenes difíciles de identificar). Al menos, uno de los dos deberá haber recibido capacitación en botánica y tener experiencia en Panamá. El segundo deberá estar preparado para ayudar a recolectar hojas y es importante que sepa utilizar una honda o un poste para podar.

### ***Mnemotécnica de las especies***

Las especies identificadas en el campo deberán registrarse con un código mnemónico abreviado. Estas abreviaturas ya se han creado y aparecen en el listado de especies de árboles para Panamá que puede verse en Internet. Incluyen seis letras, las primeras cuatro del género y las últimas dos, de la especie. Cuando dos géneros tienen las mismas primeras letras, la cuarta posición será un número, siendo el género que alfabéticamente queda primero el que tenga el número más bajo. Por ejemplo, a *Trichanthera* y *Trichilia* en Panamá les corresponden los códigos de género TRI1 and TRI2. De igual forma, a dos nombres de especies del mismo género que tengan las mismas dos primeras letras se les deberá asignar una letra y un número.

### *Colección de especímenes*

Una buena muestra botánica consiste en una ramita con hojas, flores y frutos, preferiblemente. Esto se debe a que la identificación se basa en las características de las estructuras reproductivas. Es conveniente tener en cuenta que los árboles de las parcelas no siempre tienen flores y frutos. Es por eso que sugerimos realizar una extensa recolección de todos los árboles que presenten flores y frutos, ligeramente fuera de los alrededores del perímetro de la parcela. Con este material podemos identificar más fácilmente los árboles, y posteriormente comparar con las muestras estériles (sin flores ni frutos en el momento del censo) encontradas en la parcela. Recomendamos recolectar un mínimo de 3 a 5 muestras por cada espécimen. Tras la recolección, introduzca este material en una bolsa plástica y rotule con el mismo código de campo. Mientras que cuando las plantas son herbáceas o arbustivas la recolección se puede realizar desde el suelo empleando las podadoras de mano, en el caso de árboles, lianas, o enredaderas, se necesita a menudo la podadora de tubos con la guillotina en el extremo terminal. Hay que tener en cuenta que también que los métodos de recolección pueden variar dependiendo del grupo botánico del que se trate (por ejemplo: en Poaceae (Gramineae) es necesario arrancar toda la planta incluyendo su raíz, y en las lianas es conveniente recolectar un pedazo transversal del tallo). En algunos casos, para mantener las flores y los frutos en buen estado hasta el momento de su identificación, éstos se deben colocar en frascos plásticos con alcohol.

### *Tratamiento de las muestras recolectadas*

Una vez que se regresa del lugar de la recolección se procede a colocar y ordenar las muestras en papel periódico. Este procedimiento generalmente se realiza en el campo o en el campamento base. Cada muestra botánica se extiende en una hoja de papel periódico doblado, de manera tal que se puedan observar las características más importantes, es indispensable que por lo menos una de las hojas se coloque del lado del envés para que se puedan apreciar las características de las nervaduras. Cuando existan muestras con frutos gruesos es necesario realizar cortes transversales o longitudinales, o si se prefiere no cortar, los frutos se pueden colocar en bolsas de papel manila rotuladas con el mismo código de campo. Para ciertas familias que presentan hojas grandes como Arecaceae y Cyatheaceae o compuestas como Fabaceae, Meliaceae, Anacardiaceae, Rutaceae o Sapindaceae es necesario realizar varias secciones de las hojas, de tal forma que puedan entrar en la hoja de papel periódico doblado. Paralelamente al arreglo de las muestras botánicas se realiza la numeración y colocan los datos en el libro de campo. Para colocar el número de la muestra en el borde del periódico debe emplearse un lápiz o un marcador de tinta insoluble en agua y alcohol, de manera que los números no se borren en el futuro. Cuando las expediciones realizadas son de 10 a 15 días en el campo es necesario preservar las

muestras botánicas. Para preservar las muestras después de introducirlas en papel periódico se hacen paquetes de varias muestras (30 ó 40) y se amarran con hilo. Los paquetes se colocan en forma vertical dentro de bolsas plásticas, y se riegan con una preparación de 50% de alcohol mezclado con 50% de agua. Se requiere un litro de la solución para cada paquete. Posteriormente cerramos la bolsa plástica y se abre al momento de secar las muestras. Esta preservación permite que las muestras puedan durar hasta un mes sin dañarse.

### *Prensado y secado de las muestras*

Para prensar las plantas se deben usar, prensa de unos 50 cm de largo por 30 a 35 cm de ancho, hojas de papel secante y láminas de aluminio o cartón corrugado. El proceso de prensado es el siguiente: coloque una lámina de aluminio o cartón corrugado sobre uno de los lados de la prensa, luego una muestra botánica en papel periódico, posteriormente coloque sobre ella otra hoja de papel secante y otra lámina de aluminio o cartón corrugado. Haga lo mismo para cada muestra, de esta manera cada muestra quedará cubierta por una hoja de papel periódico y separada de las demás por el cartón corrugado. Este procedimiento se repite para todas las muestras y sus duplicados. El aluminio y el cartón corrugado tienen la característica de dejar pasar el aire por los canalillos que lo cruzan en un sólo sentido y el papel secante absorbe la humedad. Usando este método las plantas se secan en un menor tiempo. Una vez colocadas todas las muestras de plantas, cierre la prensa y apriétela con las correas. El secado de las plantas debe ser lo más rápido posible, ya que además de dejar libre y disponible nuevamente la prensa, permite que los especímenes conserven un color más natural. Es por ello que el proceso se puede acelerar con calor en horno o secadora, a una temperatura de 46°C en donde se colocan las prensas ya listas. De acuerdo al tipo de secadora utilizada, el secado de las muestras puede durar desde 1 ó 2 días, hasta 3 a 8 días.

### *Montaje y archivo de las muestras*

Las muestras de plantas secas se montan en cartulinas especiales de herbario (aprox. 29 cm x 41 cm). El proceso es el siguiente: se pega en la parte inferior derecha de la cartulina la etiqueta que se hizo con la información copilada en el libro de campo. Además de



**Fig 7.12. Ejemplo de muestra vegetal montada para su depósito en herbario.**

la información de campo se incluye en la parte de abajo de la etiqueta el nombre del colector(es) y la institución a la cual pertenece el investigador. Cerca del nombre científico de la muestra colectada se coloca el nombre del botánico o especialista que identificó la planta. Después de pegada la etiqueta en la parte inferior derecha se estampa el sello del herbario, en algunos herbarios junto al sello se coloca el número del ejemplar de ese herbario. Posteriormente se procede a pegar la muestra botánica en la cartulina, teniendo cuidado de no tapar la etiqueta ni el sello del herbario. A veces se deja un espacio en la parte inferior izquierda de la cartulina para pegar un sobre de tamaño pequeño, en el cual se pueden guardar las flores, los frutos y las semillas que se desprenden de la muestra montada.

### ***Identificación de las muestras***

La mayoría de las veces la labor de identificación no se puede realizar de manera confiable en el campo, al menos que existan botánicos expertos y conocedores de la flora local. Es frecuente que plantas que “parecen” pertenecer a la misma especie resulten ser taxa diferentes luego de examinar con cuidado los ejemplares en el herbario. Por eso se recomienda recolectar todos los individuos de la parcela. La identificación o determinación de una muestra botánica, consiste en ubicarla en los taxa más utilizados, la familia, el género, y el epíteto específico. El trabajo de la identificación generalmente lo realizan los especialistas de cada familia, sin embargo, botánicos con suficiente conocimiento sobre la flora de una región o país también lo pueden hacer. Para realizar la identificación se utilizan las claves taxonómicas que son publicadas en los tratados de flora, en nuestro caso “Flora de Panamá”, “Flora Neotrópica”, “Flora de Nicaragua” , “Flora Mesoamericana” (REFS), libros y artículos de diferentes revistas referentes a la revisión de las familias y los géneros. También se utilizan las muestras secas archivadas en los herbarios para comparar. El proceso para identificar una planta puede tomar de unos cuantos días, semanas o incluso años en los casos más difíciles. Los duplicados de las muestras botánicas ya identificadas tienen varios destinos, en el caso de nuestro país el primer duplicado se entrega al Herbario de la Universidad de Panamá (PMA), el segundo se entrega al Herbario del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (SCZ), y el resto se reparten como parte del intercambio de muestras con otros herbarios del mundo. En el caso de las parcelas se recomienda dejar una muestra representativa para el proyecto, preferiblemente se debe tener una colección de referencia ordenada en un gabinete de herbario. Otro mecanismo empleado para la identificación de los ejemplares botánicos consiste en compararlos con muestras de ejemplares digitalizados o fotografías de los mismos. Para ello también se debe contar con una buena experiencia y se deben seleccionar sitios confiables donde poder realizarlo. Un buen sitio de refernencia para Panamá

en Internet se encuentra en: <http://ctfs.arnarb.harvard.edu/PanamaAtlas/>.

### *El Herbario*

Un herbario es una colección de plantas secas, debidamente preparadas, identificadas y conservadas para su posterior utilización a modo de “biblioteca de plantas secas”. Para cumplir con esta labor los herbarios tienen personal especializado en recolectar, preparar, identificar y conservar los especímenes. En la República de Panamá, el herbario más grande que existe es el de la Universidad de Panamá (identificado internacionalmente con el acrónimo PMA). El Herbario de la Universidad de Panamá mantiene una colección de referencia de la flora de Panamá y actualmente, posee más de 55,400 especímenes de angiospermas y helechos, y aproximadamente 10,000 de briofitas y líquenes (<http://www.up.ac.pa/herbariopanama/index.html>). En la actualidad es un requisito de la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (ANAM) que todo proyecto de estudio de la flora local deposite sus especímenes en el Herbario Nacional (Véase apartado de Leyes y Permisos en Capítulo 2).

### *Fotografías*

Cuando los especímenes hayan sido cuidadosamente organizados, clasificados en morfoespecies y almacenados en gabinetes, se deberán tomar fotografías de cada especie individual. Con respecto de aquellas especies identificadas en el campo y de las cuales no se tomó muestras porque son muy reconocibles, sí se deben tomar fotos de campo. Así, se tendrá una serie de fotografías de todas las especies halladas en la parcela.

### *Botánico/a consultor/a*

Cuando los especímenes se hayan organizado y fotografiado, será muy buena idea consultar con un experto en botánica. Hay varios de ellos en la Universidad de Panamá, Universidad Autónoma de Chiriquí y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales que pueden ayudar. Si se le dan especímenes bien organizados, el experto –tras trabajar unas pocas horas en el laboratorio– podrá disipar preguntas y sugerir qué otras muestras de cuáles especies deberían recolectarse.

## **Personal y capacitación para el censo de árboles**

A veces el personal, incluyendo los que trabajan en el campo, los que ingresan datos y los que dirigen el trabajo, no es lo suficientemente acucioso. Debido a que algunos miembros del personal quizás carezcan de experiencia, es crucial proporcionar la capacitación pertinente antes de iniciar el proyecto.

## **Director del proyecto**

El proyecto deberá estar a cargo de un científico experimentado. En cuanto a los líderes del equipo de campo, éste deberá tener conocimientos profesionales sobre la biología forestal local y su conservación, además de tener vastos conocimientos de los bosques y las costumbres locales. Idealmente, esta persona deberá ser un catedrático de alguna universidad local o un científico titular del personal de un departamento forestal local. Si no son plausibles estas opciones, los patrocinadores del proyecto deberán contratar un especialista de fuera o proporcionar un líder de su propio personal. Según las circunstancias, el proyecto quizás tenga o no que pagar el salario de dicho líder.

## **Equipo de campo**

El equipo de campo ideal para el trabajo en las parcelas con árboles incluye cinco miembros: un líder de campo cualificado que pueda organizar al equipo y guiar el trabajo, dos personas para trabajar con el líder de campo en cartografía y medición de árboles, un líder de taxonomía y un asistente para el anterior.

El elemento clave del equipo de campo es su líder. Esta persona trabajará diariamente en el campo, revisando el trabajo de los equipos: disipará dudas, resolverá problemas. El líder debe conocer el proyecto a profundidad y, por ende, estará calificado para tomar decisiones sobre circunstancias inesperadas, pero también reporta al líder del proyecto. Un buen líder debe ser estricto con los trabajadores de campo, pero también debe sentirse cómodo con ellos y comprender sus necesidades.

La característica más importante de un líder es su dedicación al proyecto: debe tener un profundo deseo personal de que el estudio tenga éxito. Esto es crucial, porque el personal de campo son sólo trabajadores remunerados cuya finalidad básica es ganar un salario; los líderes del equipo deben sentirse dueños de los resultados. Esto quizás se logre si se involucra a estudiantes u otros científicos jóvenes que tengan algún interés en el proyecto, quizás como tema para una tesis o coautoría en los reportes.

Es más: el proyecto requiere de un experto en bosques locales que tenga conocimientos sobre dónde están los senderos, quién es el terrateniente y dónde y cómo llegar a los bosques. Por lo general, son el líder del proyecto y los líderes de equipo quienes cuentan con estos conocimientos. Si no, el líder del proyecto deberá saber dónde obtener la información, quizás consultando con terratenientes locales o biólogos forestales, en la medida de lo necesario.

## **Asistentes de campo**

El trabajo de medición de parcelas requerirá que los equipos de campo permanezcan en el campo de 5 a 6 días. En sitios remotos, lejos de carreteras, esto podría solventarse erigiendo campamentos en el bosque. En tal caso, se precisará de asistentes que carguen el equipo, erijan el campamento y preparen las comidas. Esto será decidido por el proyecto y los líderes de equipo.

## **Ingreso de datos**

Además, se necesitará uno o preferiblemente dos encargados del ingreso de datos, aunque éstos podrían ser los mismos técnicos de campo. Bajo tal plan, el equipo de campo deberá trabajar durante tres semanas definiendo las parcelas en el bosque y una semana en el laboratorio, ingresando datos. También deberá haber alguien que supervise a los encargados del ingreso de datos. Una opción ideal sería contar con un administrador de la base de datos, que sea experto en programación y modelización de datos. Esta persona será responsable del software para ingreso de datos, de la manipulación de datos durante la verificación de errores y de la producción de la base de datos final. Un proyecto de aproximadamente 25 parcelas, empero, no requerirá que tal profesional trabaje a tiempo completo, así que podría compartirse con otros proyectos. Una alternativa sería que el líder del proyecto asuma el cargo, dependiendo de su experiencia e intereses.

## **Entrenamiento**

El proyecto empezará cuando el director y los líderes de campo revisen los métodos, para asegurarse de que comprenden todos los pasos de la recolección de datos en el campo. Las sesiones de capacitación deberán implementarse para los equipos de campo completos en sitios fácilmente accesibles del bosque o fuera del mismo, quizás en un bosque experimental en una universidad.

Los líderes de campo y el director del proyecto deben, inicialmente, medir y marcar alrededor de 20 árboles para ensayar. Las medidas deberán elegirse deliberadamente, desde la más fácil hasta la más difícil. Los supervisores luego presentarán los métodos a los equipos de campo. Los trabajadores medirán los 20 árboles de ensayo y compararán sus resultados con los de los supervisores; las discrepancias serán objeto de revisión y discusión. Luego, los trabajadores deberán medir todos los árboles en un cuadrante de ensayo de 20m x20m. Los supervisores deben estar cerca, para revisar los resultados y disipar dudas. Estos ensayos y revisiones ayudarán a los supervisores a asignar tareas a los trabajadores de campo.

A los trabajadores que ingresen datos se les deberá mostrar el software para ingreso de datos y deberán ensayar el ingreso de datos durante todo el día. El director del proyecto y el administrador de datos deberán estar allí para resolver dudas.

### **Resumen de personal y capacitación**

El director y los líderes de campo son clave para el proyecto. Deben entender el proyecto, conocer la región y a los trabajadores y –lo más importante– tener un verdadero interés en que el trabajo sea exitoso.

Se debe consultar a expertos en bosques locales.

Es preferible que los trabajadores de campo tengan experiencia con bosques locales y que tengan un trasfondo científico.

Se deberá organizar arduas sesiones de capacitación que incluyan métodos de medición.

Asumiendo que dos equipos de campo trabajen simultáneamente, el proyecto incluiría: 1 director, 2 líderes de campo, 20 trabajadores de campo, 2 trabajadores responsables del ingreso de datos, 1 administrador de la base de datos (medio tiempo), 4 asistentes de campo (si se requieren), además de 1-2 consultores sobre bosques locales (si se requieren).

## **Mano de obra y presupuesto estimados para el censo de árboles**

### **Equipo y suministros**

Cada equipo de numeración requiere tres cintas diamétricas (dos para los medidores y una para el supervisor), dos cintas métricas de 25m, dos brújulas manuales, un martillo, lápices, dos tablas con clip (para quienes harán registros) y una brocha pequeña y pintura. Recomendamos la cinta diamétrica de tela, de 1.6-m, que vende Forestry Supplier (Forestry Suppliers Metric Fabric Diameter Tape, modelo 59571); tal vez se requiera cinta más larga para árboles muy grandes (modelo 59576). Uno de los equipos de numeración también requiere tres calibres metálicos con indicador de dial de precisión a diez-milímetros; éstos se utilizarán sólo en una porción limitada de la parcela, donde se medirán los árboles pequeños (Forestry Supplier modelo 59911, por ejemplo; asegúrese que sea del sistema métrico). Los demás suministros son fácilmente ubicados. Es útil trabajar con papel impermeable en el bosque lluvioso, pero no es esencial. Si no se utiliza papel impermeable, será necesario conseguir hojas plásticas para proteger el papel de la lluvia. Cada medidor también necesitará un palo recto que mida exactamente 1.3 m, con extremos planos, fácilmente fabricado a partir de cualquier árbol pequeño que haya alrededor (¡pero no dentro de!) la parcela. Quizás se precise de un juego de calibres grandes para medir el diámetro de árboles masivos en caso que no pueda rodearse el tronco con la cinta métrica. Los

equipos de numeración también deberán colocar los marcadores de cuadrícula a intervalos de 5-m, para lo cual precisan de 21 estacas para cada cuadrante de 20 m x20 m, así como cuerdas y cintas métricas para colocarlas (como se explicó en el capítulo anterior). Una pieza de 40-m de cuerda no muy ancha se necesitará para demarcar cada sub-cuadrante.

Para marcar los árboles, se necesitan etiquetas de aluminio. La compañía National Band and Tag Co. (Newport, Kentucky, USA) tiene etiquetas de 44 mm x16 mm x1.3 mm con extremos redondeados y números ya grabados (véanse las varias opciones en <http://www.nationalband.com> y Figura 7.13 para ejemplo). Una alternativa menos onerosa es comprar hojas de etiquetas de aluminio delgadas que sean lo suficientemente maleables como para grabar en ellas un número con un clavo. Este último método deberá utilizarse para etiquetas para reemplazo (cuando se pierda una etiqueta) y etiquetas para individuos con tallos múltiples.

A los árboles < 150 mm dbh, las etiquetas se les deberán atar a los troncos con hilo de nylon o polietileno resistente. Para clavar etiquetas en los árboles más grandes, se pueden utilizar clavos de aluminio de 100 mm de largo. Se precisa de pintura impermeable que resista el clima de bosques húmedos para marcar los troncos. Por lo general, es adecuada la pintura de aceite para exteriores o del tipo que se utiliza para carreteras. Cada equipo de campo debe estar armado con una lata de pintura y una brocha.

Se necesitará una escalera de aluminio, extensible a 5 m, para medir grandes árboles con gambas. Sólo se necesita una escalera y ésta se llevará al bosque un solo día. En algunas partes del mundo, pueden hallarse buenos trepadores de árboles, los cuales obviamente podrían sustituir a la escalera.

### **Tiempo y mano de obra para trazar la cuadrícula**

Equipos conformados por 3 ó 4 personas pueden colocar entre 7 y 10 estacas al día. Esto significa que un equipo de cuatro personas podrá cubrir una parcela de 1 hectárea en cuatro días. Aquí no se incluye el tiempo necesario para llenar la cuadrícula de 5-m; esto se hace por lo general durante la numeración de árboles.

### **Tiempo y mano de obra para mapeo de árboles**

En promedio, un miembro de un equipo de campo puede numerar entre 50 y 80 árboles por día, aunque



**Figura 7.13. Ejemplo de etiqueta numerada de aluminio colocada en árbol de la parcela.**

aquí no se incluye el tiempo preciso para colocar las estacas de 5-m. La parcela de 1-ha aquí descrita tendrá entre 400-500 árboles  $\geq 100$  mm diámetro más 40-50  $\geq 10$  mm en los bosques típicos de Panamá; la parcela más pequeña de 20 m x100 m tendrá alrededor de 150 árboles. Un equipo conformado por un supervisor y dos asistentes de campo podrán medir las dos parcelas en tres días. Asumiendo que colocar las estacas a 5-m añade un día de trabajo, y que se requiere de otro día para revisar problemas, medir árboles grandes y tomar nuevas medidas, programar 5 días es un lapso razonable para numerar los árboles. Los taxónomos, que deberán estar trabajando simultáneamente, también podrán terminar su tarea en unos 5 días.

Ojo: aquí no se ha tomado en cuenta el tiempo adicional que quizás se necesite para clasificar e identificar los especímenes que se hayan recolectado. Es difícil anticipar esta tarea, ya que depende en gran medida del sitio y cuán bien el equipo taxonómico conoce las especies. En términos generales, es prudente asumir que los taxónomos necesitarán una semana adicional de trabajo por cada tres días de trabajo en el campo.

### **Ingreso de datos**

Ingresar los casi 500 registros en un sistema de computación puede llevar aproximadamente dos días. Debido a que es más veloz ingresar datos que trabajar en el campo, sería una buena medida que el supervisor y dos técnicos ingresen datos tras tres semanas de trabajo de campo.

### **Presupuesto para 25 parcelas**

Los cálculos que aquí se presentan asumen que cada sitio tiene dos parcelas boscosas: una de 100mx100 m y una segunda, de 20mx100 m, y que se trabajarán tres semanas en el campo y una en el laboratorio. Entonces, es factible pensar que en un mes se pueden trabajar tres sitios. No se incluye el precio del equipo de computación ni los costos de contratación del jefe o de científicos consultores.

| <b>Personal</b>        | <b>Cantidad</b> | <b>Meses por 25 parcelas</b> | <b>Coste total</b> |
|------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| Supervisor de campo    | 1               | 9                            | \$13,500.00        |
| Taxónomo líder         | 1               | 9                            | \$13,500.00        |
| Asistente de censo     | 2               | 9                            | \$18,000.00        |
| Asistente de taxonomía | 1               | 9                            | \$9,000.00         |

| <b>Equipo</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Coste por artículo</b> | <b>Coste total</b> |
|---------------|-----------------|---------------------------|--------------------|
| Etiquetas     | 10000           | \$0.02                    | \$100.00           |

|  |   |          |             |
|--|---|----------|-------------|
| Cinta diamétrica                                     | 3 | \$100.00 | \$300.00    |
| Calibres   | 3 | \$125.00 | \$375.00    |
| Gastos misceláneos<br>(oficina, clavos,<br>martillo) |   |          | \$200.00    |
| TOTAL  |   |          | \$54,950.00 |

---

## **Presentación de los datos**

### **Ingreso y manejo de datos**

Los métodos recomendados aquí presentados requieren que se colecten datos con lápiz en hojas de papel en el campo y que luego sean transcritos por personal de oficina cuya tarea principal será leer y mecanografiar. Hoy día, se utilizan agendas electrónicas, tabletas o inclusive computadoras laptop de tamaño estándar en el campo en vez de la técnica de papel-y-lápiz – parece inevitable, pero algún día todos recabaremos datos con medios electrónicos. Por el momento, empero, los datos a lápiz son el estándar y la transcripción de datos de papel a sistemas de computación es un paso que no puede obviarse.

### ***Software especializado para ingreso de datos***

Los datos deben transcribirse de las hojas de datos recolectados en el campo, así que la forma más eficiente y precisa para hacerlo será mediante el uso de software especializado para sistemas de ingreso de datos, formateado exactamente como las hojas de datos. Una característica importante y necesaria es que en la pantalla para ingreso de datos de la computadora se vea una copia fidedigna de los formularios base: las mismas columnas en el mismo orden y los mismos encabezados. Otra característica clave es la verificación automática de datos, para evitar ingresar información inválida. Asimismo, se puede afinar el software para que permita programar las teclas para facilitar la navegación entre campos, o inclusive que se llenen automáticamente algunos de ellos. Por ejemplo, el número de la etiqueta puede incrementarse automáticamente por un dígito cuando se ingrese una nueva línea de datos.

Un sistema de ingreso de datos “a la medida” puede programarse de forma relativamente fácil utilizando HTML/PHP o Microsoft Access, si hay disponibilidad de conocimiento de programación. Inclusive un sistema muy básico puede considerarse un triunfo sobre el uso de hojas electrónicas del tipo Excel. Es más: el Instituto de Investigación Tropical Smithsonian ha desarrollado un software así, específico para parcelas de árboles, y lo pondrá a disposición de los científicos de Panamá. Como parte

de las ediciones futuras del presente documento, se incluirá software que emule los formularios para datos provistos.

### ***Ingreso duplicado de datos***

Si fuera posible, se deberá procurar que la transcripción de todas las hojas de datos sea llevada a cabo en duplicado, por dos personas diferentes. Esto enriquecerá grandemente la calidad de los datos. Los dos archivos podrán ser comparados dato por dato y se podrán resolver las discrepancias comparando los datos con las hojas de campo. Así se podrá casi evitar los errores tipográficos lo que también ayudará a subsanar problemas ocasionados por caligrafía ilegible (ya que quizás los datos difíciles de leer sean ingresados de forma diferente por los mecanógrafos). La herramienta de manejo de datos del Instituto de Investigación Tropical Smithsonian incluye una función automática de doble verificación.

### ***La base de datos final***

Una base de datos adecuadamente planificada ayuda a evitar varios errores sencillos y facilita los resultados clave. El principio detrás de los métodos descritos es el almacenamiento de datos en tablas separadas, cada una de las cuales abarcará un objeto bien definido, ya sean árboles, tallos, medidas, parcelas o personas. Así se evitará la repetición innecesaria de información. Abajo aparece un listado de tablas para almacenar datos de las parcelas.

|                 |  |
|-----------------|--|
| <i>Parcelas</i> | Cada parcela aparece sólo una vez, junto con información que no varía. Específicamente, en esta tabla aparecen las coordenadas GPS de la parcela y el tamaño de la misma.  |
| <i>Personal</i> | El nombre de cada persona que trabaja en el proyecto aparece en una fila de esta tabla.  |
| <i>Especies</i> | El nombre de cada especie hallada aparece una vez (i.e., en una fila) en esta tabla, junto con toda la información a nivel de especie, incluyendo familia taxonómica, autoridad y nivel de identificación.   |
| <i>Árboles</i>  | En esta tabla aparece una vez cada árbol individual de todos los censos. Se debe incluir el número de parcela y número de etiqueta, así como información sobre la ubicación específica (generalmente, el número del cuadrante más las coordenadas x-y precisas dentro del cuadrante calculadas por los mapas digitales). Esta tabla no incluye medidas, pero sí incluye campos que indican estatus (árbol, liana, muerto). |

|                |   |
|----------------|---|
| <i>Tallos</i>  | Esta tabla es necesaria para ordenar los diferentes tallos de un solo árbol. Incluye una fila para cada tallo, con número de etiqueta y número de tallo para identificación.  |
| <i>Medidas</i> | Esta es la tabla núcleo del censo de parcelas. Incluye cada registro de cada medida de tallo, el número de la etiqueta y la etiqueta de tallo para identificación, la fecha de la medición, además de los códigos asociados con la medida. El motivo por el cual no se almacenan las medidas en la tabla de tallos es que un solo tallo podría tener más de una medida. |

Todas estas tablas se almacenarán juntas en una sola base de datos. Deberán vincularse para generar reportes útiles, por ejemplo, de las medidas de diámetro de una parcela, la especie, árbol o tallo. Las tablas de medidas deben estar vinculadas únicamente con los registros de la respectiva parcela. Si se desea incluir la ubicación de dicha parcela, la tabla de parcelas también debería vincularse. También podrían incluirse en la misma base de datos tablas sobre información geográfica y aquella generada por telemetría (*remote sensing*).

## Ejemplos de bases de datos

Tabla 7.2. Ejemplo de base de datos de la parcela de árboles ilustrando como se deberían almacenar los datos de las especies. La mnemotecnia corresponde a un código abreviado usado en la tabla de medidas (Tabla 7.1). NivelID= es el grado de profundidad en el cual la especie ha sido identificada; NivelID= "species" corresponde a identificación completa mientras que NivelID='genus' significa que el género se conoce, pero no el nombre de la especie. Información adicional sobre las especies puede ser almacenada en esta tabla, tal como el nombre común, forma de vida, etc.

| Mnemonic | NombreLatino                   | Familia       | NivelID |
|----------|--------------------------------|---------------|---------|
| acac1    | <i>Acacia sp.1</i>             | Fabaceae      | genus   |
| acacme   | <i>Acacia melanoceras</i>      | Fabaceae      | species |
| acacri   | <i>Acacia riparia</i>          | Fabaceae      | species |
| acaldi   | <i>Acalypha diversifolia</i>   | Euphorbiaceae | species |
| acalma   | <i>Acalypha macrostachya</i>   | Euphorbiaceae | species |
| ade1tr   | <i>Adelia triloba</i>          | Euphorbiaceae | species |
| aegian   | <i>Aegiphila anomala</i>       | Lamiaceae     | species |
| aegipa   | <i>Aegiphila panamensis</i>    | Lamiaceae     | species |
| albiad   | <i>Albizia adinocephala</i>    | Fabaceae      | species |
| albipr   | <i>Albizia procera</i>         | Fabaceae      | species |
| alch3    | <i>Alchornea sp.3</i>          | Euphorbiaceae | genus   |
| alch4    | <i>Alchornea sp.4</i>          | Euphorbiaceae | genus   |
| alchco   | <i>Alchornea costaricensis</i> | Euphorbiaceae | species |
| alchla   | <i>Alchornea latifolia</i>     | Euphorbiaceae | species |

**Tabla 7.3. Ejemplo de datos de la parcela de árboles ilustrando como deberían almacenarse los datos de parcelas individuales. Lo más importante es el nombre de la parcela y la latitud y longitud. Datos adicionales de cada sitio pueden también ser almacenados para cada sitio en esta tabla, tales como elevación, provincia, etc.**

| <b>Parcela</b>     | <b>Forma del sitio</b> | <b>Area</b> | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> |
|--------------------|------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| bci                | 100x100                | 10000       | -79,85530      | 9,15125         |
| Plot 31            | 100x100                | 10000       | -79,74810      | 9,35822         |
| Achotines          | 100x100                | 10000       | -80,16750      | 7,41381         |
| Campo Chagres      | 100x100                | 10000       | -79,59980      | 9,21146         |
| Cerro Azul plot1   | 100x100                | 10000       | -79,36220      | 9,20313         |
| Cerro Azul plot2   | 100x5                  | 500         | -79,37130      | 9,20958         |
| Cerro Minon        | 100x100                | 10000       | -79,60970      | 8,93995         |
| Cerro Patacon      | 100x100                | 10000       | -79,59600      | 9,01382         |
| Cerro Pelado       | 100x100                | 10000       | -79,69730      | 9,12099         |
| Chagrecito p1      | 100x100                | 10000       | -79,32150      | 9,35590         |
| Chagrecito p2      | 100x5                  | 500         | -79,32090      | 9,36099         |
| Chagres - Chilibre | 100x100                | 10000       | -79,59790      | 9,21255         |

**Apéndice. Tabla 7.1. Ejemplo de datos de la parcela ilustrando como las medidas del diámetro deben ser almacenadas. Cada fila es una medida de diámetro. Etiqueta=número de la etiqueta del árbol (la etiqueta 532558 es un árbol con tallos múltiples). Etiqueta Tallo=número del tallo, cuando el árbol tiene múltiples tallos. Mnemonic=código abreviado del nombre de la especie. DBH=diámetro del tallo, con DAP=altura sobre el nivel de tierra donde se midió el diámetro. Codigos=códigos descriptivos (B = árbol grande, medido por encima de las gambas; M=tallos múltiples).**

| <b>Parcela</b> | <b>Etiqueta</b> | <b>Etiqueta Tallo</b> | <b>Mnemonic</b> | <b>DBH</b> | <b>DAP</b> | <b>Fecha</b> | <b>Codigos</b> |
|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------|------------|--------------|----------------|
| P08            | 500852          | NULL                  | socrex          | 106        | 2,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500853          | NULL                  | socrex          | 109        | 2          | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500854          | NULL                  | socrex          | 124        | 1,9        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500855          | NULL                  | tratas          | 382        | 1,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500856          | NULL                  | welfre          | 201        | 1,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500857          | NULL                  | tapigu          | 306        | 1,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500858          | NULL                  | oxanlo          | 136        | 1,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P08            | 500859          | NULL                  | oenoma          | 108        | 1,3        | 30/08/96     | NULL           |
| P22            | 532555          | NULL                  | swars1          | 109        | 1,3        | 29/01/97     | NULL           |
| P22            | 532556          | NULL                  | faraoc          | 120        | 1,3        | 29/01/97     | NULL           |
| P22            | 532557          | NULL                  | sch1zo          | 342        | 1,3        | 29/01/97     | NULL           |
| P22            | 532558          | 1                     | tet4jo          | 652        | 3,5        | 29/01/97     | B;M            |
| P22            | 532558          | 1                     | tet4jo          | 806        | 1,3        | 02/01/97     | M              |
| P22            | 532558          | 2                     | tet4jo          | 29         | 1,3        | 01/02/97     | NULL           |
| P22            | 532558          | 3                     | tet4jo          | 15         | 1,3        | 01/02/97     | NULL           |
| P22            | 532559          | NULL                  | poutca          | 159        | 1,3        | 29/01/97     | NULL           |

**Apéndice Tabla 7.1.** Distancias del suelo  $d$  que proporcionan distancias horizontales de 20-metros o 10-metros (véase Fig. 7.1). La inclinación  $\Theta$  aparece en grados. Por ejemplo, si el suelo es una pendiente en subida de  $4.0^\circ$ , la distancia medida paralela a la tierra deberá ser de 20.05 metros. La segunda columna proporciona la corrección para una distancia horizontal de 10-metros (siempre exactamente la mitad). Para ángulos  $> 20^\circ$ , se puede crear una tabla de correcciones utilizando la Ecuación 7.1

| $\Theta$ | d (20 m) | d (10 m) | $\Theta$ | d (20 m) | d (10 m) |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.0      | 20.00    | 10.00    | 10.5     | 20.34    | 10.17    |
| 0.5      | 20.00    | 10.00    | 11.0     | 20.37    | 10.19    |
| 1.0      | 20.00    | 10.00    | 11.5     | 20.41    | 10.20    |
| 1.5      | 20.01    | 10.00    | 12.0     | 20.45    | 10.22    |
| 2.0      | 20.01    | 10.01    | 12.5     | 20.49    | 10.24    |
| 2.5      | 20.02    | 10.01    | 13.0     | 20.53    | 10.26    |
| 3.0      | 20.03    | 10.01    | 13.5     | 20.57    | 10.28    |
| 3.5      | 20.04    | 10.02    | 14.0     | 20.61    | 10.31    |
| 4.0      | 20.05    | 10.02    | 14.5     | 20.66    | 10.33    |
| 4.5      | 20.06    | 10.03    | 15.0     | 20.71    | 10.35    |
| 5.0      | 20.08    | 10.04    | 15.5     | 20.75    | 10.38    |
| 5.5      | 20.09    | 10.05    | 16.0     | 20.81    | 10.40    |
| 6.0      | 20.11    | 10.06    | 16.5     | 20.86    | 10.43    |
| 6.5      | 20.13    | 10.06    | 17.0     | 20.91    | 10.46    |
| 7.0      | 20.15    | 10.08    | 17,5     | 20.97    | 10.49    |
| 7.5      | 20.17    | 10.09    | 18.0     | 21.03    | 10.51    |
| 8.0      | 20.20    | 10.10    | 18.5     | 21.09    | 10.54    |
| 8.5      | 20.22    | 10.11    | 19.0     | 21.15    | 10.58    |
| 9.0      | 20.25    | 10.12    | 19.5     | 21.22    | 10.61    |
| 9.5      | 20.28    | 10.14    | 20.0     | 21.28    | 10.64    |
| 10.0     | 20.31    | 10.15    | 20.5     | 21.35    | 10.68    |

**Apendice Tabla 7.2.** Ejemplo de hojas de datos para el censo y mapeo de árboles.  
**Inventario de árboles principales**

|  |
|--|
| <b>Parcela:</b> _____ <b>Cuadrante:</b> ____ <b>Fecha de inicio:</b> _____ <b>Fecha final:</b> _____ |
| <b>Equipo de campo:</b><br>_____   |
| <b>Supervisor:</b> _____ <b>Datos incorporados por:</b> _____  |
| <b>Fecha:</b> _____  |
| <b>Coordenadas GPS de las 4 esquinas:</b> _____, _____,<br>_____, _____                              |

| sub cuadrante | etiqueta | Etiqueta de tallo1 | estado A/M/L 2 | diam (mm) | DAP3 (m) | codigos | comentarios | prob |
|---------------|----------|--------------------|----------------|-----------|----------|---------|-------------|------|
| —             | —        | —                  | —              | —         | —        | —       | —           | —    |
| —             | —        | —                  | —              | —         | —        | —       | —           | —    |
| —             | —        | —                  | —              | —         | —        | —       | —           | —    |
| —             | —        | —                  | —              | —         | —        | —       | —           | —    |
| —             | —        | —                  | —              | —         | —        | —       | —           | —    |

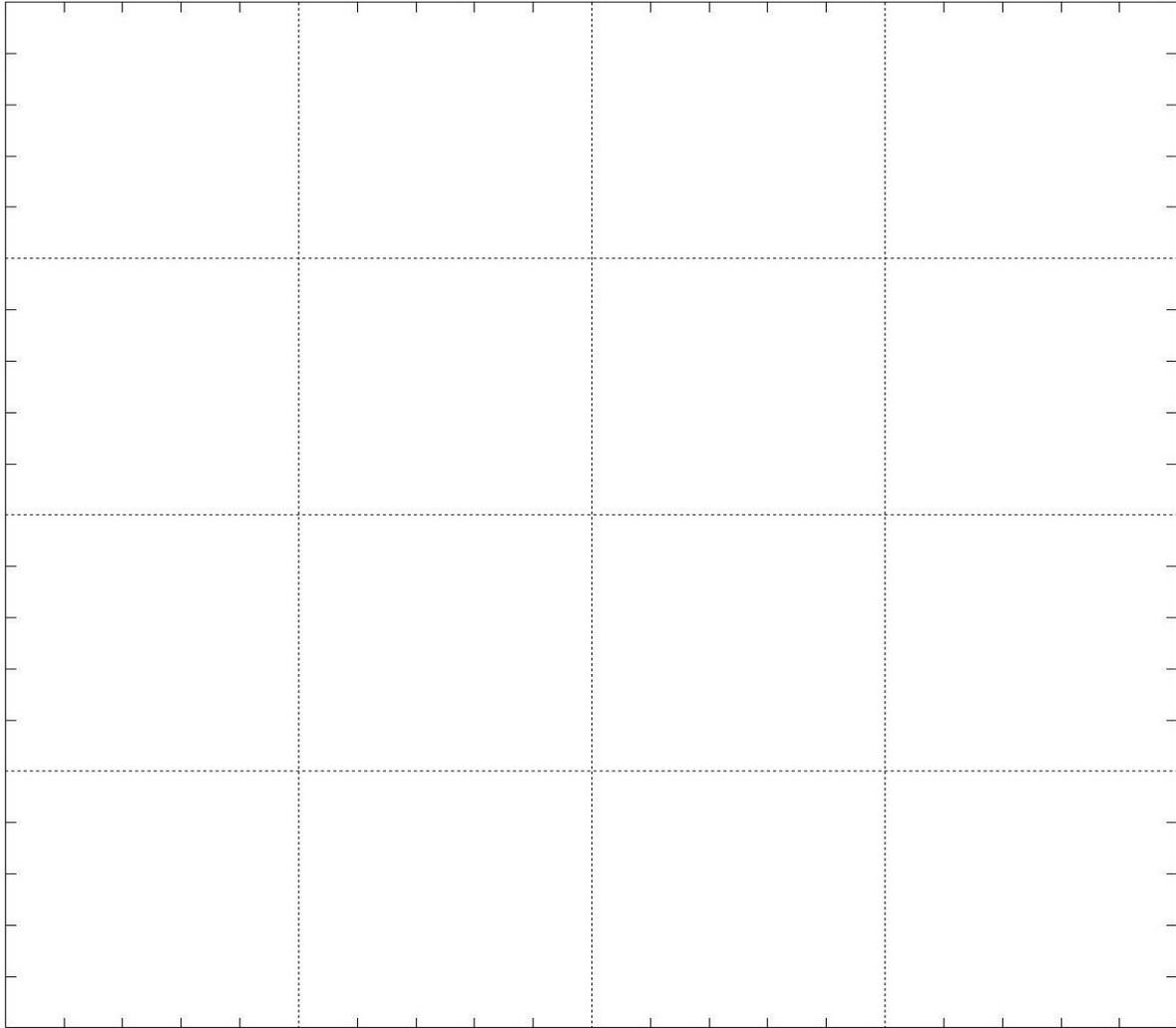
1 Déjese la etiqueta del tallo en blanco cuando no haya tallos múltiples

2 Arbol, Muerto, or Liana

3 Déjese DAP en blanco cuando es el estándar a 1.3 m

**Apéndice Mapa 1. Inventario de árboles principales: mapa de cuadrantes**

|                                  |                                      |                               |                           |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Parcela:</b> _____            | <b>Cuadrante:</b> _____              | <b>Fecha de inicio:</b> _____ | <b>Fecha final:</b> _____ |
| <b>Equipo de campo:</b><br>_____ |                                      |                               |                           |
| <b>Supervisor:</b> _____         | <b>Datos incorporados por:</b> _____ | <b>Fecha:</b> _____           |                           |





## **Sección 3**

# Capítulo 8. Presentación y análisis de datos

Richard S. Condit

Cita:

Condit R.S. 2014. Presentación y análisis de datos. Pp 171-193. En: Puerta-Piñero C., Gullison R.E., Condit R.S. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá (versión en Español). DOI <http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>.



Los proyectos de inventarios de biodiversidad y de monitoreo no estarán completos hasta que se reporte la información de la forma más útil para científicos, administradores de recursos y/o gestores del territorio. El presente capítulo cubre una serie de análisis de datos cuyo objetivo es producir un resumen de la información más importante sobre la flora y fauna de Panamá. Empieza con varias presentaciones básicas de los datos en formato de tablas, que permiten cálculos rápidos de información crucial: diversidad, densidad, mapas de distribución, abundancia de especies, especies de interés y reservas de carbono en el bosque. También cubrimos especies indicadoras, tanto aquellas que frecuentemente son más abundantes en áreas no-forestales como otras restringidas al bosque maduro. Como está más allá del alcance de un manual de métodos básicos describir análisis de datos que requieren de habilidades avanzadas de programación, como modelos de preferencia de hábitat, patrones espaciales o información geográfica detallada, dejaremos tales temas para algún manual futuro que se enfoque a la manipulación y programación de datos.

## **1. Tablas de datos básicos**

Muchos usuarios encontrarán altamente valiosas las tablas que presentan información directa sobre los censos de parcelas y transectos. Las más importantes son las tablas sobre sitios de muestreo y de las especies.

### ***1.1 Sitios de muestreo***

Resulta sumamente útil e importante contar con una tabla que proporcione información sobre cada sitio de muestreo. El Capítulo 2 proporciona recomendaciones detalladas sobre el número y ubicación de sitios de muestreo (Tabla 2.2). Posteriormente habrá que producir una tabla con una fila para cada sitio de muestreo. La información a proporcionarse deberá incluir: nombre del sitio, latitud, longitud, elevación, más el número de parcelas y transectos muestreados en cada una para todos los taxa (i.e., dos parcelas de árboles, tres transectos de aves, como se describe en los capítulos sobre los taxa individuales). Deberán indicarse las coordenadas y la elevación para el sitio inicial elegido, como puede verse en el Capítulo 2.

**Tabla 8.1. Ejemplo de una tabla de sitios de muestreo, una fila por sitio. Los datos son hipotéticos, sólo con fines ilustrativos.**

| Nombre del sitio | Número de Unidades de Muestreo |        |       |     |        | Latitud | Longitud | Elevación |
|------------------|--------------------------------|--------|-------|-----|--------|---------|----------|-----------|
|                  | Herpeto                        | Arroyo | Árbol | Ave | Cámara |         |          |           |
| BCI Bajo         | 2                              | 2      | 2     | 2   | 65     | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| BCI Alto         | 2                              | 2      | 2     | 2   | 85     | 9,2609  | -79,8811 | 165       |
| Cmno Soberanía   | 2                              | 2      | 2     | 2   |        | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| Soberanía Alto   | 2                              | 2      | 2     | 2   |        | 9,1513  | -79,8600 | 220       |
| etc.             |                                |        |       |     |        |         |          |           |

Debería también producirse una segunda tabla más detallada, antecedida por tablas de los sitios de muestreo descritos en los capítulos sobre taxa individuales (por ejemplo, la tabla de *Parcelas* que puede observarse en el Capítulo 7.4c). Dichas tablas proporcionan información sobre parcelas (árboles), transectos (anfibios, aves) o muestreo en arroyos (peces) individuales. Una tabla-resumen contendrá todas las parcelas y todos los transectos, como puede observarse en las filas de ejemplo, a continuación (Tabla 8.1).

**Tabla 8.2. Ejemplo de filas para una tabla de unidades de muestreo individuales (parcelas, transectos). El Nombre del Sitio deberá corresponder a los nombres utilizados en la tabla de Sitios (Tabla 8.1). Los datos son hipotéticos, sólo con fines ilustrativos.**

| Nombre de sitio | Ubicación   | Taxón              | Tipo              | Tamaño | Latitud | Longitud | Elevación |
|-----------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|----------|-----------|
| BCI Bajo        | Parcela 1   | Árbol              | Parcela           | 1 ha   | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| BCI Bajo        | Parcela 2   | Árbol              | Parcela           | 1 ha   | 9,1700  | -79,8811 | 110       |
| BCI Bajo        | Transecto 1 | Ave                | Transecto         | 500 m  | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| BCI Bajo        | Transecto 1 | Ave                | Transecto         | 500 m  | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| BCI Bajo        | Arroyo 1    | Pez                | Red               | 40 m   | 9,1421  | -79,8781 | 105       |
| BCI Bajo        | Punto 1     | Mamífero terrestre | Cámara en sendero | n/a    | 9,1513  | -79,8600 | 120       |

**Tabla 8.2. Ejemplo de filas para una tabla de unidades de muestreo individuales (parcelas, transectos). El Nombre del Sitio deberá corresponder a los nombres utilizados en la tabla de Sitios (Tabla 8.1). Los datos son hipotéticos, sólo con fines ilustrativos.**

| Nombre de sitio | Ubicación       | Taxón                 | Tipo       | Tamaño | Latitud | Longitud | Elevación |
|-----------------|-----------------|-----------------------|------------|--------|---------|----------|-----------|
| BCI Bajo        | Entramad<br>o 1 | Mamífero<br>terrestre | Cuadrícula | 100 ha | 9,1513  | -79,8600 | 120       |
| etc.            |                 |                       |            |        |         |          |           |

Un mapa de todos los sitios y unidades individuales sería, pues, un componente estándar del reporte del proyecto. Debería estar sobrepuesto a topografía, cobertura forestal, carreteras y poblados, por ejemplo utilizando software de Sistema de Información Geográfica tal como QuantumGis o ArcGis, aunque los detalles sobre el análisis geográfico necesario para crear tal mapa está más allá del alcance del presente manual. Muchos análisis y presentaciones de los datos de biodiversidad incluirán estas tablas-resumen del sitio, ya que son necesarias para vincular los resultados ecológicos con la información geográfica sobre clima, suelo, uso del suelo o cobertura forestal.

## **2. Resultados básicos específicos del sitio**

Existen varios análisis rutinarios de los resultados por sitio y unidad de muestreo que deberían incluirse en el reporte inicial. Entre ellos, 1) número de individuos, 2) riqueza de especies y 3) índices de diversidad, cada uno calculado de forma separada para cada grupo taxonómico (i.e. Mamíferos, aves, peces, etc). Éstos deberán calcularse para cada sitio y para cada unidad de muestreo individual, así que las filas de dichas tablas deberían concordar perfectamente con las filas de las Tablas 8.1 y 8.2. En cuanto a los sitios (Tabla 8.3), esto significa que deberán tomarse en cuenta los resultados totales de todas las unidades individuales del mismo sitio. Por ejemplo, en el sitio hipotético llamado *BCI Bajo*, hay dos parcelas de árboles numeradas 1 y 2. El número total es, sencillamente, la suma del número de individuos en ambas parcelas. La riqueza de especies, sin embargo, no es simplemente la suma: es el número total de especies únicas que aparecen en una o ambas parcelas. De igual forma, no deberán

sumarse los índices de diversidad de todas las unidades, sino deberán recalcularse basado en el listado total de especies.

La riqueza de especies es, simplemente, el número de especies observadas. Recomendamos el uso del alfa de Fisher como índice de diversidad, ya que es la forma más adecuada de comparar la diversidad en los sitios que difieren en tamaño. Existen varios programas que permiten calcular el alfa de Fisher cuando se cuenta con el número de especies e individuos (e.g., paquetes *Vegan* y *CTFS* en el lenguaje de programación R).

Un cálculo adicional sería la densidad de individuos (número de individuos dividido entre el área estudiada). En lo que concierne particularmente a los árboles, este cálculo es muy básico, ya que el área de la parcela está demarcada con exactitud. La densidad de árboles por lo general se muestra por hectárea, así que se precisa de los cálculos siguientes:

1) Densidad de árboles  $\geq 10$  cm dbh por hectárea. En una parcela específica de 1 ha, es sencillamente un conteo del número de individuos. En múltiples parcelas, se debe únicamente dividir la suma de individuos encontrados entre el número de parcelas.

2) Densidad por hectárea de árboles  $\geq 1$  pero  $< 10$  cm dbh. En los métodos para parcelas descritos en el Capítulo 7, sólo se muestrean los árboles en una subparcela de 0.01 ha (10 m x 10 m), así que la densidad por hectárea es el número muestreado dividido entre 0.01, equivalente a multiplicar por 100. Esto fácilmente puede replicarse en varias parcelas, sumando individuos, multiplicando por 100 y luego dividiendo entre el número de parcelas.

3) Subsecuentemente, la densidad total  $\geq 1$  cm dbh es la suma de las partes 1) y 2).

El número de peces por longitud del arroyo es también fácil de calcular, utilizando la medida de largo del arroyo dentro de los límites del sitio. Se asume que la mayoría de peces se capturan en el área con red. En el caso de las aves, anfibios o reptiles contados a lo largo de transectos visuales, la densidad también puede calcularse meramente dividiendo el número observado por el área abarcada a lo largo del transecto. Estos métodos permiten comparar los conteos aunque difiera el largo de los transectos. Véanse los capítulos individuales sobre estos grupos para mayor información en cuanto a estimación de abundancia y densidad.

En cuanto a mamíferos fotografiados con cámara, el proceso estándar será dividir el número de veces que pasa un animal frente a la cámara y es fotografiado por la misma dentro del número de días-

cámara. Es decir que, si hay 100 apariciones de animales en 70 cámaras en 30 días, el número estándar por cámara por día sería  $100/(70 \cdot 30) = 0.048$ . Recalcamos: esta es una manera sencilla de comparar resultados de dos áreas aunque no sean iguales el número de cámaras ni los lapsos de tiempo.



### 3. Biomasa Forestal

Casi todo el carbono almacenado en el bosque puede hallarse en los árboles o en los restos de los mismos enterrados en la tierra. La actual tendencia de documentar y reemplazar el CO<sub>2</sub> del mundo es un común justificante para llevar a cabo inventarios de parcelas forestales: para medir cuánto carbono ha sido almacenado y fijado por los árboles (*fijado* significa carbono añadido durante el crecimiento). Los métodos censales descritos en el Capítulo 7 abarcan todos los aspectos necesarios para cálculos de *biomasa en superficie sobre la tierra, basados en* diámetros de troncos y fórmulas derivadas de sitios donde los árboles fueron cortados y pesados uno a uno.

La fórmula más apropiada para la mayoría de árboles panameños (excluyendo el arco seco de Cocle y los bosques de alta montaña) viene de Chave et al. (2005):

$$\log(B) = \rho + k_1 + k_2 \cdot \log D + k_3 \cdot (\log D)^2 + k_4 \cdot (\log D)^3$$

Esta es la fórmula para biomasa  $B$  (en toneladas métricas) de un solo árbol con diámetro a altura del pecho  $D$  (en centímetros); las  $k$  son constantes ( $k_1 = -1.499$ ,  $k_2 = 2.148$ ,  $k_3 = 0.207$ , and  $k_4 = -0.0281$ ). El contenido de carbono es de  $0.47B$ .

Para hallar la biomasa en una de las parcelas de una hectárea, primero deberá calcularse la  $B$  de cada árbol individual. A la biomasa de cada árbol de  $\geq 10$  cm dbh se le denominará  $B_i$  y  $B_j$  a la biomasa de los árboles de 1-10 cm de dbh, estos últimos sólo censados en 0.01 ha. La biomasa total de la parcela será

$$B_{total} = \sum B_i + 100 \cdot \sum B_j$$

Donde  $\sum$  representa la suma de todos los árboles de ambas categorías.

### 4. Listado de especies

El principal cometido de los inventarios de biodiversidad es estimar la diversidad de especies. Los capítulos sobre métodos de campo han tratado sobre la identificación cuidadosa y precisa de todos los grupos taxonómicos. El primer paso para iniciar los análisis sobre abundancia y distribución de especies será armar una tabla de todas las especies detectadas. Dicha tabla se parece a la de especies

descrita para los grupos taxonómicos individuales y se puede iniciar sencillamente combinando tablas de especies de árboles, aves, mamíferos, herpetos y peces.

Cada fila tiene información sobre una sola especie, iniciando con género, especie y familia taxonómica. Deberá incluirse la autoridad que dio nombre a la especie y, por supuesto, debe indicarse el grupo taxonómico general, por ejemplo *árbol*, *ave*, *pez* o similar, en concordancia con la categoría taxonómica tal y como aparece en otras tablas (8.1, 8.2). Como se mencionó en capítulos anteriores, los nombres que aparezcan en esta tabla deberán concordar con los listados publicados de taxa aceptados y con la ortografía precisa. El uso de nombres antiguos y errores ortográficos simples reducen, en gran medida, la precisión y confiabilidad de los resultados, aunque los datos de campo sean excelentes.

Deberá incluirse cada especie detectada por un proyecto de biodiversidad, aunque podrían añadirse otras. Es más: un grupo de científicos que trabaje simultáneamente varios inventarios o proyectos de monitoreo podrá optar a desarrollar una tabla exhaustiva de especies que abarque todos los estudios. La ventaja de esto es que garantiza que la información taxonómica sea cohesiva: datos consistentes para todas las especies de todos los proyectos. Vislumbramos, en el futuro, un listado exhaustivo de plantas y vertebrados de Panamá que sea la base de cualquier y toda investigación sobre biodiversidad.

## **5. Abundancia y distribución de especies**

La abundancia es el dato ecológico más básico sobre una especie. Un análisis crucial y sencillo, consiste en crear una tabla con la abundancia de cada especie por unidad de muestreo. La tabla deberá empezar con las filas de la tabla de especies descrita en la sección anterior, con una columna para cada parcela, transecto o cámara individual durante un solo censo de especies individualmente reconocibles. Cada dato en la tabla será el número de individuos contados (Tabla 8.4). Una segunda tabla podría ser similar, pero mostrando la abundancia en cada sitio, i.e., sumando individuos de árboles en las parcelas o transectos múltiples de aves en un solo sitio. La segunda tabla tendrá tantas columnas como sitios y, la primera, tantas columnas como unidades individuales. Estas tablas deberían ser creadas separadamente para cada grupo taxonómico.

La abundancia total de cada especie es la suma de todos los datos en una fila, y debe ser la misma para ambas tablas. Las sumas de cada columna mostrarán la abundancia en el sitio o unidad,

idénticas a abundancias  $N$  (Tabla 8.3). Las sumas de columna e fila podrán insertarse como columna final y fila final en cada tabla.

Una interesante y útil forma de presentar este tipo de tablas es clasificar las filas por abundancia total, en sentido descendente desde la más a la menos abundante. Así, se pondrá en evidencia cuáles son las especies más importantes en términos de abundancia. Deberá añadirse a la tabla sobre árboles la biomasa calculada por especie de árbol, como se calculó para el sitio (apartado 8.3). Ordenar las especies de árboles con la biomasa más alta mostrará claramente las especies que difieren de las más abundantes en cuanto a número de individuos.

**Tabla 8.4. Tabla hipotética sobre abundancia de especies. Cada fila muestra el número de individuos de una especie en cada sitio de muestreo individual. Esto podrá convertirse inmediatamente en una tabla de ocurrencias, reemplazando todos los datos > 0 con un 1. Luego, cada celda en la tabla tendrá valor de 1 si se observó la especie en el sitio y 0 si no se le observó. Tanto las tablas de abundancia como de ocurrencia son útiles para varios análisis.**

| Nombre científico ( <i>Género especie</i> )                       | BCI Bajo | BCI Alto | Alto | Soberania | Cmno | etc. para todos los sitios |
|---|----------|----------|------|-----------|------|----------------------------|
| <i>Alseis blackiana</i>   | 35       | 41       | 11   | 19        |      |                            |
| <i>Anacardium excelsum</i>  | 2        | 0        | 0    | 0         |      |                            |
| <i>Buchenavia capitata</i>  | 0        | 0        | 0    | 0         |      |                            |
| <i>Calophyllum longifolium</i>                                    | 19       | 17       | 2    | 0         |      |                            |
| etc. para todos los árboles                                       |          |          |      |           |      |                            |
| <i>Xiphorhynchus lachrymosus</i><br>("Black-striped woodcreeper") | 4        | 6        | 3    | 0         |      |                            |
| <i>Cymbilaimus lineatus</i> ("Fasciated antshrike")               | 91       | 77       | 32   | 19        |      |                            |
| <i>Microcerculus marginatus</i><br>("Southern nightingale-wren")  | 0        | 0        | 3    | 1         |      |                            |
| etc. Para cada grupo taxonómico                                   |          |          |      |           |      |                            |

Las tablas de abundancia muestran datos necesarios para tres tipos de análisis de distribución de especies, si se cuenta con mapas con información de clima y geografía de los sitios.

## 6. Análisis y modelos

### 6.1 Mapas de distribución

Una sola fila de la tabla de abundancia muestra cuántas veces se avistó a determinada especie: abundancia positiva cuando se encontró y ceros donde estuvo ausente. Es más: convertir la tabla de abundancia (Tabla 8.4) a una de ocurrencias es un paso sumamente útil; todos los ceros se mantendrán, pero los datos positivos se cambiarán a “1”.

Se puede crear un mapa de distribución de especies basándose en el mapa básico de los sitios de muestreo y luego sobreponiendo puntos en todos los sitios donde se detecte una especie, es decir, las columnas con “1”. Es buena idea producir un folleto de mapas para cada especie, porque así se podrá evaluar fácilmente la distribución y constituye un excelente reporte para dar apoyo a la descripción del proyecto.

### 6.2 Correlaciones de abundancia

La tabla de abundancia (8.4) proporciona resultados en un formato adecuado para evaluar la correlación de abundancia entre dos especies en todos los sitios. Es decir, para establecer la correlación entre los números correspondientes a entre dos filas cualquiera. Sin embargo, al analizar datos de abundancia, se hace evidente la necesidad de transformar con logaritmos los datos ya que, de otra manera, las pocas especies muy abundantes acapararán los resultados y excluirán cientos de especies raras. Para transformar con logaritmos, añada 1 a cada dato, luego tome el logaritmo:  $\log(N+1)$ , donde  $N$  es la abundancia numérica de una especie en un sitio (i.e. una celda de la Tabla 8.4). Las correlaciones luego se examinarán con estas abundancias logarítmicas.

Las correlaciones positivas entre especies indican que las dos especies tienden a estar presentes en las mismas áreas. Es particularmente interesante comparar la abundancia de una especie animal con cada una de las especies de árboles (uno cada vez). Las correlaciones positivas sugieren que ciertas especies de árboles son de importancia para la abundancia de dicho animal. Las correlaciones entre especies de árboles indican comunidades de árboles. Existen variedad de análisis de agrupamiento ecológico cuyo propósito es definir grupos de especies de árboles (o de animales) que tienden a ocurrir juntas, aunque quedan fuera del alcance de este manual, la información de abundancias de la tabla es lo que se precisa en la mayor parte de casos.

### 6.3 Modelos de hábitat

La misma tabla de ocurrencias es la base para comprender las características ambientales que regulan dónde se encuentran las especies. Cada una de las columnas muestra ocurrencias en un solo sitio y la tabla 8.1 –Tabla de Sitios– proporciona la elevación de cada sitio. La segunda característica importante que deberá incluirse para cada sitio es la precipitación pluvial (ver Apartado 5.1 de este capítulo). Combinar los registros de elevación con precipitación pluvial y la ocurrencia de una especie lleva a detectar un importante modelo de preferencia por hábitat, o sea cómo cambia la ocurrencia con cada factor. Este modelo requiere de *regresión logística*, una herramienta estadística utilizada para llevar a cabo análisis de correlación cuando la variable de respuesta –en este caso, las ocurrencias de especies– que es siempre 0 ó 1, y las variables de predicción –en este caso, elevación y precipitación pluvial– son cuantitativas. Las cajas de herramientas de la mayoría de sistemas de programación estadística, incluyendo el lenguaje R, incluyen regresión logística. Los resultados de la regresión logística de una especie muestran si su rango está influido por la lluvia o la elevación y en qué dirección (i.e., si se halla más frecuentemente en sitios de alta o baja precipitación pluvial). La regresión logística también permite predictores cualitativos así, por ejemplo, la presencia del bosque en un sitio (siempre sí o no) podría añadirse al modelo.

Aunque existe una enorme variedad de modelos de hábitat que cubren un amplio rango de predictores y varios otros métodos de modelaje, la descripción de los mismos no corresponde al espectro de este manual. Todos los métodos, sin embargo, inician con los mismos datos: registros de ocurrencia para una especie en varios sitios, junto con varias medidas de clima, tierra, uso del suelo, etc. registrados en los mismos sitios.

### 6.4. Análisis temporal de abundancia y distribución de especies

Aunque incluir análisis temporales va más allá de los fines del presente capítulo, sí deseamos hacer hincapié en cuán relevante es evaluar las tendencias temporales dentro y entre los sitios donde se monitorea la biodiversidad. Por simple comparación de la abundancia de especies a lo largo del tiempo o cómo cambia la distribución espacial de las especies en determinados periodos temporales, podríamos detectar, por ejemplo, cambios que indiquen respuesta a manejo o perturbación humana versus cambios que se deben a otras causas naturales (como clima o topografía, etc.). Esto resultaría especialmente útil para especies clave de interés, especies amenazadas (véanse apartados 6 y 7, abajo) o inclusive para ver cómo la población de especies muy abundantes podría cambiar tras el desarrollo de ciertas actividades humanas.

## 6. Especies de interés

Uno de los propósitos más importantes de los inventarios de biodiversidad es reunir información sobre especies particularmente amenazadas con extinción. Dos fuentes de información ampliamente utilizadas para estas especies tan raras son el Listado Rojo de IUCN y un listado de especies endémicas de Panamá. Así que, un componente importante de los inventarios es reunir dicha información sobre especies amenazadas, basándose en el listado maestro de especies descrito en la Sección 4 del presente capítulo. La meta sería crear una tabla de cada especie para la cual haya disponibilidad de IUCN e incluirla en la información resumida sobre el rango geográfico de cada especie.

Luego, dicha tabla sería comparada con la tabla de abundancia (8.4) para averiguar cuántas especies amenazadas fueron detectadas en el área de estudio y cuántas en cada sitio individual. Los sitios con la mayoría de especies amenazadas deberán considerarse 'hot-spots', de particular importancia para proteger a las especies amenazadas. Es más: para definir la prioridad de conservación, se debería tomar en cuenta los conteos de especies amenazadas en cada sitio.

Un análisis más a fondo de gran interés es comprobar las correlaciones entre variables ambientales, especialmente precipitación pluvial y elevación, con el número de especies amenazadas detectadas en el sitio. Esto proporcionará datos sobre qué hábitats en Panamá albergan la mayoría de especies de interés. Se podría añadir al análisis otras variables ambientales, incluyendo mapas de uso del suelo.

## 8. Especies indicadoras

Basándonos en trabajo anteriormente llevado a cabo en los bosques panameños, es posible identificar especies que indiquen el estatus del bosque vis-a-vis a perturbaciones humana. Esto funciona mejor para grupos bien conocidos –árboles, aves y mamíferos– y especialmente para especies que tienden a incrementar en abundancia con mayor perturbación humana. Es decir, el término “especie indicadora” en general funciona mejor para indicar áreas perturbadas que bosques intactos. Estas son, por ejemplo, especies vegetales de maleza y especies de borde que es raro hallar en bosques de crecimiento ancestral, pero que son abundantes donde se ha abierto el bosque o el mismo ha padecido de perturbación humana (Tabla 8.5). Las primeras ocho especies que aparecen en la tabla son especies vegetales de Panamá muy comunes a las que siempre se les asocia con el bosque, borde o grandes

espacios abiertos del bosque. Si alguna de dichas especies tiene densidad mayor a 2-3 individuos en una parcela de una hectárea, es probable que el bosque haya sido sujeto a desbroce y actividad humana durante los últimos 30-50 años. El tamaño de las otras cuatro especies vegetales que se ven en la Tabla 8.5 revelan degradación pasada del bosque según su tamaño. En un extremo, *Anacardium excelsum*, *Ceiba pentandra* y *Hura crepitans* pueden crecer hasta tamaños enormes y, si el diámetro del tronco de los individuos es mayor de 2 m (2000 mm), los árboles tendrán 500 años o más y el bosque probablemente es ancestral. Por otra parte, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus insipida*, *Pseudobombax septenatum* y *Terminalia amazonica* pueden utilizarse como indicadores de un bosque secundario maduro. Existen en Panamá muchos bosques donde dichas cuatro especies son las de mayor envergadura, con troncos que miden entre 500 y 1000 mm de diámetro; con ningún otro árbol cerca de ese tamaño. Esos bosques tienen entre 50 y 80 años y se recuperan de perturbación substancial.

En cuanto a los anfibios decir que, pese a ser considerados, a menudo, como indicadores de la salud de los ecosistemas, para establecer que una especie o grupo de especies dado sean verdaderamente indicadores, se deben observar cambios en su composición y/o abundancia a lo largo de un gradiente de perturbación humana, siguiendo métodos apropiados para su evaluación. Adicionalmente, la afectación de los anfibios por enfermedades, como la quitriomicosis, limita el uso de los anfibios para tal fin y con mayor razón su utilidad como indicadores debe ser evaluada. No obstante, esto no implica que se debe descartar completamente el uso de éstos como indicadores."

Queremos advertir además que el uso de estas especies como indicadoras de la calidad y/o estado de un bosque no debe ser tomado como una regla rotunda. Cualquier especie o grupo de especies requiere ser evaluada para una región en particular, debido a que diferencias regionales en composición de especies, elevación, tipos de hábitat y otras variables ambientales pueden influir en su utilidad como indicadores de la salud del ecosistema. Por lo tanto, en los sistemas naturales la variabilidad es la mayoría de las veces generalizada por lo que recomendamos tomar ésta lista de especies "indicadoras" con mucha cautela. Es más, la ausencia de alguna de estas especies comunes en bosques perturbados recientemente, no debe ser tomada en ningún caso como indicativo de bosque pristino.

**Tabla 8.5. Especies de árboles “indicadoras” del estatus del bosque de Panamá. Cada una es especie común en muchas partes del país. Los comentarios que siguen cada una proporcionan interpretaciones basadas en su abundancia o tamaño. Dbh = diámetro del tronco. Los nombres comunes de árboles y más información pueden verse en Condit et al. (2011) *The Trees of Panama and Costa Rica* (Princeton).**

| Especie  | Tamaño<br>(dap para árboles) | Indica*                    |                          |                 |
|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
|  |                              | Bosque Joven<br>secundario | Bosque secundario maduro | Bosque primario |
| <i>Apeiba tibourbou</i>  | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Cecropia longipes</i>                                       | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Cecropia longipes</i>                                       | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Ficus insipida</i>  | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Gustavia superba</i>  | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Luhea seemannii</i>   | Cualquiera                   | x                          | x                        |                 |
| <i>Ochroma pyramidalis</i>                                     | Cualquiera                   | x                          | x                        |                 |
| <i>Pseudobombax septenatum</i>                                 | Cualquiera                   | x                          | x                        |                 |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i>                                | < 200 mm                     | x                          |                          |                 |
|  | > 500 mm                     |                            | x                        |                 |
| <i>Terminalia amazonica</i>                                    | < 200 mm                     | x                          |                          |                 |
|  | > 500 mm                     |                            | x                        |                 |
| <i>Anacardium excelsum</i>                                     | < 500 mm                     | x                          | x                        |                 |
|  | > 2000 mm                    |                            |                          | x               |
| <i>Ceiba pentandra</i>   | > 2000 mm                    |                            |                          | x               |
| <i>Hura crepitans</i>  | > 2000 mm                    |                            |                          | x               |
| <i>Odocoileus virginianus</i><br>(Venado, “White-tailed deer”) | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |

| Especie   | Tamaño<br>(dap para árboles) | Indica*                    |                          |                 |
|---|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
|   |                              | Bosque Joven<br>secundario | Bosque secundario maduro | Bosque primario |
| <i>Mazama temama</i> (Venado, “Central American red brocket”) | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Tayassu pecari</i> (Pecarí de labio blanco)                | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Tapirus bairdii</i> (Tapir)                                | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Panthera onca</i> (Jaguar)                                 | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Penelope purpurascens</i> (“Crested Guan”)                 | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Crax rubra</i> (“Great Curassow”)                          | Cualquiera                   |                            | x                        | x               |
| <i>Selasphorus rufus</i> (“Rufous Hummingbird”)               | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Melanerpes rubricapillus</i> (“Red-crowned Woodpecker”)    | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Cercomacra tyrannina</i> (“Dusky Antbird”)                 | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Myiarchus panamensis</i> (“Panama Flycatcher”)             | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |

| Especie  | Tamaño<br>(dap para árboles) | Indica*                    |                          |                 |
|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
|  |                              | Bosque Joven<br>secundario | Bosque secundario maduro | Bosque primario |
| <i>Myiobius atricaudus</i><br>("Black-tailed Flycatcher")      | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Manacus vitellinus</i><br>("Golden-collared Manakin")       | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Ramphocaenus melanurus</i><br>("Long-billed Gnatwren")      | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Tyrannus melancholicus</i><br>("Tropical Kingbird")         | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Troglodytes aedon</i> ("House Wren")                        | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Cantorchilus leucotis</i> ("Buff-breasted Wren")            | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Hylophilus aurantiifrons</i><br>("Golden-fronted Greenlet") | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Turdus grayi</i> ("Clay-colored Robin")                     | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Thraupis palmarum</i> ("Palm Tanager")                      | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |
| <i>Thraupis episcopus</i> ("Blue-gray Tanager")                | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |

| Especie  | Tamaño<br>(dap para árboles) | Indica*                    |                          |                 |
|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
|  |                              | Bosque Joven<br>secundario | Bosque secundario maduro | Bosque primario |
| <i>Saltator maximus</i> (“Buff-throated Saltator”) | Cualquiera                   | x                          |                          |                 |

\* **Nota:** Mientras que su presencia puede ser utilizada hasta cierto punto como indicadora de tipo de bosque, su ausencia no debería ser nunca utilizada como indicativo del estado del bosque

## 9. Acumulación de especies y análisis especie-área

La curva de acumulación de especies es una herramienta ampliamente utilizada para juzgar la efectividad del muestreo que busca determinar la diversidad de especies. La curva puede derivarse de la tabla de ocurrencias, que muestra a las especies en filas y los sitios, en columnas. Se ingresará un 1 en todo sitio donde se haya avistado la especie y un 0 si no se le observó (Tabla 8.4). El número de especies en cada sitio es entonces rápidamente hallado sumando las columnas. Una curva de acumulación de especies presenta el número de especies hallado en muestras que incrementan en tamaño. Usando la tabla de ocurrencias, tal número se calcula hallando el número de especies detectada en cualesquiera dos sitios combinados, luego en 3 sitios combinados y así, sucesivamente, hasta combinar todos los sitios. Dada la combinación de cualesquiera dos (o más) columnas de la tabla, el número total de especies observadas incluye todas las que se avistaron en cualquiera de los sitios.

Debería ser obvio que el número combinado de especies no se halla sumando las especies de los sitios individuales, porque las mismas especies pueden estar presentes en más de un sitio. Por ejemplo, si el sitio A muestra 10 especies y el B tiene exactamente las mismas 10 especies, la combinación de A y B será también de 10 especies. Pero si el sitio C exhibe 11 especies, 6 de las cuales sí se hallan en A y 5 no, luego la combinación A-C será de 15 especies. Cuando ya se ha muestreado un gran número de sitios, los sitios nuevos pueden mostrar muy pocas especies adicionales. Aquí es cuando la curva de acumulación se aproxima a una asíntota: cuando se han detectado casi todas las especies en una región.

La forma precisa para calcular una curva de acumulación de especies requiere que se tenga noción de colectas al azar de los sitios de muestreo. Basándonos en la tabla de ocurrencias, esto significa combinar columnas seleccionadas al azar. Todos los lenguajes de programación cuentan con una herramienta para escoger números al azar y esto deberá hacerse repetidamente. Si hubo 25 sitios de muestreo y, por lo tanto, 25 columnas en la tabla, se le indica a la computadora elegir dos columnas seleccionando al azar dos números enteros entre 1 y 25. El número de especies encontrado en esas colecta combinada de esas dos columnas se anotará como  $S_2$ , el número de especies en dos sitios. Se repetirá el procedimiento para colectas al azar de 3, 4, 5, etc. sitios y luego deberá generarse una gráfica que muestre  $S_i$  como función de  $i$ . La curva tenderá a subir y el número final,  $S_{25}$ , mostrará el número total de especies detectada en toda la muestra. Llevar esto a cabo una vez, sin embargo, no es suficiente: el procedimiento completo deberá repetirse 100 veces y cada vez se deberá ordenar a la

computadora elegir al azar sub-conjunto de los sitios (columnas). Debido a que cada selección será diferente, los valores  $S_1, S_2, S_3 \dots S_{25}$  será cada vez levemente diferente. La curva final será construida hallando la media  $\hat{S}_2$  como media de las 100 anotaciones  $S_2$  y luego, de igual forma, para  $\hat{S}_3, \hat{S}_4$ , etc., para entonces hacer un gráfico de  $\hat{S}_i$  vs  $i$ . Cada una de las 100 réplicas podrá utilizarse para calcular la desviación estándar o límites de confianza de cada  $\hat{S}_i$ , proporcionando un cálculo de la variabilidad de riqueza de especies.

A la curva de acumulación de especies se le llama curva de área de especies si el eje horizontal muestra el área total de superficie de un conjunto combinado de sitios en lugar del número de sitios  $i$ . Es decir, llámese  $A_1$  al área de una sola unidad de muestreo y  $A_2 = 2A_1$  al área de dos muestras combinadas, etc., por ende, la curva de área de especies es la gráfica de  $\hat{S}_i$  vs  $A_i$  para todas las  $i$ . Las curvas de área de especies de las muestras ecológicas son casi siempre lineales cuando se hace el gráfico en escalas logarítmicas, particularmente después de las primeras muestras de tamaño.

Las curvas de acumulación de especies pueden utilizarse para evaluar la riqueza de especies en áreas más amplias. Una técnica muy directa es examinar cómo el número de especies en las muestras  $i, \hat{S}_i$ , se incrementa a medida que  $i$  se acerca al número total de muestras. Por ejemplo, si la mitad de muestras ya han incluido todas las especies, esto significaría que añadir otras muestras no añadirá especies nuevas, una conclusión razonable sería que el inventario total ha tenido un éxito razonable en detectar todas las especies.

Un muestreo completo podría aproximarse en grupos de diversidad moderadamente escasos, como peces o ranas en Panamá. Pero en lo que se refiere a comunidades diversas, como árboles en bosques tropicales, nunca esto no ocurrirá en un inventario usual. Se seguirán añadiendo nuevas especies continuamente, inclusive a muestras muy amplias. En tal caso, la naturaleza lineal logaritmo-logaritmo de la curva de acumulación de especies podrá utilizarse como una forma rápida, y aproximada, de extrapolar la riqueza de especies. Defínase  $S_T$  como el número total de especies que se han detectado mediante el inventario completo, tomando en cuenta todos los sitios de muestreo conjuntamente, y  $\hat{S}_{1/2}$  como el número promedio de especies hallado en cualquier mitad de los inventarios. Así que, si hubiera  $i = 20$  inventarios,  $S_T = S_{20}$ , el número de especies en todos los 20, y  $\hat{S}_{1/2} = \hat{S}_{10}$ , el promedio de especies hallado en varias combinaciones de 10 de los inventarios. Hállese

$$z = (\log S_T - \log S_{1/2}) \div (\log 2),$$

donde  $\log$  significa el logaritmo natural. A esto se le llama la pendiente de la curva log-log especies-area y usualmente se halla en el rango de 0.10 a 0.25 en muchas comunidades ecológicas. Para estimar la riqueza de especies en un área que es  $k$  veces más grande que la actual, úsese la fórmula

$$S_{larger} = S_T k^z.$$

Por ejemplo, si  $\hat{S}_{1/2} = 270$  especies se hallaron en la mitad de las muestras y  $S_T = 300$  especies en todas las muestras, entonces

$$z = (\log 300 - \log 270) \div 0.693 = 0.152.$$

El número estimado de especies a ser hallado tras 10 veces lo muestreado (180 muestras más), es

$$300 \cdot 10^{0.152} = 426.$$

Esto debe ser considerado como una estima aproximada y sólo deberá utilizarse después de revisar visualmente la curva de acumulación de especies en ejes logarítmicos para confirmar que está razonablemente cerca de lo lineal.

## **10. Resumen del estado del bosque**

Una de las metas del monitoreo de la biodiversidad es ofrecer una perspectiva del estado de conservación de un bosque en Panamá; “estado” significa el grado de intervención de humanos y el impacto ocasionado por ello. En un extremo del espectro, están los bosques prácticamente libres de perturbación humana donde la flora y fauna están intactas en gran medida; en el otro extremo, están áreas boscosas donde la cacería o tala han cambiado la comunidad.

Las mejores medidas para evaluar el estatus del bosque son la biomasa (sección 8.3) y especies indicadoras (sección 8.7). Los bosques ancestrales y secundarios maduros (80 años desde la perturbación) arrojan un promedio de 250 toneladas por hectárea, mientras que los secundarios y altamente perturbados muestran un promedio de menos de 200 toneladas. Las especies que se observan en la Tabla 8.5 apoyan las inferencias sugeridas por la biomasa y, juntas, sugieren si un sitio ha padecido por desbroce o tala en las décadas recientes.

En cuanto a degradación por sobre-cacería, el indicador más claro es la abundancia de grandes mamíferos y aves. Cualquier presencia de venado, pecarí (especialmente de labios blancos), tapir, jaguar, pava andina y paujil sugiere una limitada presión por cacería. Estas especies están típicamente presentes en grandes áreas de bosques ancestrales y maduros sólo cuando no existe la presión por caza

o, si la hay, es muy reducida. Para nutrir un buen reporte sobre el estatus del bosque es buena idea preparar una tabla sobre la presencia o ausencia de algunas especies clave de árboles, mamíferos y aves, junto con un cálculo de la media de biomasa de árboles por hectárea.

# Bibliografía

- Aguirre, A. A. and M. Lampo. 2006. Protocolo de bioseguridad y cuarentena para prevenir la transmisión de enfermedades en anfibios, pp. 405-412. In: Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha and E. La Marca (Eds.), Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina. Conservación Internacional. Serie de Manuales para la Conservación No. 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Colombia.
- AVMA (American Veterinary Medical Association). 2013. AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2013 edition. American Veterinary Medical Association, Schaumburg, Illinois. 102 pp.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder, and J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Barcode of life: Identifying species with DNA barcoding. 2013. Available: [www.barcodeoflife.org](http://www.barcodeoflife.org). (Accessed: Sep 26, 2013).
- Beaupre, S. J., E. R. Jacobson, H. B. Lillywhite and K. Zamudio. 2004. Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research. Second Edition. Herpetological Animal
- Brandes, T. S. 2008. Automated sound recording and analysis techniques for bird surveys and conservation. *Bird Conservation International* 18:S163-S173.
- Celis-Murillo, A., J. L. Deppe, and M. P. Ward. 2012. Effectiveness and utility of acoustic recordings for surveying tropical birds. *Journal of Field Ornithology* 83:166-179.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, JP., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145:87-99.
- Condit, R., R. Pérez, N. Daguerre. 2011. *Trees of Panama and Costa Rica*. Princeton University Press.
- Crawford, A. J., K. R. Lips and E. Bermingham. 2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107(31):13777-13782.
- Dallmeier F. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. Methods for establishment and inventory of permanent plots. plots. MAB Digest 11. UNESCO, Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000938/093876eo.pdf>
- DAPTF (Declining Amphibians Population Task Force). 1998. The DAPTF Fieldwork Code of Practice. *FrogLog* 27:leaflet.
- Fausch, K. D., J. Lyons, J. R. Karr, and P. L. Angermeier. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. Pages 123-144 in S. M. Adams, editor. *Biological indicators of stress in fish*. American Fisheries Society Symposium 8, Bethesda, Maryland.
- Frost, D. R. 2013. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.6 (9 January 2013). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Golder Associates. 2010. Project Mina de Cobre Panama environmental and social impact assessment. Submitted to Minera Panama S.A. September 2010.
- Green, D. E., M. J. Gray and D. L. Miller. 2010. Disease monitoring and biosecurity, pp. 481-505. In: Dodd, C. K., Jr. (Ed.), *Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, New York.
- Helfman, G. S., B. B. Collette, D. E. Facey, and B. W. Bowen. 2009. *The Diversity of Fishes:*

- Biology, Evolution, and Ecology, 2nd Edition. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Hertz, A., S. Lotzkat, A. Carrizo, M. Ponce, G. Köhler and B. Streit. 2012a. Field notes on finding of threatened amphibian species in the central mountain range of western Panama. *Amphibian and Reptile Conservation* 6(2):9-30.
- Ibáñez D., R., A. S. Rand, and C. A. Jaramillo A. 1999a. Los Anfibios del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y Areas Adyacentes/The Amphibians of Barro Colorado Nature Monument, Soberanía National Park and Adjacent Areas. Editorial Mizrachi & Pujol, Panamá. 187 pp.
- Ibáñez D., R., A. S. Rand, M. J. Ryan, and C. A. Jaramillo A. 1999b. Vocalizaciones de ranas y sapos del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y Areas Aledañas/Vocalizations of frogs and toads from Barro Colorado Nature Monument, Soberanía National Park and Adjacent Areas. Compact Disc. Sony Music Entertainment, Costa Rica.
- Ibáñez D., R., C. A. Jaramillo, M. Arrunátegui, Q. Fuenmayor and F. A. Solís. 1995. Inventario biológico del Canal de Panamá. Estudio Herpetológico. *Scientia (Panamá)*, Número Especial 2:111–159.
- Ibáñez, R., R. Condit, G. Angehr, S. Aguilar, T. García, R. Martínez, A. Sanjur, R. Stallard, S. J. Wright, A. S. Rand and S. Heckadon. 2002. An ecosystem report on the Panama Canal: monitoring the status of the forest communities and the watershed. *Environmental Monitoring & Assessment* 80:65-95.
- IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. Available: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: Oct 2, 2013).
- Jacobs, J. F and W. R. Heyer. 1994. Collecting tissue for biochemical analysis, pp. 299-301. In: Heyer, W. R., M. A. Donnely, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and M. S. Foster (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Jaramillo, C., L. D. Wilson, R. Ibáñez and F. Jaramillo. 2010. The herpetofauna of Panama: Distribution and conservation status, pp. 604–671. In: Wilson, L. D., J. H. Townsend and J. D. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publications, LC, Eagle Mountain, Utah.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America*. 2nd edition. Herpeton, Offenbach, Germany. 400 pp.
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America*. Herpeton, Offenbach, Germany. 379 pp.
- Lacher T.E. (2003). Tropical Ecology Assessment and Monitoring (TEAM) Initiative: Primate monitoring protocol v. 1.1. In. *Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network*, Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International.
- Lips, K. R., F. Brem, R. Brenes, J. D. Reeve, R. A. Alford, J. Voyles, C. Carey, L. Livo, A. P. Pessier and J. P. Collins. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(9):3165-3170.
- Lips, K. R., J. Diffendorfer, J. R. Mendelson III and M. W. Sears. 2008. Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *Public Library of Science Biology* 6(3):1-15.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young and R. Ibáñez. 2001. Amphibian Monitoring in Latin America: A Protocol Manual / Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular 30:1-115.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young and R. Ibáñez. 2001. Amphibian Monitoring in Latin America: A Protocol Manual / Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular 30:1-115.
- McDiarmid, L. C. Hayek and M. S. Foster (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

- Myers, C. W. 1974. The systematics of *Rhadinaea* (Colubridae), a genus of New World snakes. *Bulletin of the American Museum Natural History* 153:1–262.
- Myers, C. W. 2003. Rare snakes—five new species from eastern Panama: reviews of northern *Atractus* and southern *Geophis* (Colubridae: Dipsadinae). *American Museum Novitates* 3391:1-47
- Myers, C. W., R. Ibáñez D., T. Grant and C. A. Jaramillo. 2012. Discovery of the frog genus *Anomaloglossus* in Panama, with descriptions of two new species from the Chagres highlands. *American Museum Novitates* 3763:1-19.
- Pérez R., S. Aguilar, R. Condit, R. Foster, S. Hubbell y S. Lao. 2005. Metodología empleada en los censos de la parcela de 50 hectareas de la isla de barro colorado, Panamá. <http://ctfs.arnarb.harvard.edu/webatlas/onlinepubs/ParcelaBCIMetodo2005.pdf>
- Phillott, A. D., R. Speare, H. B. Hines, L. F. Skerratt, E. Meyer, K. R. McDonald, S. D. Cashins, D. Mendez, L. Berger. 2010. Minimising exposure of amphibians to pathogens during field studies. *Diseases of Aquatic Organisms* 92(2-3):175-185.
- Pisani, G. R. and J. Villa. 1974. Guía de técnicas de preservación de anfibios y reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles *Herpetological Circular* 2:1-28.
- Pisani, G. R. and J. Villa. 1974. Guía de técnicas de preservación de anfibios y reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles *Herpetological Circular* 2:1-28.
- Ralph, C. J., and E. H. Dunn. 2004. (Editors). Monitoring bird populations using mist nets. *Studies in Avian Biology* Number 29.
- Raxworthy, C. J., N. Ananjva and Nikolai L. Orlov. 2012. Complete species inventories, pp. 209-215. In: McDiarmid, R. W., M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons and N. Chernoff (Eds), *Reptile Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Remsen, J. V., and D. A. Good. 1996. Misuse of data from mistnet captures to assess relative abundance in bird populations. *Auk* 113:381-398.
- Reynolds, R. P., R. I. Crombie and R. W. McDiarmid. 1994. Keys to a successful project: associated data and planning: voucher specimens, pp. 66-71. In: Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and M. S. Foster (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Reynolds, R. P., R. I. Crombie and R. W. McDiarmid. 1994. Keys to a successful project: associated data and planning: voucher specimens, pp. 66-71. In: Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and M. S. Foster (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Rueda, J. V., F. Castro and C. Cortez. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: una compilación, pp. 135-171. In: Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha and E. La Marca (Eds.), *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina*. Conservación Internacional. Serie de Manuales para la Conservación No. 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Colombia.
- Savage, J. M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. The University of Chicago Press, Chicago. 934 pp.
- Schulte, J. A., II. 2012. Collecting and preserving tissues for biochemical analyses, 121-125 pp. In: McDiarmid, R. W., M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons and N. Chernoff (Eds), *Reptile Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Simmons, J. E. 2002. *Herpetological collecting and collections management*. Revised edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles *Herpetological Circular* 31:1-153.

- TEAM Network (2011). Terrestrial vertebrate protocol: implementation manual, v. 3.1. In. Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network, Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International Arlington VA.
- Uetz, P. and J. Hošek (Eds.). 2013. The Reptile Database. [web application]. Available: <http://www.reptile-database.org>.
- Vonesh, J. R., J. C. Mitchell, K. Howell and A. J. Crawford. 2010. Rapid assessments of amphibian diversity, pp. 263-280. In: Dodd, C. K., Jr. (Ed.), Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques. Oxford University Press, New York.