



# METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA


---

Experiencias en el Programa  
de Monitoreo de la Biodiversidad  
en el área del Proyecto Camisea



---

PROGRAMA DE  
MONITOREO DE  
BIODIVERSIDAD  
EN CAMISEA



METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO  
DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA

---

**Experiencias en el Programa  
de Monitoreo de la Biodiversidad  
en el área del Proyecto Camisea.**



METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA.

**Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea.**

#### Editor

Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.

#### Autores

*Gustavo Mange y Vanina Ferretti*

Estructura e implementación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

*Marcos C. Juárez, Gimena Aguerre y Carlos Trucco*

Diseño general del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

#### Paisaje

*Guillermo F. Dias*

Metodologías para el análisis del paisaje adaptadas a la selva del Bajo Urubamba

#### Vegetación

*Wilfredo Mendoza Caballero*

Metodologías para el monitoreo de la vegetación en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

#### Artrópodos

*Gorky Valencia Valenzuela*

Métodos y técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la entomofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.

#### Anfibios Y Reptiles

*Claudia Torres-Gastello y Jesús Córdova*

Técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la herpetofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.

#### Aves

*Víctor Gamarra-Toledo*

Descripción y análisis de las metodologías para el monitoreo de la avifauna en la Amazonia peruana.

#### Mamíferos Pequeños

*Alicia Vasquez, Carlos Trucco y Gimena Aguerre*

Metodologías desarrolladas para el monitoreo de mamíferos pequeños en la región del Bajo Urubamba

#### Mamíferos Grandes

*Flor De M. Gómez M.*

Metodología de evaluación de censos por transectos

#### Hidrobiología

Metodología de evaluación hidrobiológica en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad - Proyecto Camisea

*Iris Samanez y Luisa Chocano*

Plancton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

*Vania Rimarachín y Iris Samanez*

Perifiton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

*Hernán Ortega, Carlos Palma y Jerry Arana*

Macroinvertebrados Bentónicos en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

*Hernán Ortega, Max Hidalgo y Ericka Correa Roldán*

Peces en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

#### Uso de los Recursos Naturales

*Martha Rodríguez Achung*

Acceso y uso de recursos naturales por las comunidades nativas del Bajo Urubamba

#### Comunicación

*Marcelo Cubellun, Vanina Ferretti y Nancy Bouzas*

Metodologías para difundir, integrar y posicionar el PMB en la empresa sponsor, en el equipo y en la comunidad.

#### Revision editorial

*Catherine Borrovich-Smith*

#### Identidad gráfica del PMB

*Adriana Khazki*

#### Diseño editorial

*Silvana Bredice, Gabriela Gabriel, Adriana Khazki*

ISBN:

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú

Reg. N°:

Todos los derechos reservados. Cualquier parte de esta publicación puede ser utilizada acompañada de su cita.

Este libro deberá ser citado de la siguiente manera:  
Programa de Monitoreo de la Biodiversidad (Editor) 2014. METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA. Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea. 184 p.

Y en el caso de ser citado un Capítulo específico:  
Autores, Título del Capítulo. Cita del Libro. Año.  
Ej/ TORRES-GASTELLO C. y CÓRDOVA J. Anfibios y Reptiles. Técnicas de Muestreo Empleadas Para el Monitoreo de la Herpetofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. EN: METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA. Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea. 2014.

METODOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AMAZONÍA

**Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea.**



**Camisea**

La presente publicación es financiada por el Consorcio Camisea operado por Pluspetrol Perú Corporation, sponsor del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Perú.



## Equipo técnico: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

### Administrador general

Lic. Gustavo Mange

### Departamento científico

#### Comité científico

M. Sc. Pedro G. Vásquez Ruesta

Dra. Martha Rodríguez Achung

M. Sc. Hernán Ortega

### Equipo de análisis e integración

Lic. Marcos C. Juárez

Lic. Carlos Trucco

Lic. Gimena Aguerre

### Componentes y grupos taxonómicos

#### Paisaje

Lic. Guillermo F. Dias

#### Vegetación

M. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero

#### Aves

Blgo. Víctor Gamarra Toledo

#### Anfibios y reptiles

M. Sc. Jesús Córdova

#### Mamíferos pequeños

Blgo. Alicia Vásquez Gutierrez

#### Mamíferos grandes

Blgo. Flor De M. Gómez

#### Artrópodos

Blgo. Gorky Valencia Valenzuela

#### Biota acuática

M. Sc. Hernán Ortega

### Monitoreo del uso de los recursos naturales

Dra. Martha Rodríguez Achung

### Departamento comunicación

Dr. Marcelo Cubellun

Lic. Vanina Ferretti

Lic. Nancy Bouzas

### Departamento de operación y logística

Lic. Gerardo Leunda

Blgo. Giulio Cesare Marin Erasquin

Ing. Sheila Romero Moreno

### Coordinación general

Lic. Gimena Aguerre

Blgo. Giulio Cesare Marin Erasquin

### Co-Investigadores nativos

Los co-investigadores nativos que participan en el PMB pertenecen a las siguientes comunidades (Cusco, Perú):

Comunidad Nativa Camisea

Comunidad Nativa Cashirari

Comunidad Nativa Carpintero

Comunidad Nativa Nueva Luz

Comunidad Nativa Nuevo Mundo

Comunidad Nativa Nueva Vida

Comunidad Puerto Huallana

Comunidad Nativa Segakiato

Comunidad Nativa Shivankoreni

Comunidad Nativa Ticumpinía

Comunidad Nativa Timpia

## INDICE

<b>01. INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	
Estructura e implementación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad	<b>7</b>
<b>02. DISEÑO GENERAL DEL PROGRAMA</b>	
Diseño general del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad	<b>13</b>
<b>03. PAISAJE</b>	
Metodologías para el análisis del paisaje adaptadas a la selva del Bajo Urubamba	<b>25</b>
<b>04. VEGETACIÓN</b>	
Metodologías para el monitoreo de la vegetación en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad	<b>39</b>
<b>05. ARTRÓPODOS</b>	
Métodos y técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la entomofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.	<b>47</b>
<b>06. HERPETOLOGÍA</b>	
Técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la herpetofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea	<b>61</b>
<b>07. AVES</b>	
Descripción y análisis de las metodologías para el monitoreo de la avifauna en la Amazonía peruana	<b>73</b>
<b>08. MAMÍFEROS PEQUEÑOS</b>	
Metodologías desarrolladas para el monitoreo de mamíferos pequeños en la región del Bajo Urubamba	<b>91</b>
<b>09. MAMÍFEROS GRANDES</b>	
Metodología de evaluación de censos por transectos	<b>111</b>
<b>10. HIDROBIOLOGÍA</b>	
Plancton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú	<b>123</b>
Macroinvertebrados bentónicos en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú	<b>131</b>
Perifiton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú	<b>137</b>
Peces en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú	<b>145</b>
<b>11. USO DE LOS RECURSOS NATURALES</b>	
Acceso y uso de recursos naturales por las comunidades nativas del Bajo Urubamba	<b>155</b>
<b>12. COMUNICACIÓN</b>	
Metodologías para difundir, integrar y posicionar el PMB en la empresa sponsor, en el equipo y en la comunidad	<b>173</b>

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar un especial agradecimiento a las comunidades nativas del área de estudio y, en especial, a los co-investigadores que integraron los grupos de trabajo, por su predisposición permanente y su generosidad para compartir su invaluable conocimiento.

A todo el personal científico técnico que realizó su trabajo con eficiencia, predisposición y cooperación trans-disciplinaria y a aquellos que asesoraron, realizando revisiones y opinando en el marco de un proceso constructivo.

## IKAVINTSAASANOBAYETANTI

*Nokogaigake nosureigaemparira aikiro nonka-mantagaiganakerira maganiro timaigatsirira kara pitimaigira, nantavageigakitira, irirosanoty no-tentaigakitarira, noneaigaketari imutakovageigakenara yogotagageigakenara irogotane aikiro iragaveane.*

*Maganiro yoga irirosanorira taigakerorira, aikiro kamagutakoigavakerorira nantaiganakerira vetinkaakogetavakerorira novetsikaigakerira onka-metitakeniri.*

## PMB - Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea

## 1. INTRODUCCIÓN

### Estructura e implementación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

Vanina Ferretti<sup>1</sup> y Gustavo Mange<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dirección Científica y Coordinación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad  
comunicacion@pmbcamisea.com

<sup>2</sup> Administrador del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
contacto@pmbcamisea.com, Mange.Gustavo@gmail.com

Las actividades humanas calificadas como de desarrollo (p. ej. la agricultura, la urbanización, las obras de la ingeniería, la explotación de hidrocarburos) son generalmente disruptivas, afectan de un modo u otro al medio ambiente, y en caso de llevarse a cabo en áreas sensibles por su biodiversidad, generan impactos sobre esta. Con el fin de poder controlar la compatibilidad del desarrollo con el mantenimiento de las funciones vitales del medio ambiente, se requiere desarrollar medios de captación de información sobre el estado del ecosistema y su cambio en relación con dichas actividades (Herweg *et al.*, 1999). A este proceso de seguimiento del cambio se le denomina monitoreo.

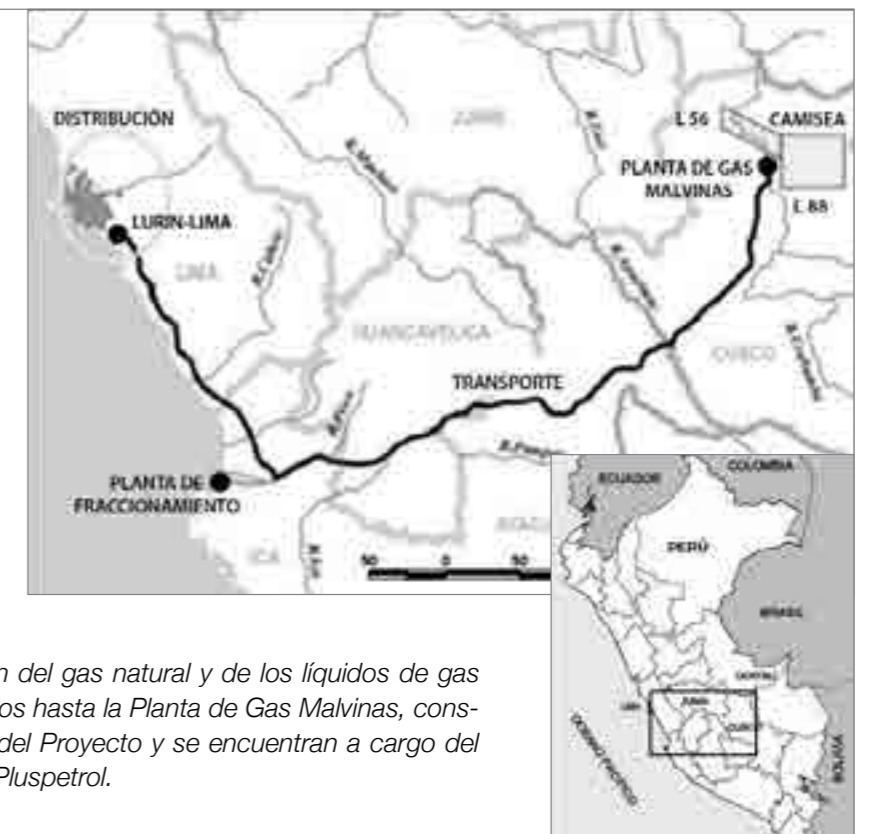
El Programa de Monitoreo de Biodiversidad en Camisea (PMB) realiza, desde el año 2005, el seguimiento del estado de la biodiversidad en el área del Proyecto Camisea (PC), situado en la región del Bajo Urubamba, en la Amazonía peruana. El Programa fue iniciado a solicitud del Consorcio Camisea, cuyos miembros asumieron un compromiso respecto de la conservación de la biodiversidad en el área de exploración y operación.

### EL PROYECTO CAMISEA

El Proyecto Camisea (PC) está emplazado sobre la cuenca del río Urubamba, en el departamento de Cusco, región sudoeste de la República del Perú.

Consiste en la explotación de las reservas de gas natural y de los líquidos de gas natural de los yacimientos San Martín, Cashiriari y Pagoreni, (Lotes 88 y 56), los cuales albergan una de las reservas más importantes de gas natural en América Latina.

Las operaciones de extracción, procesamiento y conducción del gas natural y de los líquidos de gas para su tratamiento desde los pozos hasta la Planta de Gas Malvinas, constituyen el componente Upstream del Proyecto y se encuentran a cargo del Consorcio Camisea, liderado por Pluspetrol.



## RESEÑA HISTÓRICA SOBRE EL PMB

Previamente a la implementación del PMB, entre los años 1997 y 1999, el Instituto Smithsonian (Dallmeier y Alonso 1997; Alonso y Dallmeier 1998, 1999) realizó investigaciones que constituyeron la primera evaluación de los bosques del Bajo Urubamba en el marco de las actividades de Shell Prospecting and Development Perú (SPDP).

En el año 2002, Pluspetrol Perú Corp. (PPC) solicitó un estudio de alcance para desarrollar un monitoreo de la biodiversidad en el Lote 88, en el marco de los compromisos asumidos en el Estudio de Impacto Ambiental y Social del Lote 88 (ERM, 2001). Dicha tarea fue desarrollada por un equipo de profesionales de la Universidad de Oxford (Gran Bretaña), la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) y consultores de las sedes de Perú y Argentina de la consultora Environmental Resources Management. Este estudio (Sillero Zubiri et al., 2002) demandó 6 meses e implicó un proceso de recopilación de información, análisis

interdisciplinario exhaustivo, consenso entre los profesionales involucrados y elaboración del documento final.

El documento resultante de dicho trabajo especificó el diseño del PMB y en diciembre de 2003 fue puesto a consideración de la Sociedad Civil Peruana a través de consulta con organismos gubernamentales, varias ONG y el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros, constituyendo una primera instancia de participación y consenso.

Luego, en el año 2004, Pluspetrol solicitó un estudio de impacto para el Lote 56 (ERM, 2004), donde se determinó que el Lote 56 debía integrar el área de aplicación del PMB. Consecuentemente, la Línea de Base de Biodiversidad fue desarrollada siguiendo los lineamientos establecidos en el marco del Scoping del PMB.

El PMB fue implementado en el año 2005, lográndose una década de monitoreo sostenido en el Bajo Urubamba.

8

El área donde se desarrolla el PMB forma parte de los Andes Tropicales, uno de los 34 *hotspots* de biodiversidad<sup>1</sup> del mundo definidos por Conservation International. La presencia de numerosas áreas naturales protegidas próximas al lugar en estudio tales como el Parque Nacional Manu, Parque Nacional Otishi, Reserva Comunal Ashaninka, Reserva Comunal Matsigenka y zonas de amortiguamiento Zona Reservada (ZR) de Alto Purus, ZR del Manu y Apurímac, da, además, una idea de la sensibilidad de esta región para la conservación. Desde el punto de vista social y cultural, constituye un espacio de uso ancestral y continuo por parte de pobladores nativos e históricamente ha sido ocupada por la población Matsigenka -perteneciente a la familia etnolingüística Arawac- una de las más ancestrales culturas americanas que aún mantiene vínculos estrechos con su entorno.

El PMB constituye un sistema de procedimientos organizados orientado a entender, determinar y predecir las tendencias ambientales, permitiendo la consideración de acciones

correctivas o mitigantes, lo cual constituye un componente integral en la toma de decisiones respecto al PC (Bosch et al., 1996). Debido a que la dinámica de la biodiversidad en el área está íntimamente ligada a procesos ecológicos que son generalmente de largo plazo, el Programa fue diseñado con una escala temporal de largo alcance (40 años), para detectar de manera temprana las tendencias de cambio.

El monitoreo es reconocido como una excelente herramienta de conservación y manejo de la biodiversidad (Herweg et al., 1999; Elzinga et al., 2001) debido a que permite, entre otros aspectos:

- Distinguir entre cambios naturales y cambios producidos por la actividad humana.
- Distinguir fluctuaciones de corto plazo con tendencia a largo plazo.
- Obtener información para la toma de decisiones acerca de las actividades del Proyecto.
- Proporcionar un sistema de alerta rápido que

genere medidas de investigación o conservación específicas sobre ciertos componentes de la biodiversidad.

- Extraer información independiente para evaluar la validez de la predicción de cambios.
- Evaluar la eficacia de las políticas y/o pautas de conservación y manejo ambiental.
- Desarrollar un proceso de aprendizaje continuo y permanente mejoramiento.
- Identificar actividades no sostenibles del Proyecto.
- Aumentar el conocimiento sobre la biota, sus interacciones y posibles amenazas.
- Mejorar la integración del conocimiento y las capacidades locales.

El sistema de monitoreo que sigue el PMB constituye un ciclo, que es recalibrado periódicamente para asegurar que la información apropiada de cada componente alimente al siguiente nivel. La naturaleza cíclica del proceso se mantiene a través de la evaluación de los objetivos y de las decisiones de manejo a nivel gerencial, con base en los resultados que se van obteniendo (Sillero Zubiri et al., 2002; Soave et al., 2005).

El proceso implementado desde el PMB está basado en el manejo adaptativo propuesto por Dallmeier y Alonso (1997), UNDP (1999) y Elzinga et al. (2001), entre otros, y proporciona la flexibilidad necesaria para introducir ajustes en el monitoreo y en la toma de decisiones (Salauskis et al., 2001; Stankey et al., 2005), siendo por ello el enfoque adecuado cuando los niveles de incertidumbre son críticos (Johnson, 1999) y dando lugar a las modificaciones correctivas necesarias.

Desde el punto de vista de las acciones de gestión del PC, el monitoreo permite a sus responsables evaluar si las actividades de dicho proyecto están afectando a la biodiversidad y, de acuerdo a ello, adaptarlo (MacKinnon, 1998) o implementar las acciones de prevención, mitigación o compensación que se consideren necesarias. Este proceso brinda a decisores y participantes un continuo "feedback" que puede ayudar a determinar si el proyecto está progresando conforme a lo planificado (UNDP, 1999).

Teniendo en cuenta estas necesidades, el ciclo de acciones desarrolladas desde el PMB implica la articulación de 3 tipos de acciones (científicas, de gestión y de comunicación), las



cuales se integran actualmente en un sistema consolidado por su desarrollo a lo largo de estos años.

El eje técnico es aquel a través del cual se abordan los aspectos metodológicos, de manera que permitan dar cumplimiento a los objetivos del Programa. Mediante el eje de gestión, los resultados obtenidos se aplican en la generación de recomendaciones tendientes a prevenir y minimizar impactos en la biodiversidad. Dentro del eje de comunicación, definido como un componente transversal en el PMB, se trabaja internamente para generar elementos comunicacionales dinámicos para dar a conocer el Programa dentro de las empresas patrocinadoras y para establecer mecanismos adecuados de comunicación de resultados, de modo que puedan ser incorporados al sistema de gestión y al proceso de toma de decisiones. En segundo lugar y de forma simultánea, la comunicación externa permite, por su parte, la difusión de toda la información generada por el PMB y la interacción del Programa con instituciones y científicos nacionales e internacionales.

Una característica de diseño central del Programa es su carácter participativo. Este enfoque reconoce el rol central que los actores locales tienen en el manejo de los recursos que utilizan. Incorpora a la población local como sujeto activo en el proceso de implementación del monitoreo, a partir de la integración de sus habitantes a los equipos de investigación, y la consideración de las comunidades locales como actores principales interesados en la conservación de la biodiversidad. En este marco, los participantes de las comunidades nativas (CCNN) son consi-

9

<sup>1</sup> Para calificar como *hotspot*, una región debe cumplir con dos criterios estrictos: contener como mínimo 1500 especies de plantas vasculares endémicas (> 0,5 por ciento del total mundial) y haber perdido por lo menos un 70 por ciento de su hábitat original.

derados co-investigadores, de modo tal que su participación permite, por un lado, crear capacidades en el manejo de recursos vitales para las CCNN, y por otro, generar un proceso de conocimiento y su uso práctico en las experiencias de monitoreo basado en el intercambio de información y experiencias entre los técnicos y los pobladores nativos (Soave *et al.*, 2005). Es así como miembros de diferentes CCNN forman parte de los equipos técnicos que realizan el monitoreo de campo aportando, no solo su conocimiento del territorio, sino también valiosa información sobre la historia natural de las especies de la zona, sitios de mayor y menor actividad, los nombres con los cuales denominan a las especies y los usos que hacen de las mismas, entre otros aspectos.

Las experiencias con enfoques participativos presentan un abanico de resultados que suelen exceder a los inicialmente propuestos y aunque no es inusual que surjan dificultades a lo largo del proceso, generalmente redundan en beneficios (Campos Roza *et al.*, 1996; Campos Roza y Ulloa, 2003; Primack *et al.*, 2001). Abbot y Guijt (1998) sugieren que este enfoque participativo es complementario al enfoque convencional o científico. El grado en que uno y otro se aplican dependerá de los objetivos del programa, pero es importante señalar que la combinación de estos 2 enfoques permite verificar (validar) hallazgos realizados con aproximaciones netamente científicas.

Gran cantidad de experiencias han mostrado que la participación de las comunidades locales en las acciones de conservación e investigación lleva a niveles de mayor arraigo de las políticas, normas o pautas de manejo y/o conservación a seguir, que suelen devenir en un mayor cumplimiento de las mismas. De acuerdo a Trucco *et al.* (2012), el compromiso adquirido durante estos procesos de intercambio, consulta y con-

senso, llevan a que el cumplimiento de las propuestas de conservación y gestión tengan un éxito de mayor alcance.

A partir de estos elementos, la presente publicación se propone capitalizar la experiencia recogida a lo largo de una década de monitoreo sostenido, enfocándose en los aspectos metodológicos como resultado de un largo proceso de puesta a prueba y ajuste, que incluyó 250.000 hectáreas (ha) monitoreadas en forma permanente, 76 campañas de monitoreo, 112 investigadores y técnicos involucrados, 250 co-investigadores nativos de 15 CCNN y 892 días efectivos de muestreo.

Los aspectos desarrollados en este libro constituyen una contribución al conocimiento del monitoreo de un ecosistema de alta complejidad y poco explorado. La comunicación de los resultados, en este caso de diseño metodológico, es valorada como un aspecto clave para lograr la transparencia del sistema de monitoreo.

La implementación del PMB permitió la génesis de un caudal de datos sin precedentes en el Bajo Urubamba, como así también probar y validar metodologías y protocolos estandarizados. Estos 2 aspectos se encuentran plasmados en este libro; los capítulos que siguen proponen lineamientos uniformizados para establecer bases sólidas que puedan ser comparables en tiempo y espacio, y fundamentalmente, puedan ser replicados en otros programas de monitoreo de bosques amazónicos. El equipo científico del PMB aborda a lo largo del libro, temas de diseño general y descripción de las metodologías empleadas, con énfasis en su alcance espacial y temporal, y el esfuerzo de muestreo definido. Se discute, a modo de evaluación, la efectividad de las mismas, ofreciendo resultados concretos sobre su adecuación al monitoreo en regiones de selva.

## Bibliografía

ABBOT, J. y GUIJT, I. *Changing views on change: participatory approaches to monitoring the environment*. SARL, Discussion Paper N° 2. Londres, RU. 1998.

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (eds). *Biodiversity assessment and long-term monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: Cashiriari 3 well site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series #2, Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C., EE.UU. 1998.

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (eds). *Biodiversity assessment and long-term monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: Pagoreni well site-Assessment and Training*. SI/MAB Series #3, Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C., EE.UU. 1999.

CAMPOS ROZO, C., ULLOA, A. y RUBIO TORGLER, H. (comp.). *Manejo de fauna con comunidades rurales*. Fundación Natura, OREWA, OEI, UAESPNN. Utópica Editores. Bogotá, Colombia. 1996.

CAMPOS ROZO, C. y ULLOA, A. (eds). *Fauna socializada. Tendencias en el manejo participativo de la fauna en América Latina*. Fundación Natura, MacArthur Foundation, Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Bogotá, Colombia. 2003.

CONSERVATION INTERNATIONAL. *The Biodiversity Hotspots*. © 2013 CONSERVATION INTERNATIONAL Versión en línea: [http://www.conservation.org/where/priority\\_areas/hotspots/Pages/hotspots\\_main.aspx](http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/Pages/hotspots_main.aspx)

DALLMEIER, F. y ALONSO, A. (eds.). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well Sites*. SI/MAB Series 1, Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., EE.UU. 1997.

ELZINGA, C.L., SALZER, D.W., WILLOUGHBY, J.W. y GIBBS, J.P. *Monitoring plant and animal populations*. Blackwell Science, Inc., EE. UU. 2001.

JOHNSON, B.L. *The role of adaptive management as an operational approach for resource management agencies*. 1999. *Conservation Ecology* 3(2):8.

HERWEG, K., STEINER, K. y STAATS, A.J. *Manejo sostenible de la tierra. Lineamientos para el monitoreo del impacto*. Documento de Trabajo V.1. Center for Development and Environment, Berna. 1999. 79 pp.

PRIMACK, R., ROZZI, R., FEINSINGER, P., DIRZO R. y MASSARDO F. (eds.) *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México. 2001.

SALAFSKY, N., MARGOLUIS, R y REDFORD K. *Adaptive Management: a tool for conservation practitioners*. Washington, D.C.: Biodiversity Support Program. 2001.

SILLERO ZUBIRI, C., ALBRECHTSEN, L., FERRETTI, V., MARINO, J., PACKER, M.J., PALMADA, F.M., RODRÍGUEZ ACHUNG, M. y SOAVE, G.E. 2002. *Monitoring Biodiversity in Camisea: Scoping Study Report*. Environmental Resources Management Argentina, Buenos Aires, Argentina 497 pp.

STANKEY, G.H., R.N. CLARK y B.T. BORMANN. 2005. Adaptive management of natural resources: theory, concepts, and management institutions. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-654. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

SOAVE G.E., G. MANGE y V. FERRETTI (eds.). 2005. Informe Anual del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. Lima, Perú.

TRUCCO C., ARGUEDAS MORA S., RODRÍGUEZ, M.A., MUSALEM, S., SARAIVA, M., DE BUS-TOS, S. YBALES, A. 2012. *Generación participativa de políticas de conservación en la provincia de Salta, Argentina*. X Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica. 2012. Salta, Argentina.

## 2. DISEÑO GENERAL

### Diseño general del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

Marcos Juárez <sup>1</sup>, Gimena Aguerre<sup>2</sup> y Carlos Trucco<sup>3</sup>

1 Docente de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina // Integrante del Equipo de análisis e integración del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. mcnjuarez@yahoo.com.ar

2 Coordinadora general del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea // Integrante del Equipo de análisis e integración del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. contacto@pmbcamisea.com, gimenaaguerre@gmail.com

3 Docente de la Maestría en Turismo Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Argentina // Integrante del Equipo de análisis e integración del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. cetrucco@gmail.com

#### INTRODUCCIÓN

El monitoreo se entiende como un proceso de seguimiento de cambios sobre el estado de un ecosistema en relación a alguna actividad humana específica (Herweg *et al.*, 1999; Feinsinger, 2003) e implica desarrollar medios de captación de información que permitan determinar el estado y los cambios en el ecosistema. Debe ser, asimismo, un proceso que se autorregule o readapte según la información que se va generando.

La observación regular del estado de la biodiversidad se realiza sobre un conjunto de variables previamente definidas o seleccionadas para un lugar y un período de tiempo determinado. El espacio (dimensión del desarrollo) y el tiempo (transcurrido desde un momento de referencia o estado inicial) dan contexto y significación a los resultados, a su interpretación y a la evaluación de posibles escenarios futuros.

Como tal, el monitoreo constituye un medio sistemático de organización e interpretación de datos para el manejo y el planeamiento (McArthur, 1997).

En el caso del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea (PMB) el objeto del monitoreo es la diversidad biológica de la selva en un área sujeta a explotación de hidrocarburos, incluyendo aquellos recursos biológicos que son objeto de uso por parte de las comunidades locales. Específicamente para el Proyecto Camisea (PC), las variables vinculadas a los cambios en la diversidad biológica como consecuencia de las actividades del Proyecto se miden considerando distintos niveles de organización: especies, poblaciones, comunidades y ecosistema.

#### OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA

El diseño del PMB responde a los siguientes objetivos:

- Caracterización del estado de la biodiversidad en el área de estudio en situaciones control (sin intervención del PC) e identificación de variables de referencia para ser monitoreadas.
- Caracterización del estado de la biodiversidad

en áreas con afectación o intervención por parte del PC para identificar cambios o tendencias de cambio en el valor de dichas variables de referencia o variables objetivo.

- Detección de las tendencias más sutiles y a largo plazo en los patrones de biodiversidad.
- Logro de una comprensión más precisa del ecosistema que se está monitoreando y, por ende, de la capacidad para predecir con mayor



exactitud los futuros impactos y adoptar las medidas de mitigación correspondientes.

- Detección de cambios en los recursos naturales utilizados por las comunidades nativas del área del PC.
- Participación de las comunidades nativas en la ejecución del PMB y puesta de la información generada a disponibilidad de estas.
- Apoyo para la toma de decisiones de las empresas.
- Integración de resultados obtenidos, medidas y recomendaciones al sistema de gestión de las empresas.

El PMB consideró los estudios precedentes para la definición de objetivos y diseño general, en particular los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) del Lote 88 (ERM, 2001) y del Lote 56 (ERM, 2004), en los cuales se identificaron potenciales impactos del PC, tomando en cuenta que el monitoreo deberá permitir su evaluación y permanencia en el tiempo. Luego, se realizaron ajustes en función del aprendizaje adquirido y el redireccionamiento de algunos objetivos particulares.

Los principales potenciales impactos que fueron identificados oportunamente sobre la biota terrestre y acuática consisten, en términos generales, en la pérdida y degradación del hábitat, cambios en la riqueza y abundancias relativas de las especies, así como la modificación de la estructura de algunos gremios tróficos, lo que conduce a la modificación de algunos procesos ecosistémicos.

Los aspectos fundamentales del diseño del muestreo que se tomaron en cuenta fueron: la definición de los sitios para realizar el monitoreo de acuerdo con las actividades del PC; la estratificación del muestreo; la aleatorización y la replicación de las áreas y unidades de muestreo en cada sitio de estudio; la definición de las unidades de muestreo empleadas (tamaño y forma); la frecuencia del muestreo; la estacionalidad; y consideraciones de logística y seguridad en el terreno (Soave *et al.*, 2009).

#### Escala temporal

La dinámica de la biodiversidad está íntimamente ligada a procesos ecológicos. Considerando que los cambios no siempre son perceptibles en el corto plazo, solamente la información obtenida mediante el monitoreo a mediano o lar-

go plazo permite su visualización y la evaluación de sus consecuencias.

El PMB fue diseñado para acompañar la operación del PC, contemplando las distintas etapas del Proyecto (construcción, operación y abandono) e inclusive extendiéndose después de la fase de la finalización de la etapa operativa para asegurar que los esfuerzos de restauración ambiental realizados sean efectivos.

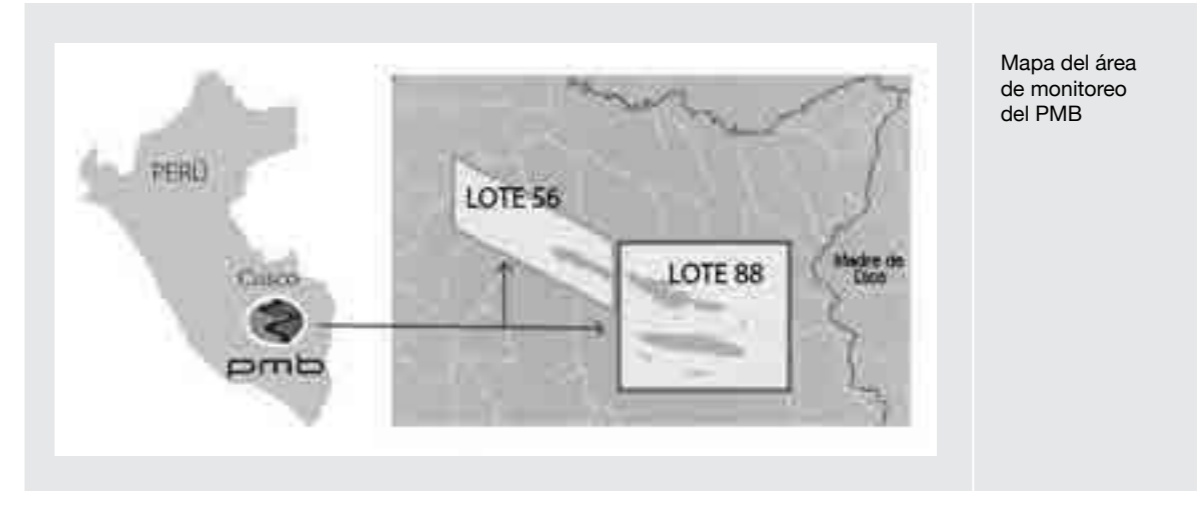
La primera fase en la ejecución del PMB, denominada Línea de Base, tuvo una duración de 5 años (2005-2010) y contempló una serie de evaluaciones que permitieron adquirir conocimientos acerca de la estructura y el funcionamiento del ecosistema, así como permitir la realización de los ajustes necesarios para incrementar la eficacia del PMB, ampliar su capacidad predictiva y aumentar la profundidad del análisis de los cambios e impactos potenciales en la biodiversidad derivados del PC.

A partir del año 2011, el Programa se enfoca en el análisis integrado de la información recabada, el ajuste para el incremento de la efectividad del sistema de monitoreo y la generación de recomendaciones de manejo específicas para el PC.



#### Escala espacial

El área de aplicación del PMB ha sido definida fundamentalmente por la ubicación y extensión del PC, donde el Consorcio Camisea, liderado por Pluspetrol, realiza las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos. El área está circunscrita a los Lotes 56 y 88, y la Planta de Gas Malvinas, ubicados en la Región del Bajo Urubamba, departamento de Cusco (Perú) y alcanza un total de aproximadamente 250 000 ha (Mapa del área de monitoreo del PMB)



#### Componentes monitoreados

El monitoreo se lleva a cabo en 4 componentes: paisaje, biota terrestre, biota acuática y uso de recursos naturales por parte de las comunidades nativas.

El monitoreo del paisaje es un aspecto central del PMB para determinar cambios a gran escala, procesos de conversión de tierras, fragmentación de los bosques, reconocimiento de patrones biológicos a gran escala, entre otros, y constituye una oportunidad única para efectuar los análisis temporales a largo plazo.

Este monitoreo utiliza y analiza imágenes satelitales de alta y media resolución para el estudio regional de los subproyectos del PC, y el mapeo y seguimiento de obras más pequeñas a través de sobrevuelos fotográficos con helicóptero a baja altura cuando se pretende obtener mayor detalle. La información es volcada en mapas temáticos que son administrados desde un Sistema de Información Geográfica, y permiten evaluar distintos aspectos del área del PC.

El monitoreo de la biota terrestre y la biota acuática se realiza mediante evaluaciones sistemáticas y regulares en el terreno que emplea metodologías estandarizadas. Los relevamientos se realizan semestralmente en ambos componentes. El esquema de monitoreo se encuentra basado en el seguimiento de parámetros o variables objetivo de la biodiversidad que pueden ser medidas o descritas y, si se observan periódicamente, exhiben tendencias y cambios a lo largo del tiempo.

La complejidad ecológica del sistema evaluado, así como los potenciales impactos sobre la biodiversidad relacionados con el proceso del PC, demandan la evaluación de una amplia

gama de variables objetivo para el monitoreo que, en el caso del PMB, se cubre a través de la consideración de un conjunto de taxones biológicos (ver más adelante).

El monitoreo del uso de los recursos da cuenta de los cambios que se operan en el acceso y uso de los recursos de la biodiversidad por parte de las familias de las comunidades nativas (CCNN) del área de influencia del PC. Este componente es monitoreado mediante una estrategia metodológica basada en la participación directa de los miembros de los diferentes hogares en función del registro de las actividades de caza, pesca y recolección. El estudio se realiza en comunidades nativas mediante el levantamiento de la información en cuatro momentos del año. Los meses seleccionados corresponden básicamente a la dinámica de las actividades de las familias a lo largo del año y a los ciclos hidrobiológicos.

#### Áreas de monitoreo

El componente de paisaje incluye el monitoreo de la totalidad del área evaluada por el PMB, focalizando su atención sobre algunos sectores referentes a intervenciones y/o potenciales impactos por parte del PC (p. ej., helipuertos). El detalle de la metodología empleada se desarrolla en el Capítulo 3, "Paisaje", de esta publicación.

El sistema de monitoreo para la biota terrestre y biota acuática se basó en la comparación de la biodiversidad de zonas que podrían experimentar el impacto ambiental de las actividades del PC con aquellas en las que la influencia directa de sus actividades es prácticamente nula (áreas blanco). La detección de los cambios se

logra, entonces, a través de la comparación de las variables de referencia o variables objetivo en áreas no impactadas vs áreas sujetas a impacto.

Este diseño, que se denomina “tratamiento y control” (Sillero Zubiri *et al*, 2002), tiene el propósito de asegurar una mayor sensibilidad ante el cambio y una mayor posibilidad de comprensión de los cambios producidos, incluyendo un escenario/plan de tratamiento o prueba (sitios de operación del PC) y otro de control (sitios que no sufren afectación o impactos).

Los sitios evaluados en cada instancia de muestreo de la biota terrestre se seleccionan considerando las necesidades de balancear el monitoreo de áreas blanco y sujetas a impactos por parte del PC, en las distintas unidades de paisaje identificadas: Bosque Amazónico Primario Denso (BAPD), Bosque Amazónico Primario Semidenso (BAPS) y Pacales de Bosque Amazónico (PBA); definidas, estas últimas, por la presencia y abundancia de la bambúsea *Gua-dua* sp., localmente llamada “paca”. Dentro de esta matriz se identificaron áreas con distintos niveles de modificación por la actividad antrópica: desde áreas desmontadas y zonas destinadas a cultivos hasta bosques secundarios en recuperación o “purmas”. Estas áreas, que en su conjunto representan el 4,62% del área total monitoreada por el PMB, se describieron como dos unidades de paisaje: Bosques secundarios (BS) y áreas con intervención humana (AI).

Las posibilidades de acceso e instalación de los campamentos representan, asimismo, restricciones logísticas que condicionan la selección de sitios.

El monitoreo de la biota acuática comprende gran parte de la cuenca baja del río Urubamba, desde la localidad más sureña de Timpía hasta la zona de Sepahua, y abarca gran parte de las cuencas de los ríos tributarios del Urubamba presentes en los Lotes 88 y 56.

En este componente, el criterio mediante el cual se han seleccionado las estaciones de monitoreo ha sido el de sitios con influencia directa o indirecta del PC, y zonas sin influencia o control, designando las estaciones de muestreo bajo el concepto río arriba (control o blanco) y río abajo con potencial afectación de los cuerpos de agua (p. ej., Planta de Gas Malvinas). Para cada situación, se seleccionaron sitios que representaran diferentes tipos de ambiente acuáticos (ríos permanentes, semipermanentes, estacionales).

El monitoreo del componente uso de los recursos naturales considera 3 comunidades nativas: Chocoriari-Ticumpinía, Shivankoreni y Cashiriari y su área de influencia o de uso para las actividades de caza, pesca y recolección. La metodología específica se desarrolla en el capítulo “Acceso y Uso de los Recursos Naturales por las Comunidades Nativas del Bajo Urubamba”, de esta publicación.

## DISEÑO METODOLÓGICO

La identificación y comprensión de los cambios en la biodiversidad exigen un diseño muestral detallado. Este diseño debe incluir la selección de diferentes situaciones, y de grupos (taxones) y/o variables objetivo, así como el desarrollo de protocolos metodológicos específicos, los cuales permiten que el programa de monitoreo sea implementado sobre una base científica sólida.

### Biota terrestre

Como se señaló anteriormente, el monitoreo de las variables objetivo o indicadores de la biota terrestre es un proceso basado en dos aproximaciones metodológicas:

- Comparación de los resultados obtenidos con respecto a una Línea de Base de la Biodiversidad conformada por los estudios previos realizados en el área del Lote 88 (mencionados anteriormente), especialmente en cuanto a los índices de diversidad específica, presencia de especies clave, listas de especies, etc.
- Comparación de las variables objetivo entre áreas de tratamiento (con intervención del PC) y áreas blanco (sin intervención) (Sillero Zubiri *et al*, 2002).



Durante la Línea de Base del PMB, desarrollada en la primera etapa (2005-2010), el diseño del muestreo estuvo orientado a estudiar 3 situaciones diferentes para cada tipo de bosque (BAPD, BAPS y PBA): situación blanco o control (sin intervención del PC), situación con desarrollo puntual (pozos y plataformas de extracción) y situaciones con desarrollo lineal (líneas de conducción o derechos de vía).

Los grupos de biota terrestre evaluados en los primeros 5 años de monitoreo en el área se definieron y/o ajustaron siguiendo las recomendaciones del estudio de *Scoping* del PMB (Sillero Zubiri *et al.*, 2002) y en los resultados del monitoreo plasmados en los Informes Anuales del PMB (Soave *et al.*, 2005, 2006, 2008 y 2009). De este modo, los grupos terrestres estudiados fueron los siguientes:

Para sitios control o blanco

- Vegetación y flora
- Anfibios y reptiles
- Aves
- Mamíferos grandes y pequeños (voladores y no voladores)
- Insectos

Para desarrollos puntuales (Planta de Gas, pozos y helipuertos)

- Vegetación y flora
- Anfibios y reptiles
- Aves
- Mamíferos grandes y pequeños
- Insectos

Para desarrollos lineales (Líneas de conducción o Derechos de Vía)

- Vegetación y flora
- Aves
- Insectos

Para los sitios control o blanco, las muestras se distribuyeron en forma aleatoria e independiente, considerando las peculiaridades y detalles que cada grupo biológico impone. De esta forma y en respuesta a esta consigna, el diseño espacial de las trochas (utilizadas para el desplazamiento de los investigadores en el campo) se extiende aproximadamente 1,5 km en forma

radial desde un punto próximo al campamento base, formando circuitos cerrados donde los investigadores puedan acceder con facilidad. El promedio teórico incluye 8 trochas y el área total de evaluación corresponde a 700 ha en promedio.

En el caso de los desarrollos puntuales (pozos y Planta de Gas) las muestras para cada grupo biológico se ubicaron en sectores impactados (posteriormente a la etapa de construcción); en sectores aledaños de bosque secundario (bosques resultado de la recuperación de áreas deforestadas y alteradas durante la construcción); y en sectores de bosque intactos o parches sin intervención cercanos a la afectación.

Según el grupo evaluado, se analizaron ciertas variables objetivo (p. ej., riqueza, abundancia relativa, densidad de árboles mayores a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), entre otros) para el sitio en su conjunto. El detalle de las metodologías utilizadas para cada grupo y de las variables objetivo registradas se desarrolla en los siguientes capítulos a cargo de los investigadores responsables del grupo en cuestión.

En el caso de los desarrollos lineales (líneas de conducción o derecho de vía - DdV), el esfuerzo estuvo focalizado en detectar y cuantificar el efecto de borde que se genera en la apertura inicial con el nuevo hábitat de transición o contacto con el bosque circundante, para lo cual las muestras se dispusieron de manera estratificada desde el DdV hacia el interior del bosque a diferentes distancias según se tratara de cada grupo evaluado (p. ej., para evaluar la comunidad de aves o ciertos grupos objetivo se trabajó sobre el DdV, hasta una distancia mayor a los 400 m hacia el interior del bosque).



A partir del año 2011 se ha propuesto un redireccionamiento general a nivel metodológico que implica el monitoreo de variables objetivo identificadas para cada grupo de la biota terrestre, de forma que permitan evaluar la dinámica de restauración de las intervenciones (desarrollos lineales y puntuales) derivadas del PC.

Esto implicó contemplar aquellos aspectos estructurales referidos a revegetación y especies/grupos de fauna y flora para situaciones con intervenciones y/o situaciones blanco.

De esta forma, se han seleccionado sitios incluidos en alguna de las 3 unidades de vegetación definidas, y para cada una de ellas, situaciones de intervención puntual y lineal. El monitoreo está organizado para retornar a cada sitio cada 2 o 3 años e ir evaluando su restauración.

Cabe aclarar que la operación del componente Upstream del PC fue concebida con el objetivo de no construir caminos (“*offshore in land*”). Esta metodología se caracteriza por operar cada una de las plataformas de explotación en manera aislada, con logística helitransportada, sin la apertura de vías de acceso, evitando así la generación de rutas de penetración. Finalizadas las obras en los distintos subproyectos, se implementan actividades de reforestación y revegetación para lograr la recuperación de la cobertura vegetal total para las líneas de conducción y parcial (con una superficie mínima operativa) para los pozos. De esta forma, se puede obtener información sucesiva en el tiempo respecto a dichas variables objetivo y así ver el ritmo y las características de la restauración, así como la permanencia de indicadores de afectación.

Por otro lado, para esta etapa de monitoreo la evaluación de las zonas blanco se realiza de manera complementaria, con una frecuencia menor. La decisión de continuar con el monitoreo de áreas sin intervención busca aumentar el conjunto de datos para algunos tipos de bosque, donde el balance del esfuerzo de trabajo programado desde un principio para las diferentes unidades de bosque ha sido parcialmente satisfecho, principalmente porque la representatividad porcentual es diferente para cada unidad de paisaje (p. ej. menor en Pacal de Bosque Amazónico), así como por limitaciones espaciales y logísticas difíciles de superar en áreas tan complejas y de difícil acceso.

Asimismo, continuar con el monitoreo de estas áreas y la caracterización de los ecosistemas correspondientes (unidades de paisaje) sirve como base o marco de referencia para la comparación de resultados en diversos estudios dentro del PMB o fuera de él y como sustento del sistema de alerta ante algún cambio en las variables monitoreadas.

Los grupos de la biota terrestre evaluados en la etapa del monitoreo desde el año 2011 son los siguientes:

- Vegetación y Flora
- Artrópodos: Subfamilia *Scarabaeinae* y Familia *Formicidae*
- Anfibios y Reptiles
- Aves
- Mamíferos Pequeños Voladores (*Chiroptera*)
- Mamíferos Grandes (trampas cámara)

Los grupos fueron seleccionados en función de las necesidades, la relevancia que cada taxa tiene en el área (ya sea por comportarse como un indicador macro o especie paraguas, o por ser relevante para las CCNN del área, entre otros), la capacidad de respuesta y la factibilidad de desplegar una metodología y un esfuerzo de muestreo adecuado y representativo.

La frecuencia de evaluación para cada sitio es de 2 a 3 años y el esfuerzo de muestreo es algo menor que el aplicado en la línea de base biológica. Esto se debe a que el espacio que se está restaurando (*flowline* o sectores no operativos de pozos) es limitado y el número de muestras por grupo debe adaptarse a esta situación. Una parte de las mismas caen en este sector acotado y definido por el desbosque y otra parte en sectores de bosque alledaño y contiguo, el cual debe haber sufrido el impacto de las actividades constructivas, sin que necesariamente haya sido desboscado.

El diseño espacial propuesto se reduce entonces al entorno inmediato del desarrollo (lineal o puntual), de manera que se realiza el seguimiento de la evolución de la recuperación del bosque a lo largo de los siguientes años (2011 en adelante) en estas áreas de “desbosque operativo” y zonas de impacto adyacentes, dentro de la misma unidad (*Figuras 2 y 3*).

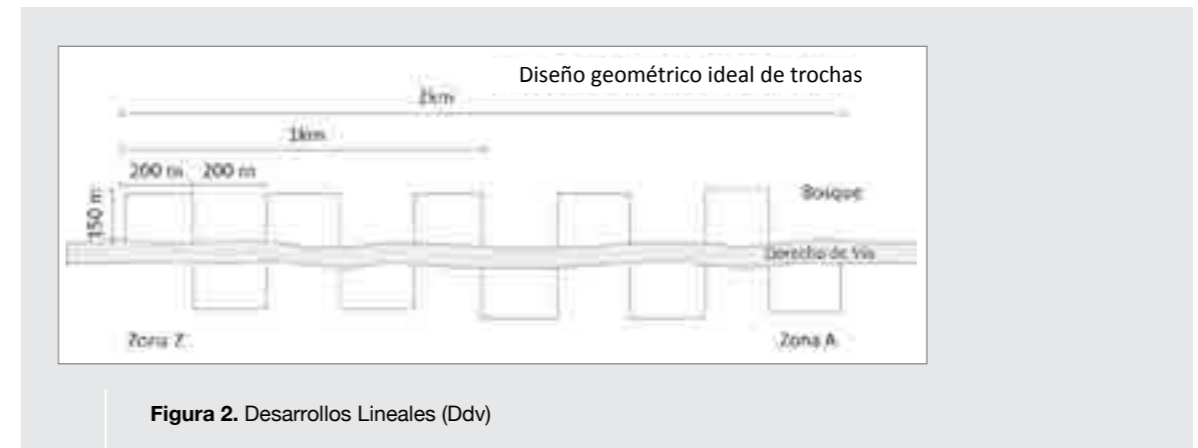


Figura 2. Desarrollos Lineales (Ddv)

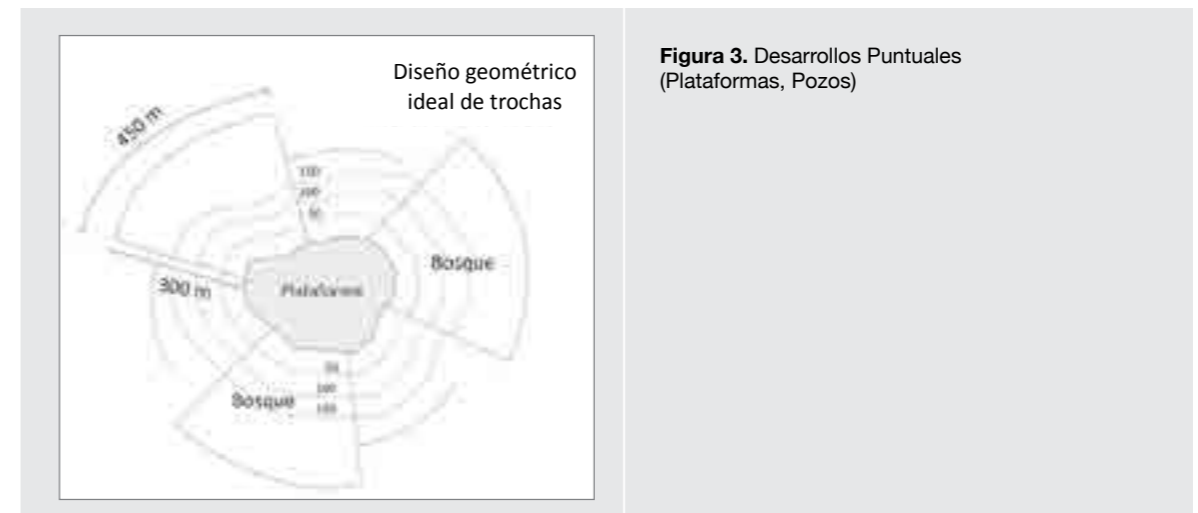


Figura 3. Desarrollos Puntuales (Plataformas, Pozos)

Los sitios control o blanco que se evalúan en esta etapa siguen los lineamientos metodológicos, diseño espacial de trochas y grupos evaluados aplicados durante la Línea de Base (2005-2010), de forma tal que la información obtenida sea equivalente y comparable con el conjunto de datos obtenidos en los primeros 5 años de monitoreo del Programa.

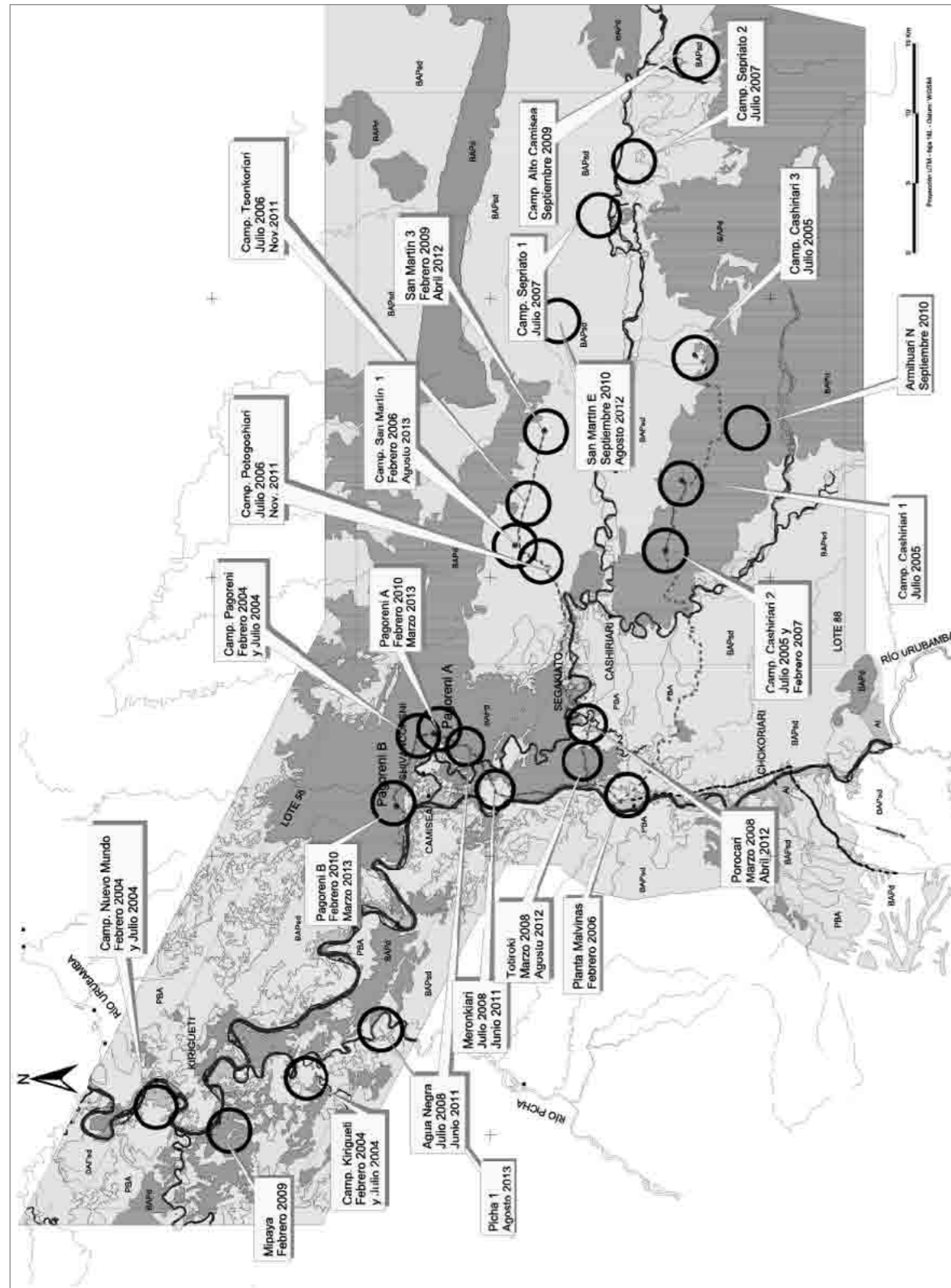
#### Sitios monitoreados para biota terrestre

El diseño de muestreo considera los requerimientos estadísticos, definiendo esfuerzos de muestreo proporcionales a la representatividad de las diferentes unidades del paisaje y similares en las diferentes situaciones monitoreadas (sitios blanco vs intervenidos), para así poder realizar comparaciones entre sitios, temporadas, unidades, etc.

La tarea de selección de sitios para la biota terrestre se realiza inicialmente sobre la base de la interpretación de imágenes satelitales y delimitación de unidades de paisaje, así como

la superposición de mapas con los diferentes componentes del PC en sus distintas fases de ejecución y establecer un esquema metodológico dentro del cual conducir el monitoreo.

La *Tabla 1* presenta la totalidad de los sitios monitoreados por el PMB entre los años 2005 y 2013, a los cuales se hará referencia a lo largo de los diferentes capítulos e incluye el año en el que se realizó el monitoreo, la unidad de paisaje correspondiente y las coordenadas espaciales. Asimismo, se distingue la situación del sitio, sea que se trate de un sitio blanco o con intervención (desarrollo lineal o puntual). Se incluye un mapa de referencia con la ubicación de cada sitio evaluado (ver *Mapa de sitios de monitoreo de biota terrestre*).



Mapa de sitios de monitoreo de biota terrestre

**Tabla 1.** Sitios monitoreados por el PMB entre los años 2005 y 2013

Ref: BAPD: Bosque Amazónico Primario Denso  
 BAPS: Bosque Amazónico Primario Semidenso  
 PBA: Pacal de Bosque Amazónico  
 \* Datum: WGS 84

SITIO DE MUESTREO	(BLANCO/INTERVENCIÓN)	UNIDAD DE PAISAJE	COORDENADA
<b>2005</b>			
Pozos Cashiriari 1 (Lote 88)	BLANCO	BAPD	S11°52'30.84" W072°44'00.19"
Pozo Cashiriari 2 (Lote 88)	BLANCO	BAPD	S11°51'51.17" W072°46'45.58"
Pozo Cashiriari 3 (Lote 88)	BLANCO	BAPS	S11°52'55.72" W072°39'04.37"
<b>2006</b>			
Pozo San Martín 1 (Lote 88)	Locación Pozo SM1	BAPS	S11°46'01.55" W072°46'35.63"
Planta de Gas Malvinas (Lote 88)	Planta de Gas Malvinas	AI, BAPS y PBA	S11°50'16.88" W072°56'42.16"
Potogoshiari (Lote 88)	(Km 24+600) DdV Malvinas-SM3)	BAPS	S11°46'37.46" W072°47'02.97"
Tsonkiriari (Lote 88)	(km 29+300) DdV Malvinas- SM3	BAPS	S11°46'27.02" W072°44'53.07"
<b>2007</b>			
Cashiriari 2 (Lote 88)	BLANCO	BAPD	S11°51'53" W072°46'43"
Sepriato I (Lote 88)	BLANCO	BAPS	S11°49'26.92" W072°33'42.39"
Sepriato I (Lote 88)	BLANCO	BAPS	S11°49'26.92" W072°33'42.39"
Sepriato II (Lote 88)	BLANCO	PBA	S11°49'52.52" W072°31'51.80"
<b>2008</b>			
Totiroki (Lote 58)	(Km 4+500)(DdV Malvinas- SM3)	BAPD	S11°48'46.28" W072°55'14.58"
Porokari (Lote 58)	(Km 7+500+300)(DdV Malvinas- SM3)	PBA	S11°48'58.76" W072°53'47.64"
Meronkiari (Lote 88)	(Km 10+300)(DdV Malvinas-Pagoreni)	PBA	S11°45'19.869" W072°56'16.852"
Agua Negra (Lote 88)	(Km 14+500)(DdV Malvinas-Pagoreni)	BAPD	S11°44'18.863" W072°54'41.962"
<b>2009</b>			
Mipaya (Lote 56)	BLANCO	BAPD, (y BS y BAPS)	S11°34'39.356" W073°09'26.2"
San Martín 3 (Lote 88)	Locación Pozo SM3	BAPS	S11°47'7.652" W072°41'57.733"
Alto Camisea	BLANCO	BAPS	S11°52'12.881" W072°27'53.52"
<b>2010</b>			
Pagoreni A (Lote 56)	Locación Pozo Pagoreni A	BAPD	S11°43'4.747" W072°54'23.593"
Pagoreni B (Lote 56)	Locación Pozo Pagoreni B	BAPD	S11°41'40.079" W072°57'3.129"
San martin este (Lote 88)	BLANCO	BAPS	S11°47'41.47" / W072°37'39.18"
Armihuari- N (Lote 88)	BLANCO	BAPD	S11°54'59.263" W072°41'47.576"
<b>2011</b>			
Agua Negra (Lote 88)	(Km 14+500)(DdV Malvinas-Pagoreni)	BAPD	S11°44'18.863" W072°54'41.962"
Meronkiari (Lote 88)	(Km 10+300)(DdV Malvinas-Pagoreni)	PBA	S11°45'19.869" W072°56'16.852"
Potogoshiari (Lote 88)	(Km 24+600) DdV Malvinas-SM3)	BAPS	S11°46'37.46" W072°47'02.97"
Tsonkiriari (Lote 88)	(km 29+300) DdV Malvinas- SM3	BAPS	S11°46'27.02" W072°44'53.07"
<b>2012</b>			
Porokari (Lote 58)	(Km 7+500+300)(DdV Malvinas- SM3)	PBA	S11°48'58.76" W072°53'47.64"
San Martin 3 (Lote 88)	Locación Pozo SM3	BAPS	S11°47'7.652" W072°41'57.733"
Totiroki (Lote 58)	(Km 4+500)(DdV Malvinas- SM3)	BAPD	S11°48'46.28" W072°55'14.58"
<b>2013</b>			
Pagoreni A (Lote 56)	Locación Pozo Pagoreni A	BAPD	S11°43'4.747" W72°54'23,593"
Pagoreni B (lote 56)	Locación Pozo Pagoreni B	BAPD	S11°41'40.079" W072°57'3.129"
Picha	BLANCO	PBA	S11°40'24.42" W073°42'42.07"
Pozo San Martín 1 (Lote 88)	Locación Pozo SM1	BAPS	S11°46'01.55" W072°46'35.63"

Tabla 1

**Biota acuática**

Para el componente biota acuática, en su etapa de diseño, el PMB consideró como antecedente los resultados, taxones o comunidades de estudio y metodologías utilizadas por el Plan de Monitoreo de Pesca e Hidrobiología (PMPH) desarrollado en la cuenca del río Urubamba desde el año 2003 (PMB, Propuesta de Implementación, 2004). Dicho monitoreo (PMPH) fue incorporado al PMB a partir del año 2005.

Inicialmente, los taxones seleccionados para el estudio de la biota acuática incluyeron la incorporación de las comunidades biológicas en su conjunto. En el marco del manejo adaptativo, en función de la experiencia adquirida, y los resultados preliminares y su respuesta a los objetivos establecidos para el monitoreo, se redefinieron los taxones seleccionados.

De esta forma, los grupos seleccionados para el monitoreo de la biota acuática son:

- Plancton (Fitoplancton)
- Bentos (Macroinvertebrados: Efemeróptera, Plecóptera y Tricoptera),
- Peces
- Perifiton (incorporado como grupo de estudio a partir del año 2012).

Asimismo, se efectúan, complementariamente, mediciones de la calidad fisicoquímica del agua (temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad de caudal, etc.), a fin de reflejar el estado del cuerpo de agua y para disponer de información sobre las variables ambientales durante los muestreos.

**Sitios monitoreados para la biota acuática**

La escala espacial definida para el monitoreo de la biota acuática fue determinada originalmente por la necesidad de un estudio hidrobiológico regional. De esta forma, la escala se definió siguiendo el criterio de cuencas y evaluando sitios aguas arriba y aguas abajo de la zona de influencia del PC. Nuevamente se repitió el concepto de diseño general con la elección de sitios control o blanco, y aquellos con potencial de afectación de los cuerpos de agua.

El área incluye el monitoreo de 5 sitios en las proximidades de 5 CCNN que incluyen 3 estaciones de muestreo cada una (las estaciones corresponden a las monitoreadas por el PMPH 2003-2005). De las localidades evaluadas, dos se definen bajo influencia directa del PC: Shivankoreni y Kirigueti, ubicadas aguas abajo de la Planta de Gas Malvinas; dos localidades

más distantes, aguas abajo, bajo la influencia indirecta del PC: Miaria y Sepahua; y una localidad donde el PC no tiene influencia, localizada aguas arriba de la Planta de Gas Malvinas, considerada blanco o control: Timpia.

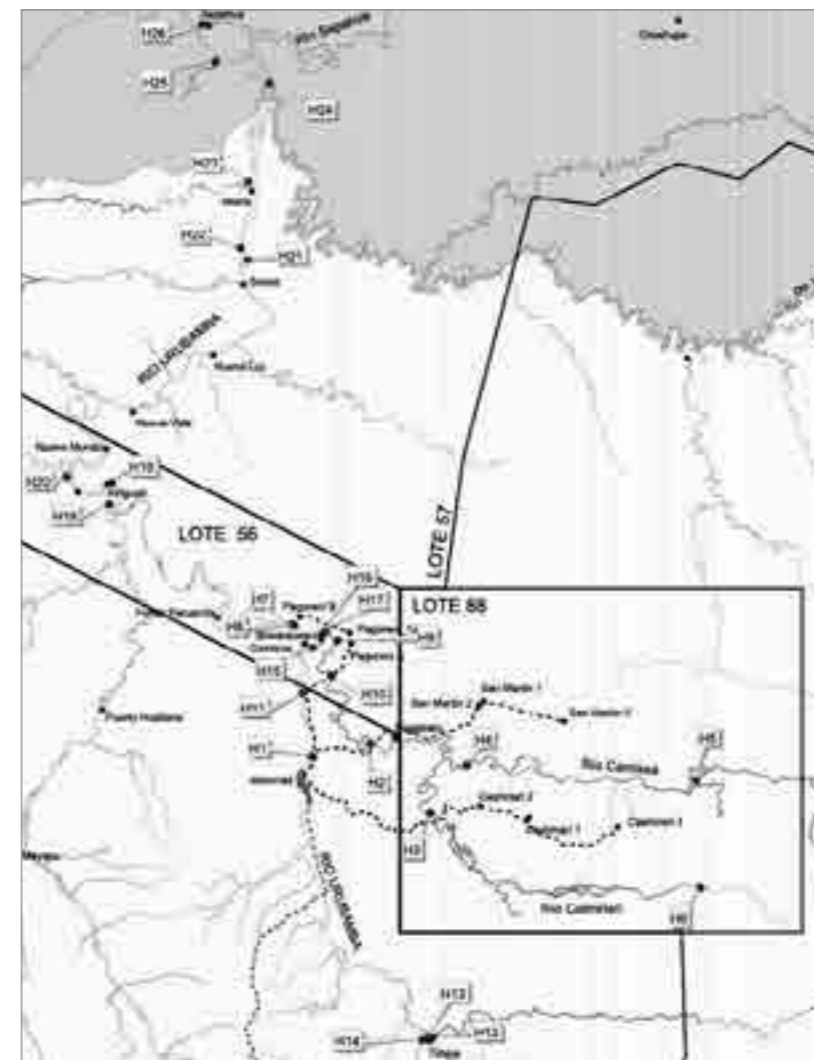
Asimismo, y como parte del diseño de regionalización del monitoreo hidrobiológico, se establecieron estaciones complementarias localizadas en los ríos Urubamba, Camisea, Cashiriari y otros de órdenes menores.

De esta forma, el PMB cuenta con 26 estaciones de monitoreo evaluadas semestralmente coincidiendo con las épocas seca y húmeda, respectivamente.

La *Tabla 2* y el Mapa presentan la totalidad de las estaciones evaluadas para el componente biota acuática (ver *Mapa de sitios de monitoreo biota acuática*).

ESTACIÓN	CCNN	LOCALIDAD	ALTURA (metros)	COORDENADAS (Datum: WGS 84)
H1	Río Urubamba	Río Urubamba	370	S11°49'11.64" W072°56'11.85"
H2	Río Camisea	Río Camisea	378	S11°48'28.61" W072°52'55.30"
H3	Río Cashiriari	Río Cashiriari	411	S11°52'17.30" W072°49'32.89"
H4	Río Camisea	Río Camisea	392	S11°49'34.26" W072°47'30.53"
H5	Río Camisea	Río Camisea	452	S11°50'20.62" W072°34'38.18"
H6	Río Cashiriari	Río Cashiriari	604	S11°56'16.29" W072°34'22.08"
H7	Río Urubamba	Río Urubamba	357	S11°41'54.15" W072°57'21.66"
H8	Río Urubamba	Río Urubamba	360	S11°41'57.49" W072°57'15.07"
H9	Río Camisea	Quebrada Choro	362	S11°42'45.73" W072°54'48.32"
H10	Río Camisea	Río Camisea	364	S11°44'41.91" W072°55'09.57"
H11	Río Urubamba	Río Urubamba	367	S11°45'42.11" W072°56'45.35"
H12	Timpia	Quebrada Shihuaniro	417	S12°04'41.01" W072°49'16.49"
H13	Timpia	Río Timpia	411	S12°04'39.08" W072°49'32.28"
H14	Timpia	Río Urubamba	407	S12°04'50.03" W072°49'51.46"
H15	Shivankoreni	Río Camisea	359	S11°43'10.71" W072°56'12.99"
H16	Shivankoreni	Río Camisea	360	S11°42'23.87" W072°55'39.56"
H17	Shivankoreni	Río Camisea	361	S11°42'14.00" W072°55'28.67"
H18	Kirigueti	Río Picha	336	S11°35'18.10" W073°07'40.60"
H19	Kirigueti	Río Urubamba	335	S11°34'07.29" W073°07'30.74"
H20	Kirigueti	Quebrada Pitoniari	330	S11°33'48.55" W073°10'03.89"
H21	Miaria	Quebrada Shimbillo	309	S11°21'45.40" W072°59'59.26"
H22	Miaria	Quebrada Charapa	307	S11°21'05.33" W073°00'25.32"
H23	Miaria	Río Miaria	301	S11°17'25.52" W073°00'00.37"
H24	Sepahua	Río Mishahua	296	S11°11'59.95" W072°58'50.44"
H25	Sepahua	Qda. Kumarillo	290	S11°10'47.08" W073°01'53.45"
H26	Sepahua	Río Sepahua	276	S11°08'46.98" W073°02'20.23"

**Tabla 2.** Sitios monitoreados para el componente biota acuática



Mapa de sitios de monitoreo para la biota acuática

## Bibliografía

ALONSO, A. & DALLMEIER, F. (ED.). 1998. *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Cashiriari-3 Well site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB series # 2. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C. 298 pp.

ALONSO, A. & DALLMEIER, F. (ED.). 1999. *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Pagoreni well site: assessment and training*. SI/MAB series # 3. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C. 333 pp.

DALLMEIER, F. y ALONSO, A. (eds.). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well Sites*. SI/MAB Series 1, Smithsonian Institution/ MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., EE.UU. 1997.

Environmental Resources Management (ERM). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Desarrollo del yacimiento de Gas de Camisea-Lote 88*. Informe inédito. 2001.

Environmental Resources Management (ERM). *Estudio de línea base del Proyecto de desarrollo del yacimiento de gas de Camisea-Lote 56*. Informe inédito. 2004.

FEINSINGER, P. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Edición FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 2003.

HERWEG, K., STEINER, K. y STAATS, A.J. *Manejo sostenible de la tierra. Lineamientos para el monitoreo del impacto*. Documento de Trabajo V.1. Center for Development and Environment, Berna. 1999. 79 pp.

MARTHUR, H.J. Participatory monitoring and evaluation: passing fad or the logical next step in development methodology? En: Limson-Santos, C. (ed). *Self-assessment: participatory demension of project monitoring and evaluation*. UPWARD. Los Baños, Laguna. 1997.

Programa de Monitoreo de la Biodiversidad (PMB). *Proyecto de Gas de Camisea Zona de Selva (Propuesta de Implementación)*. 2004. (disponible: [www.pmbcamisea.com](http://www.pmbcamisea.com)).

SILLERO ZUBIRI, C., ALBRECHTSEN, L., FERRETTI, V., MARINO, J., PACKER, M.J., PALMADA, F.M., RODRÍGUEZ ACHUNG, M. y SOAVE, G.E. 2002. *Monitoring Biodiversity in Camisea: Scoping Study Report*. Environmental Resources Management Argentina, Buenos Aires, Argentina 497 pp.

SOAVE, G. E., FERRETTI, V., MANGE, G.(eds) 2005. *Informe anual del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Perú*.

SOAVE, G. E., MANGE, G., FERRETTI, V., y GALLIARI, C.A. (eds.). *Informe Anual 2006 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea*. Lima, Perú. 2006.

SOAVE, G. E., MANGE, G., FERRETTI, V., y GALLIARI, C.A. y MANGE, G., (eds.). 2008. *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonía Peruana, Perú, Informe Anual 2007*. 2008.

SOAVE, G.E., MANGE, G., FERRETTI, V. y GALLIARI, C.A. (eds.) 2009. *Diversidad Biológica en la Amazonia Peruana*, Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. 514 pp.

## 3. PAISAJE

### Metodologías para el análisis del paisaje adaptadas a la selva del Bajo Urubamba

#### Guillermo Dias

Consultor independiente, Sistema de Información Geográfico del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea [guillermo.dias@gmail.com](mailto:guillermo.dias@gmail.com)

#### INTRODUCCIÓN

La región del Bajo Urubamba en la que se desarrolla el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea (PMB) abarca gran parte de los sectores meandrosos del río Urubamba y casi la totalidad de los ríos Camisea y Cashiriari. El área presenta desde terrazas fluviales actuales y antiguas hasta sectores de sierra con fuertes pendientes (Sierra de Cashiriari). Dentro de este rango predominan, sin embargo, las colinas de moderada a fuerte disección.

Existen muchas definiciones de paisaje, pero todas incluyen la delimitación de porciones del territorio con cierta homogeneidad (geomorfológica, climática, biológica) y no siempre se hace hincapié en los conceptos de escala y tiempo.

En el año 1986, Forman y Godron definían al paisaje como un área heterogénea compuesta por un conjunto de ecosistemas que interactúan entre sí. Posteriormente se propusieron otras definiciones que incluyen las variables de temporalidad y escala, aceptadas y preferidas por el PMB.

Entre este segundo grupo, el paisaje se define como una porción de espacio geográfico, homogéneo en cuanto a su fisonomía y composición, con un patrón de estabilidad temporal, resultante de la interacción compleja de clima, rocas, agua, suelos, flora, fauna y el ser humano, que es reconocible y diferenciable de otras porciones vecinas de acuerdo con el análisis (resolución) espacio-temporal específico (Etter, 1990; Villarreal H. *et al.*, 2006).

Dos de los factores relevantes para la identificación de paisajes son la cobertura vegetal y la geomorfología, ya que permiten reconocerlos y diferenciarlos unos de otros. Este es un paso esencial en el mapeo de las unidades, que, a su vez, es la etapa inicial y estructural del análisis del paisaje. Las imágenes satelitales y las fotografías aéreas constituyen el insumo primordial de dicho estudio y el uso de unas u otras dependerá de la escala o magnitud del área o evento a monitorear.

#### Atributos del Paisaje

Al referirnos al marco teórico del análisis (y simplificando los términos) se puede decir que una determinada unidad de paisaje resulta de la interrelación de los procesos geomorfológicos específicos que operan a lo largo de cierto periodo de tiempo, la colonización a través de patrones espaciales por parte de los organismos, y las afectaciones a adaptaciones locales de ecosistemas individuales ocurridas en una fase corta (Romero Vargas, M., 2004).

La configuración del paisaje comporta 4 as-

pectos fundamentales: la composición de cada parche o componente; su estructura o los patrones de distribución espacial de los diversos componentes; los procesos o los flujos entre los componentes del paisaje; y su evolución, o el cambio o alteración de la composición, la estructura y los procesos a lo largo del tiempo.

En resumen:

- Composición
- Estructura
- Procesos
- Evolución

La composición se refiere a la identidad y variedad de elementos en un nivel de organización determinado, incluye listados de especies y medidas de diversidad de especies y genes.

La estructura es la organización física o la relación espacial entre los elementos de un sistema, desde la complejidad de hábitats hasta la estructura de parches y otros elementos del paisaje. La estructura a nivel de ecosistemas y paisajes define los límites y barreras que pueden existir para las especies, los cuales pueden impedir a una de ellas en particular cambiar de un hábitat a otro, de modo que puede resultar en una disminución de la diversidad. Así, los límites entre ecosistemas, ya sean naturales o antropogénicos, se convierten en elementos importantes a considerar para el inventario y monitoreo de la biodiversidad (Turner, 1994).

La función (o procesos) involucra el conjunto de eventos ecológicos y evolutivos, las afectaciones y el reciclaje de nutrientes (PNUD, 2003).

La evolución del paisaje hace referencia a la alteración de los otros atributos (composición, estructura y procesos) del mosaico paisajístico a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986) e incluye, además de los cambios por intervenciones antrópicas, a los generados por causas naturales (desbosques por deslizamientos, incendios naturales, etc.) y la respuesta de los ecosistemas a dichas afectaciones (resiliencia, resistencia y estabilidad).

El paisaje condiciona el muestreo y monitoreo terrestre desde el momento en que la unidad

de paisaje es, en sí misma, la unidad de muestreo. Una unidad de paisaje es una porción discreta de la superficie del terreno y, por lo tanto, susceptible de ser identificada y mapeada a una determinada escala.

Es importante resaltar que en el PMB se consideran *unidades de paisaje ecológico* y no unidades de paisaje fisiográfico o geomorfológico, que si bien condicionan la existencia y desarrollo de las unidades de paisaje, no son (como se ha comprobado en los diferentes mapeos del Bajo Urubamba) siempre coincidentes. Es así que existen unidades de paisaje ecológico que abarcan varias fisiografías y, a la inversa, una misma unidad fisiográfica presenta más de una unidad paisajística (ver *Figura 1*).

El tipo de imágenes satelitales y fotografías aéreas que se ha usado en el PMB es, al mismo tiempo, múltiple y de múltiples resoluciones. Esto responde por un lado a la primera característica del área señalada anteriormente, relacionada con la alta nubosidad de la misma. En ciertos casos se varió de tipo de imagen para el mapeo porque debía recurrirse a aquellas que habían, finalmente, capturado la región de interés libre de nubes (resolución temporal de los sensores).

Los cambios entre las imágenes y/o el uso de fotografías aéreas se deben a la variedad de objetivos planteados en el análisis a nivel del paisaje desde el PMB: por un lado, la definición y el mapeo de las unidades primarias o preexistentes al Proyecto Camisea (PC) y que ameritaban carto-

grafiar aproximadamente 250 000 hectáreas (ha) a una escala equivalente de 1:100 000 a 1:500 000 y, por el otro, el mapeo con mayor detalle de las áreas intervenidas (desboscadas) por el propio PC. Esto implicó resoluciones espaciales para escalas entre 1:5 000 a 1:500 y de allí, la necesidad de recurrir a imágenes de alta resolución (Quickbird, Worldview2, Ikonos) y hasta fotografías aéreas.

El Bajo Urubamba conforma una región de la selva con frecuente alta nubosidad. Esta característica constituye una limitante seria en la adquisición de imágenes satelitales. No obstante, no ha sido un impedimento para el PMB, aunque la frecuencia de registros no ha sido continua. En esos casos también se ha recurrido a sobrevuelos fotográficos desde helicópteros, un método que se detalla en el presente capítulo y que proporciona datos cualitativos y hasta cuantitativos para el monitoreo.

**Monitoreo del paisaje en el PMB**

Uno de los objetivos del monitoreo a nivel del paisaje del PMB es caracterizar y realizar el seguimiento de la evolución de los cambios producidos por la intervención del PC y establecer la temporalidad de su recomposición.

El mapeo a escala regional (imágenes Landsat, CBERS2, etc.) se realiza para identificar las unidades de paisaje y definir la estructura de parches del área. Estas, a su vez, sirven para establecer las unidades y sitios de monitoreo terrestre.

Por lo general, los estudios de paisaje se han realizado sobre áreas de moderada a alta intervención antrópica y los indicadores definidos para su caracterización son útiles en el contexto de hábitats fragmentados o relictos (ver *Figura 2*).

Sobre la base de la clasificación de grados de alteración del paisaje de Hobbs y Wilson (1998), el grado de afectación del área del PMB es de un paisaje natural intacto (*Figura 2*). Para el año 2007, considerando no solo el área de intervención del PC sino también el resto de las intervenciones antrópicas (CCNN, colonos, terceros), estas solo llegaban al 2,5% del total del área. En el año 2011, la situación no varió sustancialmente.

El resto del área (o sea el 97,5%) es de bosque primario inalterado en sus distintas unidades paisajísticas. La “matriz” ampliamente mayoritaria es en realidad la misma selva; técnicamente, la unidad matriz es el ecosistema dominante (que en esta región es el Bosque Amazónico Primario Semidenso, con el 45% del total).

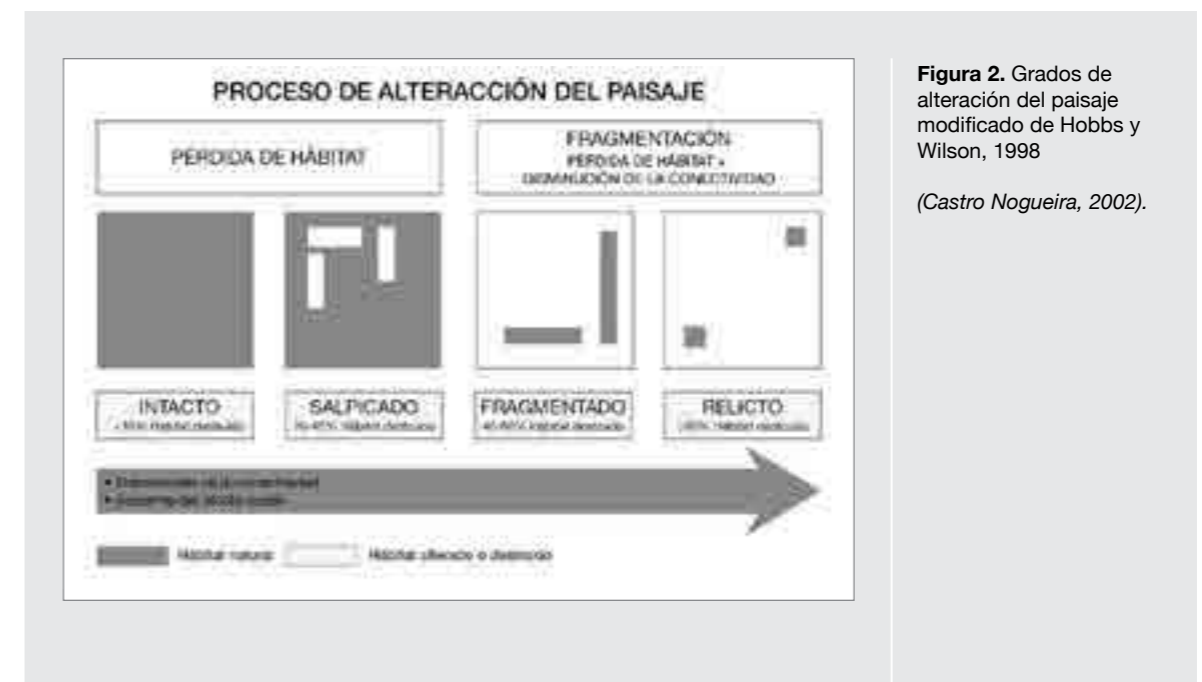
Esta característica o condición es muy importante para definir los objetivos específicos del monitoreo y los métodos usados para cada caso. Por un lado, se realiza una reactualización regional de la cartografía del paisaje (cada 4 o 5 años) con el fin de poner en contexto y guiar el monitoreo a nivel de especies y comunidades, así como también detectar modificaciones de mayor escala.

Por otro lado, se realiza el mapeo y segui-



**Figura 1.** Meseta o alto geomorfológico que contiene dos unidades paisajísticas marcadamente diferenciables: Bosque Amazónico Primario Denso (en tono oscuro) y Pacal de Bosque Amazónico (en tono claro).

A la izquierda, el río Pagoreni; a la derecha, el río Picha.



**Figura 2.** Grados de alteración del paisaje modificado de Hobbs y Wilson, 1998 (Castro Nogueira, 2002).

miento de las afectaciones del paisaje (desbosques) del PC a una escala de mayor detalle y con una frecuencia menor. Los métodos usados varían en este último caso en función de la resolución (tamaño) de la obra o desbosque que se intenta monitorear.

La dominancia, el contagio, la dimensión fractal y la porosidad son otros indicadores usados habitualmente en paisajes donde la matriz de fragmentación es antrópica y que, en este caso, no son aplicables por la condición de bosque muy poco alterado y porque el objetivo se centra en el seguimiento de los cambios producidos por el PC.

comprensible la evolución de cada desarrollo del PC; esto es, se puede comprender y hasta cuantificar los ritmos de revegetación y de “cierre” de cada subproyecto.

Es muy importante destacar que se está analizando la intervención del paisaje y que a este nivel, se considera cerrado cuando el rasgo de afectación ya no es visible o discriminable del resto de la matriz de selva (ver *Figura 3*).

Otra distinción necesaria, vinculada a los subproyectos, y que finalmente impacta en las posibilidades de aplicación de una metodología, es si esa obra o serie de obras pueden ser cla-

minados. En ocasiones se requiere más de 2 años para lograr una toma que cubra toda la obra a mapear, debido a las difíciles condiciones meteorológicas de la selva. Si la afectación en cambio, es lo que se ha denominado como “puntual”, se pueden conseguir más registros y planificar los períodos ya que, además de las imágenes mencionadas, se pueden realizar tomas fotográficas que luego pueden ser escaladas y georreferenciadas.

### PRIMERA ETAPA

#### Antecedentes y adquisición de imágenes

Esta etapa consiste en la revisión de la literatura del área y adquisición de cartografía base (de la compañía, de organismos oficiales, etc.). En ella es importante determinar la escala y, por lo tanto, el detalle y precisión de la fuente de información. Es probable que existan incompatibilidades y desajustes entre las distintas cartografías, por lo cual debe definirse cuál de las imágenes tendrá prioridad temporal o de posicionamiento, vale decir, de tener representado un mismo rasgo o evento, cuál fuente lo tiene más actualizado y posicionado geográficamente en forma más precisa.

Se debe pensar y analizar cuáles serán las imágenes disponibles para el estudio y con qué regularidad se podrán adquirir nuevas del mismo tipo. Como se mencionó, una característica de esta zona es la alta nubosidad a lo largo del año y, en consecuencia, la baja probabilidad de captura de imágenes útiles (limpias de nubes). Es importante para el monitoreo tener estimaciones realistas en este punto con el fin de no establecer frecuencias de remapeos o actualizaciones inviables.

Para el caso de la interpretación regional desarrollada por el se definió que lo más conveniente serían los sensores Landsat, no solo porque cuentan con registros históricos (e inmediatamente previos al PC) sino porque continúan siendo los de mejor resolución radimétrica disponibles. No obstante, se hacen rutinariamente búsquedas sobre otros sensores (Aster, Cbers, etc.), alguno de los cuales han sido usados en ciertos períodos por el PMB.

En cuanto a las imágenes de alta resolución, Pluspetrol había adquirido imágenes Ikonos de los primeros años del PC (2001 a 2005). Las imágenes que se usaron posteriormente poseen el doble de resolución espacial que estas y también son de color real. Las mismas han sido imágenes Quickbird y Wordview2 de resoluciones

de 0,5 a 0,6 metros. Si bien en algunos casos Pluspetrol realizó adquisiciones sobre la totalidad de los lotes, la necesidad y el requerimiento del PMB es principalmente sobre las obras con desbosque del PC (planta de gas, plataformas, derechos de vías, etc.). Es importante tener al menos un registro completo apenas se halla llegado al desbosque máximo de un subproyecto.

Asimismo, además de las imágenes ópticas, es muy útil adquirir en esta etapa los distintos modelos digitales de elevación (DEM por su sigla en inglés). Estos modelos no solo aportan información al momento de la interpretación y mapeo, sino que son muy útiles cuando se debe programar el diseño de trochas de muestreo y recorridos previos a las campañas de muestreo terrestre. Son, asimismo, un insumo imprescindible para la metodología de escalado de fotografías aéreas para los subproyectos de sismica (ver *Sobrevuelos fotográficos con helicópteros*, más adelante).

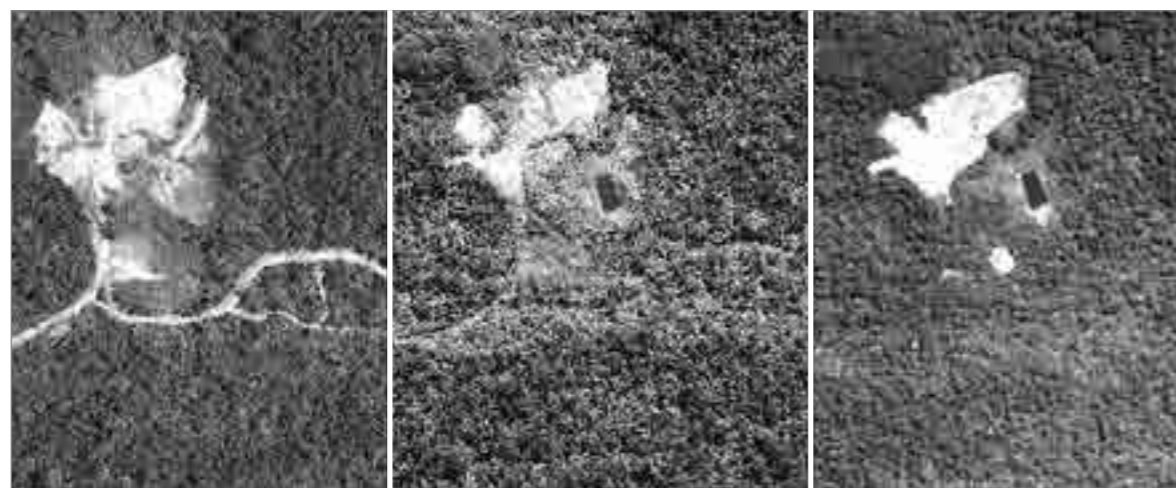
Se pueden adquirir los modelos SRTM, Aster y los que se desprenden como subproductos de la sismica 3D. Es conveniente manejar más de uno y hacer una lectura crítica de los mismos pues, además de diferentes resoluciones, es común que tengan “huecos” de información o errores anormales puntuales (detectables en la comparación).

### SEGUNDA ETAPA

#### Realce, corrección geométrica y georreferenciación de imágenes

Para realizar cualquier monitoreo de paisaje es ideal que las imágenes usadas tengan el mejor ajuste posible entre ellas y, a su vez, entre ellas y la realidad. Esto no siempre es posible en el sector de selva que abarca el PMB. No hay mucha posibilidad de extraer puntos de control buenos y conspicuos en las imágenes de una selva tan poco intervenida. Generalmente, en los casos de georreferenciaciones para realizar una corrección geométrica de imágenes, se puede buscar apoyo en puntos destacados de las imágenes, pero no todos sirven para ese propósito. En zonas urbanas y rurales es común usar cruces de caminos, esquineros de algunas casas, cruces de alambrados o límites de parcelas con diferentes zonas de pastoreo o cultivos, etc. Todo punto sirve si tiene buena definición en la imagen y es detectable sin incertidumbre en el terreno.

Una mayor cantidad de puntos de control, su adecuada distribución en toda la imagen y



**Figura 3.** Secuencia de cierre y recolonización (en algunos casos, total) de la afectación de una plataforma y su derecho de vía asociado, años 2003, 2005 y 2010

### METODOLOGÍA

La secuencia metodológica que sigue a continuación es principalmente aplicable al estudio regional y de detalle de la mayoría de los subproyectos del PC, es decir, sobre imágenes de alta resolución y resolución media. Para el estudio y seguimiento de obras más pequeñas, como los desbosques de las sísmicas, se ha ido desarrollando una técnica ad hoc en base a sobrevuelos fotográficos con helicópteros que se detalla en otro apartado.

El seguimiento mediante mapeo en detalle del PC se realiza discriminando subproyectos individuales. Si bien toda la información es posteriormente integrada, es necesario separarla de esta manera debido a que cada uno ha tenido cronogramas de desarrollo diferentes. De este modo, no solo la adquisición y la captura de imágenes se optimizan, sino que es más

sificadas en puntuales o lineales. Si bien esto puede parecer binario, hace referencia al sector o superficie donde la obra se realiza, ya sea un área reducida (desarrollos puntuales) o de gran extensión, como es el caso de los desarrollos lineales.

Básicamente se distingue entre desbosques para derechos de vía o caminos de acceso por un lado, y para plataformas, campamentos y helipuertos por el otro.

Las herramientas que es posible usar en un caso u otro varían según esta subdivisión. Con ellas también las metodologías y, consecuentemente, las posibilidades de mantener la frecuencia del monitoreo.

Concretamente, si se necesitan imprescindiblemente como insumo las imágenes de alta resolución (este es el caso de los desarrollos lineales), la frecuencia de registro no puede ser asegurada para fechas o períodos deter-



la precisión de la toma (GPS) contribuyen a la calidad final de la corrección geométrica.

La selva del Bajo Urubamba no permite la identificación de puntos con estas características para las imágenes de alta resolución por el mismo hecho de poseer poca intervención humana. Se puede, en cambio, obtener puntos para corregir las imágenes de resolución media. En este caso se prefiere mantener la georreferenciación basada en los parámetros de cada satélite y asumir un cierto grado de desajuste entre las distintas cartografías así obtenidas.

De esta manera, se consiguen precisiones de 20 a 25 metros para las imágenes de resolución media y de menos de 10 metros para las de alta resolución, aunque aquí, al no haberse modificado la geometría interna de las imágenes, los errores presentan un mayor grado de aleatoriedad. Para el caso de las fotografías aéreas subverticales con tamaños de píxeles entre 10 y 5 cm, el error cuadrático medio es de aproximadamente 4 metros (m) si se corrige con puntos de control (de planos de obra o puntos GPS). Las fotografías de helipuertos de sísmica no son corregidas geométricamente sino solo escaladas.

Para los trabajos de campo que requieren un diseño preciso (muestreo estratificado) se deben hacer ajustes locales en base a información de coordenadas de pozos o datos GPS generados en cada caso.

Posteriormente, las imágenes son realizadas para lograr la mejor discriminación posible por tono y color. En el caso de las imágenes Landsat la combinación usada es RGB543, mientras que en las CBERS2 se recurrió a RGB423. Sobre estas últimas, además, se debió realizar un procesamiento más complejo que incluyó: disminución del bandeo (*stripping*) sobre las bandas, generación de imagen sintética (*merge*) entre las bandas 2, 3, 4 y pancromática; corrección geométrica en base a puntos de control extraídos de otras imágenes; y realce en falso color.

### TERCERA ETAPA

#### Interpretación de Imágenes

La calidad de la interpretación de imágenes o fotointerpretación dependerá en gran medida de la experiencia y entrenamiento de la persona que la realiza. Cuando se tiene, asimismo, un co-

nocimiento de la zona (familiaridad con el área), los resultados mejoran y son mucho más confiables. Como ejemplo, el saber cómo evoluciona una chacra<sup>1</sup> desde el momento del desbosque por roce y quema hasta que se transforma en purma<sup>2</sup>, ayudará a la detección de las mismas.

Es importante que la persona que realiza la interpretación tenga siempre presente el o los objetivos finales. Para el caso del PMB, y dentro de este nivel de análisis de paisaje, son:

- Realizar una discriminación y mapeo de las unidades de paisaje a escala regional.
- Efectuar el mapeo y seguimiento temporal de los desbosques del PC (sobre imágenes de alta resolución y fotografías aéreas).

También en el caso regional se realizan cartografías sobre años diferentes, pero aquí los cambios esperables son más lentos y, por lo tanto, las fechas entre cada registro, más espaciadas.

Para el primer objetivo, en esta etapa se realiza la interpretación de las imágenes satelitales Landsat y CBERS2 teniendo en cuenta los estudios previos realizados en la zona. Para el PMB fueron fundamentales los efectuados en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de los Lotes 88 y 56 (ERM, 2001 y 2004).

Es necesario, en este caso, realizar una distinción importante respecto a los antecedentes.

De los dos estudios citados, el mapa presentado en el EIA del Lote 88 que se basa en el Mapa Ecológico del Perú (ONERN) y en los delineamientos de las "zonas de vida" de Holdridge (Holdridge, 1967), tiene el inconveniente de no siempre corresponderse con las unidades que discriminan las imágenes Landsat. Además, en otros se hacen discriminaciones que no se encuentran presentes en dichas imágenes. Esto se debe a que técnicamente es, en realidad, un mapa de vegetación y no de unidades de paisaje; no se desprende, al menos no principalmente, de las distinciones que se pueden ver en las imágenes.

Por el otro lado, en el EIA del Lote 56, la cartografía es producto esencialmente de la interpretación de imágenes satelitales y, por lo tanto, las unidades cartografiadas tienen una mayor coherencia entre las variaciones de tono, color, textura, etc. de las imágenes y dichas unidades. Es por esta razón que la interpretación de unida-

des de paisaje del PMB se basó en este último estudio. Su clasificación se extendió y mejoró (en base a posteriores verificaciones) hacia las 250 000 ha que abarca el monitoreo del PMB en su componente *Upstream*.

La delimitación práctica del paisaje se realizó a partir del examen de las imágenes satelitales en conjunto con la fisiografía emergente de los DEM. En muchos casos, esto ayuda a comprender que no siempre una unidad fisiográfica va apareada a una sola unidad de paisaje (ver *Figura 1*), sino que genera más criterios en el fotointérprete (entrenamiento). Es necesario comprender, entre otras cosas, que algunos aparentes cambios paisajísticos son consecuencia de las distintas posiciones de iluminación de las laderas.

Según Bennema y Gelens (1996), existen 3 fases en el proceso de interpretación de fotografías e imágenes:

**1. Detección, reconocimiento e identificación:** se refiere a la observación directa de los elementos de la imagen, detectando los objetos o elementos y sus formas. Se puede asociar algunos de ellos entre sí por sus características similares y finalmente tratar de identificarlos con alguna de las clases establecidas desde estudios previos. En esta etapa es conveniente centrarse en aquellos sitios donde se presentan agrupamientos en estado más "puro" y donde se tengan mapeos anteriores. De esta manera, se irá confeccionando una caracterización mental de la huella radimétrica de cada unidad.

**2. Análisis:** es la etapa donde se establecen agrupamientos lógicos de los distintos sectores (futuros parches) de acuerdo con los elementos visibles e inferibles. En esta fase se realiza la delimitación de los distintos parches y, consecuentemente, se establecen los grados de tolerancia para marcar los límites en función de dicha huella radimétrica, y de los tipos y clases propuestos.

**3. Clasificación:** se refiere a la clasificación de las unidades resultantes en función del posible esquema definido al inicio (tipo de unidades descritas en publicaciones previas o previos trabajos de campo).

Si bien corresponden a la etapa siguiente, son fundamentales las verificaciones de campo que traerán aparejados una revisión crítica y hasta una vuelta a las fases 2 y 3 descritas anteriormente.

Para el área del PMB se establecieron 5 uni-

dades básicas del paisaje:

- Bosque Amazónico Primario Denso (BAPD)
- Bosque Amazónico Primario Semidenso (BAPS)
- Pacal de Bosque Amazónico (PBA)
- Áreas intervenidas por terceros (AI)
- Bosque secundario (BS)

A las cuales se agregan otras misceláneas o específicas:

- Áreas intervenidas por el PC
- Ríos
- Islas y playones
- Cicatrices de deslizamientos

En la práctica, para la identificación y cartografiado de las unidades el fotointérprete debe tener en cuenta que una fotografía o imagen es un arreglo espacial de tonos de grises (transformados en color si se tienen 3 bandas) que permite percibir y discriminar objetos en base a variaciones o particularidades de tonos/color, texturas, patrones, contexto o asociación y forma. Por ejemplo, una chacra recién rozada puede distinguirse de un playón por su contexto y su geometría. Es necesario mencionar que la escala de los objetos también puede ayudar a su definición.

De todas las unidades listadas anteriormente, hay una de ellas (áreas intervenidas por el PC) que se extrae esencialmente de las imágenes de alta resolución, las cuales sirven además para confirmar o verificar algunos sectores mapeados con las imágenes de resolución media (sectores de chacras, deslizamientos). Si bien las imágenes de alta resolución no poseen tan buena discriminación radimétrica como las Landsat, una vez que se ha entrenado, el fotointérprete puede lograr separar unidades en base al detalle y las figuras o texturas presentes en ella.

En la interpretación de estas últimas imágenes (Ikonos, Quickbird, etc.), el mapeo de los cambios asociados al PC se efectúa discriminando el tipo de obra que se observa o infiere: derecho de vía (DdV), botadero, área de campamento, taludes, deslizamientos inducidos, desvíos, helipuertos. En cada caso se consigna, de otro lado, la situación del suelo en esos sectores (suelo desnudo, con herbáceas o arbustivas o árboles pioneros). Es importante realizar sobrevuelos de reconocimiento y verificación para confirmar algunas de estas características, siempre teniendo en cuenta la diferencia temporal entre la captación de la imagen y el propio sobrevuelo.

<sup>1</sup> **Chacra:** corresponde a una unidad de cultivo. "Del quechua ant. chacra, mod. Chajra, alquería o granja". Diccionario de la RAE, 22ª edición.

<sup>2</sup> **Purma:** Son áreas de chacras que se encuentran en estadios más o menos juveniles y en proceso de regeneración a partir del corte o alteración del bosque primario.

## CUARTA ETAPA

### Sobrevuelos y campo

La calidad del mapa de paisaje, o sea la correspondencia con la realidad, aumenta cuando se verifica en relación a los datos de campo. En este punto vuelve a ser importante que en alguna de estas campañas participe la persona que efectuó la interpretación en gabinete porque eso mejorará el entrenamiento con respecto a las características locales del área.

En el PMB se realizaron, desde su inicio, sobrevuelos de reconocimiento y verificación desde helicópteros para ajustar las primeras interpretaciones. En un principio se efectuaron sobre puntos típicos o de características, nuevamente, más “puras” y luego, a partir de un mejor entrenamiento visual, sobre aquellas zonas con más dudas o incertidumbres.

En este momento y en los demás sobrevuelos fotográficos que se realizan sobre el área con distintos objetivos, es muy útil que el mismo se haga con control GPS permanente y conectado a una computadora. Esto posibilita ver, al mismo tiempo en campo, el aspecto en visualización directa de un sector, mientras se observa la misma área en las diferentes imágenes (de resolución media y alta). El resultado es una poderosa herramienta de entrenamiento para mejorar la interpretación. Lo mismo se puede reproducir en gabinete si las tomas fotográficas del sobrevuelo son luego georreferenciadas con la información de los GPS.

Para el caso del PMB, en los 9 años de implementación se realizaron más de 15 sobrevuelos de este tipo, aunque con diferentes objetivos que, en su conjunto, suman más de 50 horas de vuelo (Figura 4).

La otra verificación de la interpretación, ahora sobre el mismo terreno, está constituida por las campañas de muestreo terrestre (nivel de

especies y comunidades). Aquí se ha podido comprobar, en tierra, la consistencia o no de la interpretación a medida que se realizaban las futuras trochas de muestreo y, posteriormente, con la retroalimentación dada por los propios especialistas en el momento de los muestreos. Téngase en cuenta que se han usado 22 sitios diferentes de muestreo terrestre y que, en promedio, cada uno lleva la concreción de aproximadamente 12 km de trocha (o transectos). Por sí solo, esto constituye más de 250 km verificados en campo.

Si bien en algunos casos las modificaciones efectuadas fueron locales y por ajustes en función de las distintas escalas manejadas, en otros estos ajustes debieron evaluarse críticamente y generaron remapeos a escala regional.

Aunque no pertenece al proceso descrito aquí, se destaca que también para la mejor planificación y diseño de trochas de muestreo terrestre se usaron herramientas y productos de teledetección. Las trochas de muestreo deben cumplir con requisitos establecidos por los protocolos de muestreo (que variaron en las distintas etapas del PMB) pero también con condicionamientos prácticos, entre otros, una determinada longitud y distribución, no solamente para completar correctamente los esfuerzos de los distintos grupos evaluados en terreno sino para asegurar la no interferencia del muestreo entre los distintos grupos. Por otro lado las trochas deben facilitar el desplazamiento a través de ellas (no atravesar grandes pendientes o quebradas) y, en lo posible, generar circuitos para optimizar los tiempos de los especialistas.

La programación de estas trochas se realiza con el análisis conjunto de las imágenes satelitales y DEM.

## QUINTA ETAPA

### Ajuste final de cartografía - cálculos

Durante esta etapa se realizan los ajustes necesarios a la interpretación inicial de acuerdo con la verificación y validación de campo. Las verificaciones de campo no solo se realizan para el ajuste de unidades de paisaje a nivel regional y local, sino también para determinar o verificar los tipos de usos de las áreas intervenidas por el PC (botaderos, helipuertos, campamentos, taludes, etc.) y su condición de reforestación.

Las verificaciones en campo también llevan a determinar si ese desbosque puede ser considerado un área operativa o recuperable. Se entiende por sectores operativos a aquellos que, debido a la característica de la operación extractiva, deben ser mantenidos con escasa vegetación o directamente sin ella (plataformas, algunos helipuertos). Por otro lado, las llamadas áreas recuperables son aquellas en las que, aparte de darse la recolonización de la selva, se realizan prácticas de reforestación para favorecer la recuperación (taludes, botaderos, DdV, helipuertos de sismica). Realizados todos los ajustes y reclasificaciones, se realiza el cálculo de las áreas de cada componente y elemento, para efectuar luego los análisis y comparaciones con su situación en fechas anteriores.

## SOBREVUELOS FOTOGRÁFICOS ESCALADOS

### Monitoreo de desbosques de sismica

Dentro de las actividades del PC se encuentran las campañas de sismica. Estas tienen características, temporalidad y dimensiones diferentes a las demás operaciones. El PMB se ha propuesto una evaluación del estado de las áreas de desbosque realizadas en oportunidad del desarrollo de los proyectos de Sismica en los Lotes 56 y 88, para detectar y monitorear la evolución natural de la cobertura vegetal y/o los usos alternativos que puedan surgir en dichos desbosques.

Las operaciones de proyectos de prospección sísmica incluyen la apertura (desbosque) de áreas para el acondicionamiento de instalaciones básicas: zonas de descarga, líneas de sismica, helipuertos y campamentos volantes. Tanto para la apertura de las líneas de sismica como para las zonas de descarga no se realiza un desbosque completo, manteniéndose el dosel arbóreo superior, por lo que no son materia de este trabajo.

De esta manera los desbosques más importantes se efectúan para la apertura de helipuertos y de algunos campamentos principales. Las dimensiones de estos desbosques (desbosques puntuales) son generalmente menores a media hectárea y es una de las razones por las que no se pueden monitorear desde imágenes satelitales (incluso las de mayor resolución). La otra razón para desarrollar una metodología específica para estas intervenciones es la necesidad de asegurar una frecuencia regular en el registro y el análisis del mismo, ya que se está hablando de desbosques que dejan de ser fácilmente visibles en corto tiempo.

Se pretende, de este modo, llegar a evaluar la reforestación realizada como parte de las actividades de cierre y los procesos naturales de cicatrización de los helipuertos abiertos durante los trabajos de sismica y compararla con las condiciones encontradas en relevamientos anteriores. El otro punto que se analiza es la existencia o no de fenómenos de erosión asociados a estas áreas desboscadas y la transformación de estas superficies para otros usos eventuales, como chacras o zonas de cultivo por los habitantes del lugar (miembros de las comunidades nativas - CCNN).

El PMB ha desarrollado una metodología ad hoc para este propósito que se basa en sobrevuelos fotográficos con control constante de navegación y posterior escalado de toma fotográfica (para simplificar: “sobrevuelos fotográficos escalados”). Los mismos se pueden realizar en cualquier helicóptero desde donde sea posible obtener perfecta visibilidad para las tomas fotográficas de alta resolución, ya sea extrayendo las ventanas laterales o a través de las escotillas del fuselaje de la aeronave (Figura 4). En tales circunstancias, resulta imprescindible contar con medidas de seguridad adecuadas (como el uso de arneses de seguridad con “linga de vida”).

El control del vuelo se realiza con un GPS conectado a una computadora portátil (*notebook*) y uno adicional para los pilotos. Los GPS son configurados para obtener un registro continuo de la posición de la aeronave, y por lo tanto, de la toma fotográfica.

La cámara, a su vez, es sincronizada con los GPS, de tal manera que todas las fotografías puedan ser georreferenciadas. Sobre el software de navegación se vuelcan las coordenadas de los helipuertos para obtener una confirmación *in situ* de los mismos. La altura del vuelo es



Figura 4. Acondicionamiento de helicópteros Bell (izq.) y Mi18 (der.) para la realización de los sobrevuelos fotográficos para la toma de fotografías oblicuas y verticales

controlada a través del altímetro de la aeronave y la triangulación de los GPS.

El plan de vuelo consiste en una navegación a baja altura para detectar los helipuertos y realizar el registro de dos grupos fotográficos para cada uno de ellos. Primero se realiza un sobrevuelo con giro sobre el helipuerto a baja altura (30, 50 m) para lograr las tomas oblicuas y una descripción inicial de las características de la vegetación. Posteriormente, se eleva el helicóptero hasta estacionarlo en la vertical del helipuerto y, de esta manera, conseguir el registro completo del mismo en una toma subvertical. En base a la altura de la aeronave (en relación al terreno) y las distancias focales, se calcula después la escala de estas últimas fotografías.

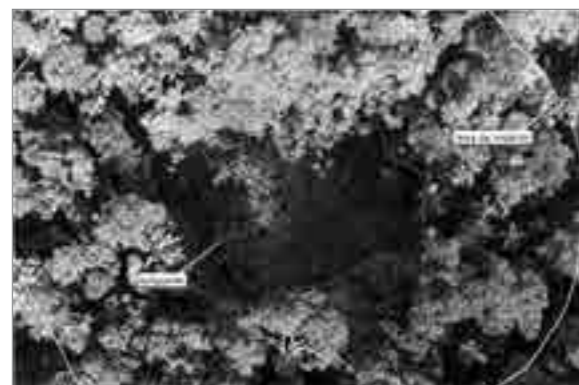
Con las fotos subverticales escaladas se realiza la cuantificación de las superficies de afectación del helipuerto y la comparación con la misma información obtenida en anteriores registros. En la medida de lo posible, se identifican puntos comunes (árboles, arroyos, etc.) en las fotografías de las dos fechas, con lo cual

se minimizan los errores relativos de escalado y, además, se reorientan las fotografías en el mismo sentido, para lograr una mejor comparación entre fechas.

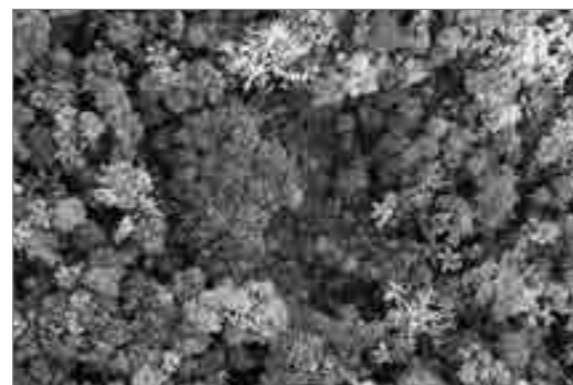
En cuanto al análisis de la vegetación, se utilizan durante el sobrevuelo las siguientes variables objetivo o indicadores para evaluar los helipuertos:

- Porcentaje de cobertura de la vegetación.
- Porcentaje de cobertura de paca (*Guadua* spp) con relación a otras especies arbóreas observables.
- Tipo de bosque predominante que circunda el emplazamiento del helipuerto o campamento.
- Altura media de la vegetación, calculada a partir de las fotografías oblicuas en función del porcentaje de altura con respecto a los árboles circundantes por fuera del desbosque original.
- Porcentaje de suelo desnudo como una función inversa a la cobertura.

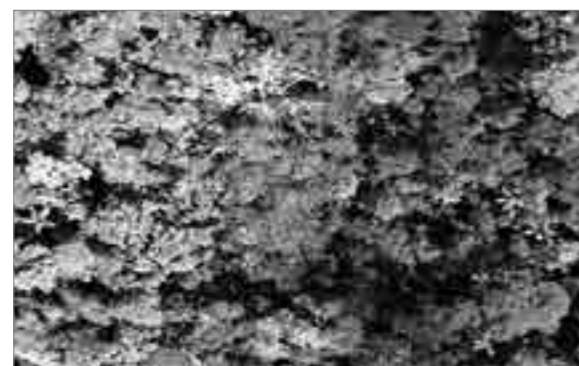
2006 - vertical



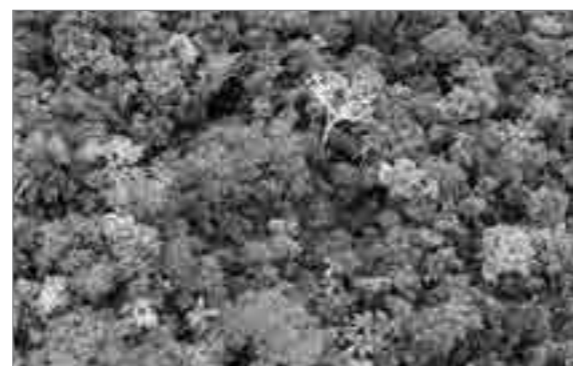
2009 - vertical



2012 - vertical



2012 - oblicua



**Figura 5:** Fotografías escaladas para el seguimiento de la recolonización de un helipuerto

Solo la cuarta fotografía (oblicua) no está escalada. Sirve para describir el tipo de vegetación y la altura del dosel secundario con respecto a la del dosel no afectado.

- Presencia o no de procesos erosivos visibles.
- Existencia de procesos de ocupación de estas áreas abiertas.
- Configuración vegetal del nuevo dosel.

Luego de escalar las fotografías verticales, se delimita el área afectada aún visible (desbosque original) y se comparan estos valores con los extraídos en registros anteriores. De esta manera se puede seguir la evolución del desbosque original hasta la recomposición del dosel arbóreo (Figura 5).

Esta metodología, además de lograr resoluciones espaciales que oscilan en pixeles entre 5 y 2 cm, presenta la ventaja de visitar o registrar el sitio en fechas programadas. Como se vuela generalmente por debajo de las nubes (si están presentes) el registro se puede concretar mientras la luminosidad sea suficiente para la sensibilidad de la cámara.

## DISCUSIÓN

Las técnicas y productos en teledetección han sido usados desde hace décadas en una variedad de estudios referidos a los procesos que ocurren sobre la superficie terrestre. Desde fotografías aéreas para planificación y catastro urbano hasta imágenes satelitales usadas para prospección y exploración minera, la variedad de usos y productos ha sido inmensa. A partir de la irrupción de la familia de satélites Landsat en la década de 1970, no solamente se alcanzó a ver lo “no visible” (sensores sobre gran parte del espectro electromagnético) sino que se pudo empezar a hacer un seguimiento de cambios a costos sensiblemente más bajos y con las regularidades deseadas (registros periódicos y programados de una región).

Cuando en 1993 se levantan las restricciones para la teledetección comercial, comienza una nueva etapa con el desarrollo de satélites de alta resolución. Ya en 1999, se pone en órbita el satélite Ikonos con una resolución pancromática de 1 m. A su vez, estos satélites (y sus sagas) comenzaron a disminuir los tiempos de visita (resolución temporal), pasando de los aproximadamente 16 días que tienen los de resolución media (Landsat, Aster, Spot, Cbers) a un promedio de 3 días (Quickbird-Worldview, Geoeye). De esta manera, las posibilidades para realizar monitoreos con dichos productos fueron

aumentando considerablemente.

Todos estos adelantos y ventajas empiezan a tener fuertes limitaciones cuando se plantea un monitoreo de paisaje en una región selvática de las características del área de Camisea y una actividad como la desarrollada por el PC (con algunos desbosques menores a 0,5 ha).

Como características condicionantes propias del área sobresalen la casi constante cobertura nubosa de la zona y la situación y dinámica de su bosque. La fuerte nubosidad impide captar imágenes a tiempos regulares y a veces en forma completa, tanto con imágenes de resolución media (para los monitoreos regionales) como de alta resolución (para el mapeo de más detalle).

Este inconveniente para el monitoreo regional no puede ser subsanado mediante otros productos, puesto que si bien en el PMB se hicieron pruebas de mapeos a partir de imágenes radar, las mismas no poseen el poder de discriminación del paisaje que sí tienen las imágenes ópticas. No obstante, en la práctica, se consiguieron imágenes limpias de nubes para el *Upstream* en los años 2001, 2007 y 2011.

Esto significa una reactualización del estado regional, cada 5 años aproximadamente, lo cual es un período aceptable (si bien convendría que sea menor) para una selva prístina como la del Bajo Urubamba. La puesta en funcionamiento, a principios de 2013, del satélite Landsat 8 permite augurar la reducción de estos tiempos puesto que se duplicaría de este modo la frecuencia de visita. Dicha característica se debe a que tales imágenes siguen siendo las de mejores características espectrales al momento del mapeo de las unidades paisajísticas primarias. El inconveniente, sin embargo, seguirá siendo la imposibilidad de dar certeza a esa periodicidad.

A lo largo de estos años de implementación del PMB, se ha demostrado que el mapeo y seguimiento a nivel regional, no a partir del concepto de unidades de vida o unidades fisiográficas sino de unidades de paisaje ecológico, son los más apropiados. Y a su vez son las imágenes Landsat los mejores productos para dicho mapeo. La buena correlación comprobada en los 23 sitios de muestreo terrestre (únicamente para el *Upstream*) con la cartografía interpretada bajo este concepto desde las imágenes Landsat, así lo demuestran.

La evolución de las áreas afectadas del bosque, ya sean naturales (deslizamientos) como antrópicas (chacras, PC u otros terceros), se realizó a partir de las imágenes de mayor re-

solución y con sobrevuelos fotográficos. Estos productos han expuesto su eficacia para el seguimiento de dichas áreas. De esta manera se ha podido mapear y contabilizar el 100% de las afectaciones sobre el paisaje del PC. No se trata entonces de un muestreo estadístico, sino de un censo.

El monitoreo a partir de la separación de subproyectos y no exclusivamente del total del PC sirvió para entender la dinámica de recuperación de cada unidad de paisaje primaria y los ritmos de cierre de cada sector del proyecto. Estos ritmos han sido de reducciones de un 15% anual, hasta la estabilización sobre las áreas operativas (plataformas, válvulas, helipuertos, etc.). Un derecho de vía termina prácticamente cerrado en aproximadamente 7 u 8 años.

Por otro lado y a causa de la fuerte dinámica de crecimiento y regeneración propios del bosque, se comprueba que las imágenes de alta resolución también tienen un límite. En un sector desboscado en pocos años se genera un dosel secundario que, al alcanzar altura similares al bosque circundante, ya no puede ser discriminado por las imágenes. La imposibilidad de realizar georreferenciaciones de precisión submétrica en la selva impide la verificación confiable de dichos bosques secundarios.

Aun afectaciones puntuales de la selva, menores en tamaño a una plataforma pueden ser

monitoreadas en su proceso de revegetación. Como dichos desbosques ya son demasiado pequeños también para las imágenes de más alta resolución, estos pueden seguirse y cuantificarse a partir de “sobrevuelos fotográficos escalados”. Esta técnica permitió la constatación del estado de revegetación de 71 helipuertos del programa de sismica del 2002 en el Lote 88 y el monitoreo cada 3 años de 31 helipuertos de la sismica del 2005 del Lote 56. Esto significa el 96% de los helipuertos del Lote 88 (3 no pudieron ser alcanzados debido a las condiciones meteorológicas y elevadas alturas) y el 100% de los del Lote 56 que implicaron desbosques (existieron 13 que se hicieron sobre el lecho de los ríos o en zonas ya intervenidas por colonos y por lo tanto no implicaron un cambio en el paisaje).

El mapeo de la totalidad de las áreas intervenidas por el PC (440 ha en el 2007, 360 ha en el 2011 y aproximadamente 460 ha en el 2013) permitió comprobar el muy bajo porcentaje que representan no solo sobre el área total del PMB (250 000 ha) sino, además, en comparación con las demás áreas intervenidas por terceros (CCNN, colonos y otros - 5500 ha en el 2007). A su vez, el mapeo de la totalidad de las áreas intervenidas comparadas con los bosques primarios permite catalogar a toda la región como de paisaje natural intacto.

## Bibliografía

- BENNEMA, J. y GELENS, H. F. *Aerial photointerpretation for soils surveys*. Revisions: A. Fashad. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Netherlands, 1996. 74 pp.
- CASTRO NOGUEIRA, H. *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), 2002. 248 p. <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/46019.html>
- HOLDRIDGE, L.R. *Life zone ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica, 1967.
- Environmental Resources Management (ERM). “*Estudio de Impacto Ambiental y Social Lote 56*”. Realizado para Pluspetrol Perú Corp. ERM, 2004.
- Environmental Resources Management (ERM). “*Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Desarrollo del Yacimiento de Gas de Camisea-Lote 88*”. 2001.
- ETTER, A. *Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales*. IGAC. Bogotá, Colombia, 1990. 90 pp.
- FORMAN, R.T.T. y GODRON, M. *Landscape Ecology*. John Wiley y Sons. Canadá, 1986. 619p.
- HOBBS, R. J. y WILSON, A.M. *Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation Objectives*. Pp. 265-79 in *Key Concepts in Landscape Ecology*, Preston (UK): 1998. J.W. Dover & R.G.H. Bunce.Kemp, J. C. y G. W. Barrett. 1989. “Spatial Patterning: Impact of Uncultivated Corridors on Arthropod Populations Within Soybean Agroecosystems.” *Ecology* 70 (1):114-28
- Manual de inventarios y monitoreo de la biodiversidad*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, El Salvador. 120 p. [http://www.pnud.org/sv/2007/content/view/27/83?id\\_public=51](http://www.pnud.org/sv/2007/content/view/27/83?id_public=51) PNUD. 2003.
- ROMERO VARGAS, M. *Análisis de los cambios en la estructura del paisaje de L'Alt Empordà en el período 1957-2001*. Tesis Doctoral. Universidad de Girona, 2004. 330 p.
- TURNER, S.J. *Scale, observation and measurement: critical choice for biodiversity research*. En: Boyle TBJ y Boontawee B 1994, Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forest. Proceedings of IUFRO Symposium held at Chiang Mai, Thailand, 1994. 97 – 111.
- VILLAREALI H., ÁLVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M. y UMAÑA, A.M. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición. Bogotá, Colombia, 2006. 236 p.

## 4. VEGETACIÓN

---

### **Metodologías para el monitoreo de la vegetación en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad**

#### **Wilfredo Mendoza Caballero**

Investigador Asociado al Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos // Profesor de la Facultad de Ingeniería Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae // Coordinador de Vegetación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
wilfredomen@gmail.com

#### **INTRODUCCIÓN**

La cuenca amazónica alberga la mayor diversidad vegetal del planeta; para ella se han descrito más de 30 000 especies que representan un tercio de las existentes en toda América del Sur (Martín, 2011). Para el año 2003, se habían reportado 18 652 especies para la flora peruana, incluidas las gimnospermas y angiospermas (Ulloa-Ulloa *et al.*, 2004); para la Amazonía peruana se indica la presencia de 6237 especies, distribuidas en 1406 géneros y 182 familias, que corresponden al 36,3% de la flora peruana (Vázquez y Rojas, 2004).

Los bosques montanos de la vertiente oriental andina y el bosque muy húmedo premontano, ubicados en el rango altitudinal entre 500 y 3500 msnm, albergan el 42% de la flora endémica de Perú. Por su parte el bosque húmedo amazónico, ubicado por debajo de los 500 m de altitud, es el hogar del 13% de la flora endémica del país (León *et al.*, 2007).

El área donde se desarrolla el Proyecto Camisea (PC) se encuentra en la cuenca del río Urubamba, formado principalmente por bosques premontanos. Por localizarse a altitudes menores a 1000 msnm, estos bosques tienen mucha similitud, en cuanto a estructura y composición, a los bosques húmedos de las llanuras de la Amazonía (Gentry, 1995).

El Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea (PMB) evalúa desde el año 2005 el estado de la biodiversidad biológica y su evolución en el área del PC (Soave *et al.*, 2005). Para esta región premontana del sudeste del Perú, el PMB ha definido claramente la presencia de 3 unidades de vegetación: el Bosque Amazónico Primario Denso (BAPD), el Bosque Amazónico Primario Semidenso (BAPS) y el Pacal de Bosque Amazónico (PBA). Se distinguen, asimismo, dos unidades de origen antrópico: el Bosque Secundario (BS) y las Áreas Intervenidas (AI), que corresponden a ambientes transformados por los pobladores del Bajo Urubamba (Soave *et al.*, 2009).

Estas unidades de vegetación hospedan una alta diversidad de flora que es de gran importancia por conformar nichos para el desarrollo de una gran variedad de especies de fauna. El PMB tiene la finalidad de conocer el estado de la diversidad florística de esta área y detectar los cambios en ella, a la vez que generar recomendaciones para evitar, minimizar y/o corregir impactos sobre la flora (Soave *et al.*, 2009).

El presente capítulo tiene como objetivo presentar, en forma detallada, las diferentes metodologías utilizadas por el PMB para alcanzar sus metas con respecto al estudio de flora en áreas blanco y en áreas intervenidas (desarrollos puntuales en pozos o desarrollos lineales a lo largo del gasoducto) por la operación del PC.

Como se menciona en el capítulo sobre “Diseño General del Programa y Marco Metodológico” de esta publicación, este esquema de muestreo (áreas blanco vs áreas intervenidas) tiene la finalidad de permitir la comparación de resultados y evaluación de las desviaciones y cambios en áreas afectadas por el Proyecto respecto de aquellas que no han sido intervenidas directamente. A su vez, este esquema se replica también, de manera compensada, en cada una de las unidades de vegetación mencionadas anteriormente.

El trabajo que se presenta detalla el diseño metodológico actualmente utilizado y probado, además de discutir los cambios efectuados y las razones que motivaron dichos cambios. Los ajustes metodológicos realizados en este período de casi 10 años de monitoreo de la vegetación han contribuido a optimizar la eficiencia del esquema metodológico, constituyendo un aporte importante para otros estudios de similares características en la zona.

## METODOLOGÍA

### Monitoreo en áreas blanco

La selección de los puntos de muestreo en áreas blanco se basó principalmente en dos criterios: a) que no presenten ningún tipo de alteración por parte del PC y b) que se desarrollen completamente en alguno de los 3 tipos de unidades de vegetación definidas por el PMB.

La evaluación del componente vegetación se realiza a través de parcelas de un tamaño establecido, recopilando información de árboles, arbustos y hierbas a través de diversos parámetros y subparcelas.

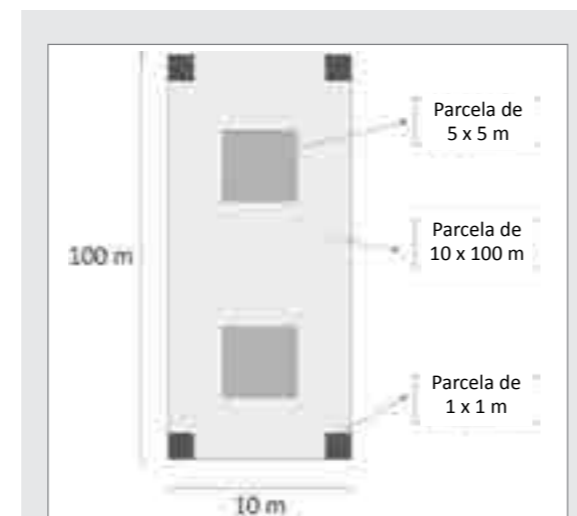
Las primeras evaluaciones forestales que se realizaron en la Amazonía peruana y de todo el recurso forestal del Perú fueron llevadas a cabo entre los años 1961 y 1975 por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales Renovables (ONERN) y la Universidad Agraria La Molina, instituciones que utilizaron parcelas para tales evaluaciones. Los resultados obtenidos dieron origen al primer mapa forestal del Perú (Malleux, 1975). En el año 1987 se realizó un inventario de los recursos forestales para el Bajo Urubamba en el que se define que estos bosques están asociados a "pacales" (ONERN, 1987). Por su parte, antes del inicio del PMB, entre los años 1997 y 1999, el Instituto Smithsonian evaluó la diversidad biológica en la región baja del río Urubamba (Dallmeier y Alonso, 1997, Alonso y Dallmeier, 1998 y 1999), usando la metodología de Wittaker modificada, que es una variante de las parcelas anidadas en la cual pueden evaluarse árboles de diferentes clases diamétricas, así como otras plantas con diferentes formas de crecimiento. El tamaño de la parcela mayor utilizada en este estudio fue de 50 x 20 m (Comiskey *et al.*, 1999; Stohlgren *et al.*, 1997, Stohlgren *et al.*, 1995).

La metodología usada por el PMB corresponde a un tipo de parcela anidada. Este método tiene una gran ventaja: permite estimar la relación entre la riqueza de especies y el área de la parcela.

La ubicación de cada parcela mayor se realiza al azar en toda el área de muestreo en cada localidad e incluye los siguientes datos genera-

les: nombre de la localidad de muestreo, estación de muestreo (época seca o época húmeda), fecha de muestreo, unidad de vegetación, coordenadas geográficas, altitud, pendiente, cobertura de "paca" (*Guadua weberbaueri* o *Guadua sarcocarpa*) dentro de las siguientes categorías porcentuales: 10%, 25%, 50%, 75% o 100%.

La parcela mayor es de 10 x 100 m. Dentro de esta parcela, se evalúan otras 2 de 5 x 5 m y 4 parcelas de 1 x 1 m (ver *Figura 1*). Se detallan a continuación las tareas específicas en cada unidad muestral.



**Figura 1.** Esquema de ubicación de las subparcelas en áreas blanco

En la parcela mayor de 10 x 100 m se realizan los siguientes procedimientos o mediciones: a) evaluación de todos los individuos arbóreos con DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 10 cm; b) determinación de la especie en campo de cada individuo (cuando no es posible su identificación de esta forma, se realizan colectas para su identificación en gabinete); c) medición del perímetro de todos los ejemplares; d) estimación de la altura total de cada árbol; e) observación del estado fenológico de los árboles distinguiendo entre las siguientes categorías: vegetativo, flor y/o fruto; f) cobertura de paca

dentro de las siguientes categorías porcentuales: 10%, 25%, 50% o 75%, registro del nombre en *matsigenka* y uso por las comunidades nativas (CCNN).

En cada localidad evaluada, el esfuerzo de muestreo corresponde a 10 parcelas de 10 x 100 m, que suman un total de 1 hectárea de muestreo. Según los análisis de la curva de acumulación de especies, considerando las localidades evaluadas en las diferentes unidades de vegetación, se logra alcanzar el punto de inflexión de la curva.

Una vez evaluados los árboles en la parcela grande, se establecen 2 subparcelas de 5 x 5 m, donde se registran las siguientes variables: a) evaluación de todos los árboles delgados con DAP menor a 10 cm hasta diámetros de 1 cm de DAP; b) determinación de la especie; y c) medición de DAP y altura total.

En cada subparcela de 1 x 1 m se registran los siguientes datos:

a) Estimación de la cobertura de suelo, arbustos y hierbas. Se registran los datos correspondientes tomando en cuenta que las hierbas se separan en 3 grupos biológicos: helechos, pastos (que agrupan principalmente las especies de la familia Poaceae y Cyperaceae) y otras hierbas. La cobertura de la vegetación por tipo biológico se evalúa de acuerdo a las siguientes categorías, lo que corresponde a una modificación del método de Braun-Blanquet para medir la cobertura y abundancia (respecto del suelo desnudo) (Braun-Blanquet, 1932): hasta 10% de la parcela ocupada por vegetación, 10-24% de vegetación, 25-50% de vegetación, 50-75% de vegetación y más de 75%.

b) Altura promedio estimada de cada tipo biológico (en metros).

c) Identificación de la especie y contabilización de aquellos renovales de especies arbóreas que no tienen un DAP medible.

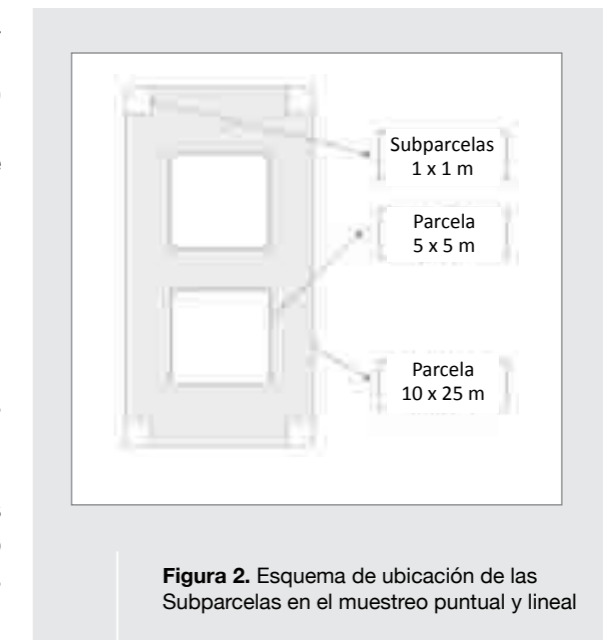
### Monitoreo en áreas intervenidas por el Proyecto

El PMB ha definido una metodología específica, ya sea para desarrollos lineales (derecho de vía) o desarrollos puntuales (pozos/plataformas), a fin de monitorear, en forma continua en el tiempo, la dinámica de restauración y/o permanencia de disturbios directos o indirectos vinculados al PC.

El diseño actualmente empleado está basado en la disponibilidad del espacio para la ubicación de las parcelas de muestreo, la previsión

del alcance de los impactos, la sincronización de muestreo de los grupos biológicos de fauna que se evalúa en cada localidad y la experiencia acumulada del PMB desde el año 2005, cuando inició sus evaluaciones en la zona.

El monitoreo de la vegetación tanto para el muestreo puntual (pozos) como lineal (*flowline*) se desarrolla mediante parcelas (*Figura 2*). En cada una de estas parcelas se toman los mismos datos generales que son registrados en las parcelas de áreas blanco.



**Figura 2.** Esquema de ubicación de las subparcelas en el muestreo puntual y lineal

Durante los primeros 5 años de desarrollo del PMB (2005-2009) se recabó información para establecer una línea de base para el monitoreo de las áreas intervenidas usando parcelas anidadas cuyo esfuerzo de muestreo estuvo basado en las recomendaciones surgidas en los talleres realizados en Lima en diciembre del 2003. En esta instancia, uno de los criterios para la determinación de la longitud del derecho de vía (DdV) que debía ser evaluado en las tareas de campo era del 5% de la longitud total del DdV en ese entonces instalado para la zona de la selva del PC, y que correspondía aproximadamente a 900 m. Por otro lado, se puntualizó que debía evaluarse, en fase de prueba, si el tamaño planteado de la muestra era el adecuado.

Al inicio del PMB se estableció que el tamaño de las parcelas sería de 10 x 25 m. Las parcelas se ubicaban en transectos con orientación perpendicular al DdV. Cada transecto estuvo formado por 5 parcelas que se dispusieron de la siguiente forma: la primera, ubicada en la franja

central del DdV; la segunda, en la franja lateral interna del DdV; la tercera, en el borde interno de la selva adyacente, a 5 m del borde interno del DdV; la cuarta, en el interior de la selva, a 20 m del borde; y la última, en el interior de la selva, a 50 m del borde del DdV. El esfuerzo incluyó un número de 12 transectos separados cada 100 m (Soave *et al.*, 2009).

A partir del año 2008, por no registrarse información relevante en la segunda franja, se decidió realizar únicamente 4 parcelas por transecto hasta el año 2010. El objetivo principal fue la evaluación del DdV y el estado del bosque aledaño.

Apartir del año 2011, habiéndose definido en base a la información hasta ese momento recabada, que el alcance del efecto de borde para el componente vegetación se extendía hasta los 30 m desde el borde del DdV, se decidió restringir la evaluación de la vegetación en el área impactada tanto en el DdV como en los pozos, determinándose un esfuerzo total de muestreo de 0,75 ha para estas áreas, superficie que se alcanza en la línea de inflexión en la curva de acumulación de especies.

El tamaño de las parcelas establecido para áreas intervenidas por el Proyecto es de 10 x 25 m y se evalúan las siguientes variables: a) medición de todos los árboles con DAP mayor a 10 cm; b) marcado de aquellos ejemplares que, por colonización natural o por reforestación, alcancen ese DAP (con una placa de metal permanente, numerada y fijada con un clavo) de manera de poder monitorear su permanencia y crecimiento en el tiempo; c) esquema gráfico de la distribución en el espacio de cada árbol, de manera de facilitar la ubicación de los individuos en futuras evaluaciones y georreferenciación de cada parcela en la parte media; d) determinación de la

especie de cada individuo (cuando no es posible su identificación en campo, se realiza una colecta de muestras para su identificación en gabinete); e) medición del perímetro de todos los ejemplares; f) estimación de la altura total de cada árbol; g) observación y registro del estado fenológico de los árboles, distinguiendo entre las siguientes categorías: vegetativo, flor y/o fruto, y h) registro del nombre en *matsigenka* y uso por las CCNN.

En las subparcelas de 5 x 5 m, en número de 2 por cada parcela mayor, se miden las siguientes variables: a) evaluación de todos los árboles pequeños desde 1 cm de DAP hasta 9,9 cm de DAP, b) identificación y determinación de las especies de cada individuo arbóreo, y c) medición de su DAP y altura total.

En las subparcelas de 1 x 1, se evalúan, en número de 4 por parcela mayor: a) la cobertura relativa de las especies introducidas o invasoras, helechos, poáceas, otras hierbas y arbustos, b) la altura promedio estimada de cada tipo biológico en metros, c) la identificación de especies por cada tipo biológico, d) si existen renovables de especies arbóreas que no llegan al DAP medible, se contabilizan y se asignan a la especie que corresponden.

La distribución espacial de las parcelas, tanto en el muestreo de desarrollos puntuales como lineales, varía, tal como se detalla a continuación.

- En la evaluación puntual alrededor de la plataforma de pozo, ya que el área es reducida para este tipo de muestreo, las parcelas se disponen en forma individual, en pares o tripletes contiguos. Estas parcelas deben estar ubicadas en los sectores que han sido desboscados durante la construcción del pozo y sectores colindantes dentro de la franja radial (Figura 3).

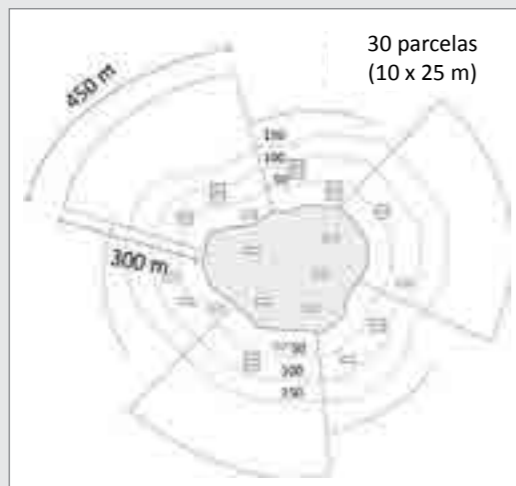


Figura 3. Diseño de la distribución de las parcelas en muestreo puntual

Son 5 parcelas las que deben ser evaluadas en la plataforma, o un área muy próxima a la plataforma que se encuentre en condiciones similares a esta; entre 3 y 5 parcelas deben ser evaluadas en bosque secundario de acuerdo al área disponible de este tipo de bosque. Finalmente, el resto de las parcelas se evaluarán en el bosque interno.

- En los desarrollos lineales, las parcelas mayores se distribuyen en grupos de 3, separadas por 20 m entre sí (Figura 4) y ubicadas en 10 transectos a lo largo del derecho de vía (DdV). Los transectos son separados entre sí por 100 m (Figura 5).

**DISCUSIÓN**

Para los sitios denominados blanco de cada unidad de vegetación, el esfuerzo de muestreo total incluyó 10 parcelas mayores, las cuales suman una hectárea de muestreo para los árboles de 10 cm de DAP, 500 m<sup>2</sup> para los árboles delgados y 40 m<sup>2</sup> para las hierbas, arbustos y renuevos (Tabla 1). Con este esfuerzo de muestreo se alcanzó la curva de acumulación de especies en los grupos arbóreos, arbustivos y hierbas en las 3 unidades de vegetación identificadas en el Bajo Urubamba.

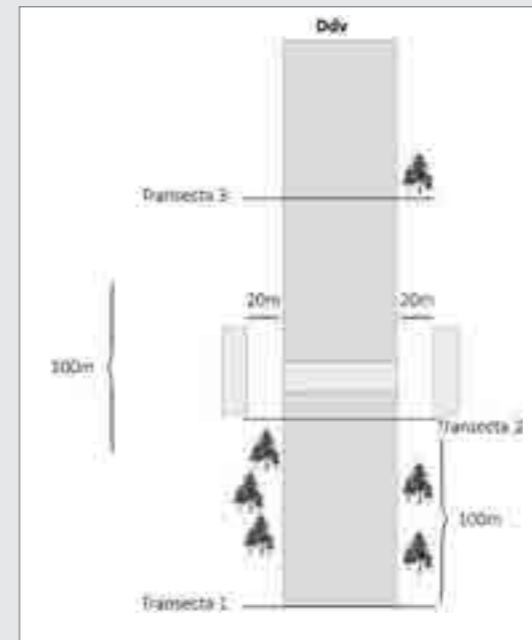


Figura 4. Disposición de las parcelas en los transectos en el muestreo lineal

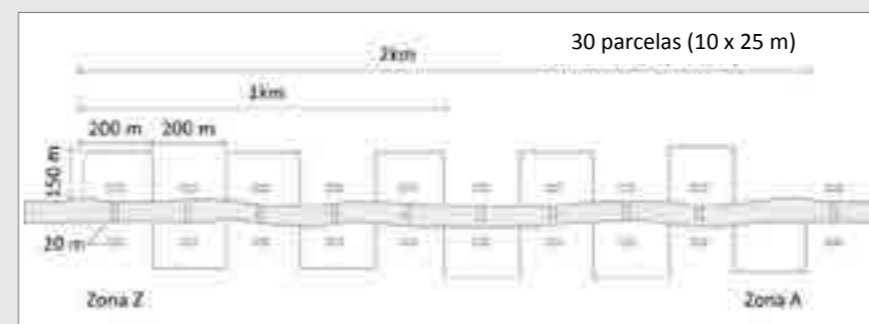


Figura 5. Distribución de las parcelas en un muestreo lineal

PARCELAS 10 X 100 M (1000 M <sup>2</sup> = 0.1 HA)	PARCELAS 5 X 5 M (25 M <sup>2</sup> )	PARCELAS 1 X 1 M (1 M <sup>2</sup> )
10 (0.1 ha) = 1 ha (10 parcelas)	10 (2 x 25 m <sup>2</sup> ) = 500m <sup>2</sup> (20 parcelas)	10 (4 x 1 m <sup>2</sup> ) = 40 m <sup>2</sup> (40 parcelas)

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo en áreas blanco

Con la metodología usada por el PMB para las áreas blanco, se ha registrado un número máximo de 398 especies de plantas vasculares (Angiospermatophytas y Pteridophytas *sensu lato*) para el BAPD, 216 especies en el BAPS y 101 especies para PBA (Tabla 2).

Al comparar la riqueza de especies registradas con la metodología de Wittaker modificada en un área con características similares a las evaluadas (Comiskey *et al.*, 1999; Stohlgren *et al.*, 1997; Stohlgren *et al.*, 1995), se han reportado 328 especies de plantas vasculares (Angiospermatophytas y Pteridophytas *sensu lato*) para el BAPD y 169 especies para el PBA. Esta comparación se realizó con datos correspondientes al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) realizado en el año 2012 para la traza propuesta para un gasoducto entre Pagoreni B y Malvinas.

LOCALIDAD	UNIDAD DE VEGETACIÓN	ÉPOCA DE MUESTREO	RIQUEZA DE ESPECIE	METODOLOGÍA USADA
Alto Camisea	BAPsd	EH (2009)	195	PMB
San Martín Este	BAPsd	EH (2010)	216	PMB
Pagoreni A	BAPd	EH (2010)	398	PMB
Pagoreni B	BAPd	EH (2010)	389	PMB
Alto Picha	PBA	ES (2013)	101	PMB
Meronkiari	BAPd	EH (2012)	328	Wittaker modificado*
Malvinas	PBA	EH (2012)	169	Wittaker modificado*

Tabla 2. Riqueza de especies comparando dos metodologías en áreas blanco

BBAPD: Bosque Amazónico Primario Denso, BAPS: Bosque Amazónico Primario Semidenso, PBA: Pacal de Bosque Amazónico, EH: Época húmeda, ES: Época seca.

El estudio de la biodiversidad del Bajo Urubamba realizado por el Instituto Smithsonian (Dallmeier y Alonso, 1997) reporta para 3 localidades de estudio (dos en San Martín 3 y una localidad en Cashiriari 2) - solo considerando las especies arbóreas para las dos primeras localidades - 224 y 258 especies, y para la tercera localidad, 271 especies. Es importante resaltar que como no se indica la cobertura de paca para las áreas evaluadas, no se puede definir claramente a qué tipo de unidad de vegetación

corresponden las localidades evaluadas en dicho estudio. El mayor registro de especie resultado de todas las evaluaciones del PMB se debe a que la metodología usada por este programa utiliza parcelas de mayor longitud (parcelas de 10 x 100 m) respecto a la metodología de Wittaker modificada (20 x 50 m) en un 50%, lo que permite abarcar un área mayor dentro del bosque al momento de la evaluación. Esto constituye una gran ventaja ya que se evalúa un bosque muy heterogéneo -característica principal de los bosques en el Bajo Urubamba- por tener una gran cantidad de especies por unidad de superficie y baja densidad de individuos para cada especie. Por esta razón, la metodología usada por el PMB tiene una gran ventaja frente a las parcelas de Wittaker modificado, lo que permite el mayor registro de especies en cada parcela evaluada. Respecto a la evaluación de las áreas intervenidas por el PC, tanto en desarrollos puntuales como desarrollos lineales, el esfuerzo de muestreo es similar: los árboles mayores de 10 cm de DAP son evaluados en 7500 m<sup>2</sup>; los árboles delgados con DAP menor a 10 cm, a 1 cm en 1500 m<sup>2</sup>; y las hierbas, arbustos y renuevos, en 120 m<sup>2</sup> (Tabla 3).

TIPO DE MUESTREO	PARCELAS DE 25 X 10 (250 M <sup>2</sup> )	SUBPARCELAS DE 5 X 5 (25 M <sup>2</sup> )	SUBPARCELA DE 1 X 1 (1 M <sup>2</sup> )
Puntual	30 (250 m <sup>2</sup> ) =7,500 m <sup>2</sup> (0.75 ha)	30 (2 x 25 m <sup>2</sup> )=1500 m <sup>2</sup> (0.15 ha)	30 (4 x 1 m <sup>2</sup> )=120 m <sup>2</sup> (0.012 ha)
Lineal	30 (250 m <sup>2</sup> ) =7,500 m <sup>2</sup> (0.75 ha)	30 (2 x 25 m <sup>2</sup> )=1500 m <sup>2</sup> (0.15 ha)	30 (4 x 1 m <sup>2</sup> )=120 m <sup>2</sup> (0.012 ha)

Tabla 3. Esfuerzo de muestreo en áreas impactadas

Para los desarrollos lineales, las parcelas mayores se instalan sobre el DdV y a una distancia aproximada de 20 m respecto del borde del DdV. Esta distancia fue definida en función del efecto de borde establecido en un área con impacto lineal. Según los resultados obtenidos en los primeros 5 años como línea de base del PMB, este efecto ocurre hasta los 30 m a ambos lados del DdV; por tal razón, el área de monitoreo ha sido definida dentro del área considerada de impacto.

Por su parte, las parcelas evaluadas sobre el DdV son perpendiculares a las otras dos parcelas, tal como se observa en la Figura 5, ya que su objetivo es monitorear la recuperación de la cobertura vegetal en ese desarrollo lineal. Esta recuperación de los árboles, arbustos y hierbas ocurre desde el borde del DdV hacia el centro. La disposición espacial de la parcela central fue modificada durante la experiencia de la línea de base del PMB, ya que dicha parcela central se establecía en forma paralela al DdV y no llegaba a registrar las especies vegetales que comenzaban a recuperarse desde el borde del mismo.

En las 30 parcelas evaluadas en un muestreo con desarrollo lineal de una área impactada por la construcción del gasoducto, se han registrado entre 207 a 287 especies de plantas vasculares (Angiospermatophytas y Pteridophytas *sensu lato*) en el BAPD; 296 a 380 especies en el BAPS; y, finalmente, de 97 a 141 especies en el PBA (Tabla 4).

La composición del área evaluada es de bosque secundario por tener especies de este tipo de unidad, principalmente *Cecropia spp.* (Urticaceae), *Ochroma pyramidale* (Malvaceae), *Vernonanthura patens* (Asteraceae), *Trema micranta* (Cannabaceae). En cambio, en un muestreo con desarrollo puntual de una área impactada por la construcción de un pozo, se ha registrado un máximo de 317 especies de plantas vasculares (Angiospermatophytas y Pteridophytas *sensu lato*) en el BAPD y 294 especies para el BAPS. Hasta el momento no se ha evaluado la unidad de PBA con este tipo de desarrollo (Tabla 4).

Mayormente, las parcelas instaladas en la plataforma o área similar adyacente presentan, en general, especies invasoras como *Centrosema grandiflorum*, *Calopogonium speciosum*, *Pueraria phaseoloides* (Fabaceae). En sitios donde se registran estas especies, la cobertura es 100% en las parcelas evaluadas y no es frecuente registrar árboles con DAP medible. La superficie contigua al centro y que llega hasta los 100 m en torno a la plataforma del pozo tiene un comportamiento de bosque secundario por el impacto generado, a pesar de formar parte del BAPD o BAPS. En ambos tipos de muestreo, tanto lineal como puntual, las reevaluaciones de los árboles plaqueados permitirán conocer la dinámica de la sucesión en el corto mediano y largo plazo de las áreas alteradas, hasta alcanzar las condiciones iniciales anteriores al impacto del Proyecto Camisea.

La superficie contigua al centro y que llega hasta los 100 m en torno a la plataforma del pozo tiene un comportamiento de bosque secundario por el impacto generado, a pesar de formar parte del BAPD o BAPS. En ambos tipos de muestreo, tanto lineal como puntual, las reevaluaciones de los árboles plaqueados permitirán conocer la dinámica de la sucesión en el corto mediano y largo plazo de las áreas alteradas, hasta alcanzar las condiciones iniciales anteriores al impacto del Proyecto Camisea.

TIPO DE MUESTREO	LOCALIDAD	UNIDAD DE VEGETACIÓN	ÉPOCA DE MUESTREO	RIQUEZA DE ESPECIE
Lineal	Aguas Negras	BAPD	ES (2011)	284
Lineal	Totiroki	BAPD	ES (2012)	207*
Lineal	Potogoshiari	BAPS	EH (2011)	296
Lineal	Tsonkoriari	BAPS	EH (2011)	380
Lineal	Meronkiari	PBA	ES (2011)	97
Lineal	Porokari	PBA	ES (2012)	141
Puntual	San Martín 3	BAPS	EH (2012)	294
Puntual	Pagoreni A	BAPD	EH (2011)	287
Puntual	Pagoreni B	BAPD	EH (2011)	317

Tabla 4. Riqueza de especies comparando áreas impactadas (lineales y puntuales)

BBAPD: Bosque Amazónico Primario Denso, BAPS: Bosque Amazónico Primario Semidenso, PBA: Pacal de Bosque Amazónico, EH: Época húmeda, ES: Época seca.

\* En esta localidad el esfuerzo solo fue de 24 parcelas y no de 30 parcelas.



**Bibliografía**

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. *Biodiversity assessment and long-term monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: Cashiriari 3 well site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series 2, Smithsonian Institution/MAB Program, Washinton, D.C., EE.UU. 1998.

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. *Biodiversity assessment and long-term monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: Pagoreni well site-Assessment and Training*. SI/MAB Series 3, Smithsonian Institution/MAB Program, Washinton, D.C., EE.UU. 1999.

BRAUN-BLANQUET, J.J. *Plan Sociology, the Study of Plant Communities*. Traducción del alemán, revision y edición de Fuller, G. D. & Conrad H. S. Reimpreso, Hafner Pub. Co., Nueva York. 1932. 439 pp.

COMESTRY, J., DALLMEIER, F. y MISTRAL, S. *Protocolo de muestreo de vegetación pata la Selva Maya*. Pp. 18-27. En Carr & A.C. de Stoll (eds.). *Monitoreo biológico en la selva Maya*. US Man and the Biosphere, Tropical Ecosystem Directorate y Wildlife Conservation Society, Guatemala. 1999.

DALLMEIER, F. y ALONSO, A. *Biodiversity Assessment and Long-term Monitoring, Lower Urubamba Region, Peru. San Martín 3 y Cashiriari 2 well Sites*. SI/MAB, Series # 1. 1997. 368 pp.

GENTRY, A.H. *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests*. Pp. 103-126. En S.P. Churchill, H. Balslev. E. Forero & J.L. Luteyn (eds). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. New York Botanical Garden, Nueva York, 1995.

LEÓN, B., ROQUE, J., ULLOA- ULLOA, C., PITMAN, N., JORGENSEN, P.M. y CANO, A. *El libro rojo de las especies endémicas del Perú*. Rev. Perú. biol. Número especial Vol. 13, N°2. 2007. 971 pp.

MALLEUX, J. *Mapa forestal del Perú (Memoria explicativa)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Manejo Forestal. Lima, Perú. 1975. 162 pp.

MARTÍN, M. *Amazonía, guía ilustrada de flora y fauna*. Ministerio del Ambiente. 2011. 459 pp.

ONERN. *Inventario y evaluación de los Recursos Naturales del Medio y bajo Urubamba*. Lima, Perú, 1987. 252 pp.

PROGRAMA DE MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD (editor). *Guía de plantas. Biodiversidad y comunidades nativas del Bajo Urubamba, Perú*. 2013. 168 pp.

SOAVE, G.E., FERRETTI, V., MANGE, G. y GALLIARI, C.A. (editores). *Diversidad biológica en la Amazonía peruana: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. 2009. 514 pp.

STOHLGREN, T.J. y CHONG, G.W. *Assessment of biological diversity and long-term monitoring plan for the lower Urubamba region*. Pag. 41-44. In F. Dallmeier & A. Alonso (eds). *Biodiversity assessment and monitoring of the lower Urubamba region, Peru*. SI/MAB Series 1, Smithsonian Institution, Washington, DC. 1997.

STOHLGREN, T.J., FALKNER, M.B. y SCHELL, L.D. 1995. *Modified-Whittaker nested vegetation sampling method*. *Vegetation* 117: 113-121.

ULLOA - ULLOA, C., J.L. ZARUCCHI y B. LEÓN. *Diez años de adiciones a la flora del Perú: 1993-2003*. Arnaldoa edición especial. 2004. 242 pp.

VÁSQUEZ, R. y R. ROJAS. *Plantas de la Amazonía Peruana*. Arnaldoa edición especial. 2004. 206 pp.

**5. ARTRÓPODOS****Métodos y técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la entomofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.****Gorky Valencia Valenzuela**

Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - MHNC // Paraninfo Universitario, Plaza de Armas s/n. Cusco, Perú // Coordinador de Artrópodos del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. gorkyvalencia@hotmail.com

**INTRODUCCIÓN**

La evaluación de la biodiversidad en la región del Bajo Urubamba llevada a cabo por el Smithsonian Institution/MAB en el periodo de 1996 a 1998, y continuada por el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea (PMB) desde el 2005 a la actualidad, constituye una de las iniciativas pioneras de monitoreo multicomponente de la biodiversidad en el mundo, y la primera en el Perú y América del Sur (A. Alonso, 2011; com. pers.). En merito a ello, el monitoreo de Invertebrados Terrestres desarrollado en el marco del PMB del componente *Upstream* del Proyecto Camisea (PC) da a conocer en el presente capítulo la evolución de su implementación en sus fases de Línea de Base (2006-2010) y Monitoreo (2011-2013), considerando las metodologías empleadas, los principales resultados obtenidos y su efectividad. Para ello se han evaluado los registros de los órdenes y familias de artrópodos terrestres, pero fundamentalmente los de los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y las hormigas (Hymenoptera: Formicidae), considerados como indicadores ecológicos.

**Escarabajos estercoleros.** Son Coleópteros de la familia Scarabaeidae, subfamilia Scarabaeinae; se alimentan generalmente de materia orgánica en descomposición (desechos y mayormente estiércol o heces), por lo que también son conocidos popularmente como escarabajos peloteros, coprófagos e *ishmatangas* en el idioma local (*matsigenka*). Permiten el reciclaje de este material al enterrarlo en el suelo, favoreciendo la ventilación de la tierra, la fertilización de plantas, la dispersión de semillas y, sobre todo, al aislar y consumir a los parásitos gastrointestinales (nematodos, helmintos, protozoarios y otros microorganismos) que se encuentran en los materiales fecales que consumen (Howden y Nealis, 1975; Klein, 1989; Nichols *et al.*, 2008). Este comportamiento es crucial pues está mayormente especializado de acuerdo a la especie, tamaño y densidad de organismos que produjo el desecho, siendo además muy sensibles a los cambios de los productores mamíferos (Nichols *et al.*, 2009), aves, etc. La declinación de mamíferos silvestres trae consigo un inminente efecto de cascada ecológicamente negativo de escarabajos coprófagos (Nichols *et al.*, 2009). Esto los convierte en objeto de estudio a nivel mundial, por ser considerados como indicadores de diversidad y monitoreo ecológico de hábitat (Halffter, 1991; Halffter *et al.*, 1992; Halffter y Favila, 1993; Favila y Halffter, 1997; Halffter, 1998; Escobar y Halffter, 1999; Villarreal *et al.*, 2006). Se dispone de amplia información sobre las respuestas de los Scarabaeinae a la modificación y fragmentación en los bosques tropicales (Nichols *et al.*, 2007) y sus funciones ecológicas, servicios a los ecosistemas y respuestas ante amenazas antropogénicas (bioindicación) (Nichols *et al.*, 2008). Según Escobar (1997, citado en Villarreal *et al.*, 2006), es considerado como un grupo ideal para estudios de diversidad por su taxonomía bien conocida y clara, y su abundancia y sencillez de muestreo, lo que permite tener una muestra representativa por localidad. Es un grupo diversificado taxonómica y ecológicamente, presenta una amplia distribución geográfica y ha conquistado gran variedad de hábitats. Muchas especies tienden a especializarse según el rango altitudinal, el tipo de suelo y tipo de bosque; son funcionalmente importantes en los ecosistemas, están relacionados estrechamente con otros taxones, especialmente con mamíferos, y son muy sensibles a los cambios del hábitat.

**Hormigas.** Son Hymenopteros de la familia Formicidae, integrantes importantes del ecosistema por interactuar con los otros organismos en cada nivel trófico como depredadores, omnívoros y herbívoros (Davidson *et al.*, 2003). Estas actividades facilitan la descomposición de materia orgánica (Borrer *et al.*, 1989) que se acumula en los bosques tropicales, por lo que son importantes para el mantenimiento de los ciclos de nutrientes y otros procesos ecológicos (Hölldobler y Wilson, 1990). La diversidad de las hormigas es muy alta en el bosque tropical, donde se registra la mayor cantidad de especies a nivel mundial. En las tierras bajas de los bosques amazónicos constituyen uno de los grupos más abundantes, con más de 8 millones de individuos por hectárea, lo que representa un tercio de la biomasa animal total (Hölldobler y Wilson, 1990), motivo por el que son de importancia económica en la región neotropical (Della Lucia, 2003). En el área del PMB, las hormigas representan alrededor del 60% de todos los artrópodos registrados (Soave *et al.*, 2008; 2009 y 2010). Además de su importante contribución en la cadena trófica y sus intrincadas conductas sociales, son consideradas como organismos ideales para realizar estudios de biodiversidad debido a que, según Alonso y Agosti (2000), presentan alta diversidad tanto taxonómica como funcional, dominancia numérica y de biomasa en la mayoría de hábitats terrestres, facilidad de colecta, nidos y lugares de forrajeo comúnmente estacionarios, cumplen funciones importantes en los ecosistemas incluyendo interacciones con otros organismos en cada nivel trófico y existe una base de conocimiento taxonómico relativamente bueno. Las hormigas presentan potencial como bioindicadores ya que pueden tener rangos estrechos de tolerancia con respecto a uno o más factores ambientales y, por ello, su presencia puede indicar el cambio en las condiciones ambientales (Miguelena, 2008), siendo consideradas útiles herramientas para bioindicación y monitoreo (Villarreal *et al.*, 2006; Valencia *et al.*, 2013; Arcila y Lozano-Zambrano, 2003).

## METODOLOGÍA

La primera etapa de Línea de Base (LB) del PMB en su componente *Upstream* (2006-2010) consideró las recomendaciones y metodología seguidas en muestreos previos para la evaluación y monitoreo de la entomofauna del Bajo Urubamba, aplicada por el *Biodiversity Assessment & Monitoring of the Lower Urubamba Region*, SI/MAB (Dallmeier y Alonso, 1997; Alonso y Dallmeier, 1998, 1999; Valencia y Alonso, 1997, Santisteban *et al.*, 1999; Valencia 2001 y Finnamore *et al.*, 2002). La metodología desarrollada durante la línea de base para entomología en ese período es la utilizada actualmente en los sitios blanco (sitios control).

La evaluación realiza el muestreo al azar en función de las distintas unidades de vegetación que se presentan por localidad de estudio, siguiendo un diseño metodológico con 4 parcelas por localidad, divididas a su vez cada una en 3 subparcelas o tratamientos (*Figura 1*).

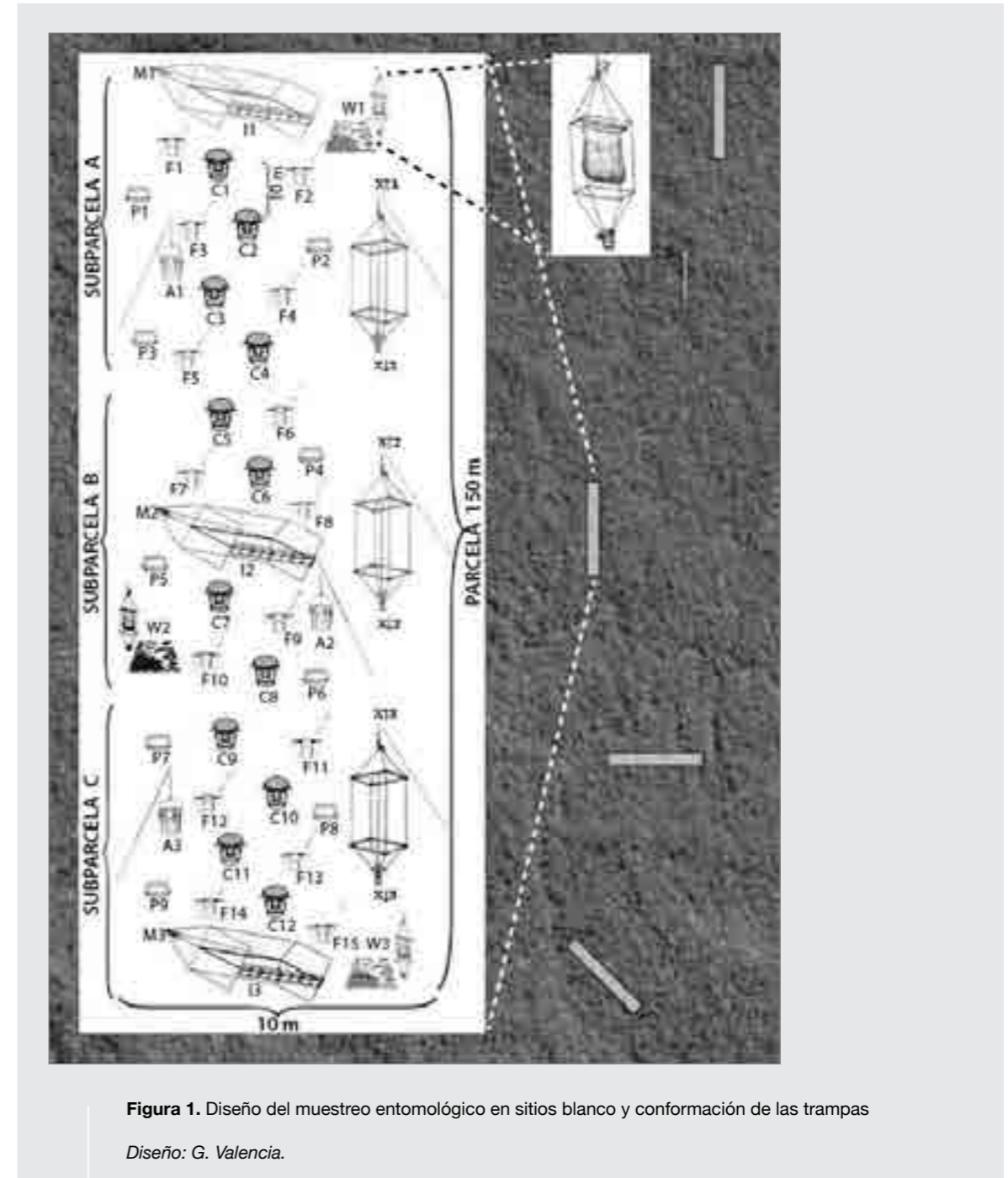
El diseño considera fundamentalmente la implementación de un muestreo empleando trampas pasivas, es decir, aquellas que no requieren de la intervención del hombre, minimizando con ello el sesgo del colector.

Este diseño es apropiado para comparar sistemas cuanti y cualitativamente, permitiendo además reconocer su segregación trófica y espacial.

Sobre el terreno, cada parcela de muestreo abarca una longitud de unos 150 m, con una distancia de 10 m entre la ubicación de las 12 trampas NTP-97 que constituyen el eje de la parcela. Asimismo, se instala al inicio y final de cada parcela una trampa *Malaise* o una trampa de intercepción. El ancho de la parcela es de 10 m aproximadamente y varía de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno, lo que equivaldría a un área de muestreo de 1500 metros cuadrados ( $m^2$ ) por parcela, por un período de evaluación de 48 horas en cada parcela.

Cada parcela es geoposicionada y se registran los siguientes datos para caracterizar el hábitat: tipo de vegetación, altitud, tipo de suelo, pendiente, hojarasca, trocha, hora, clima, DAP, porcentaje de cobertura del dosel, número y altura promedio de árboles, presencia humana y de fauna mayor, y croquis del sitio. Cada parcela es documentada mediante una fotografía testigo del piso, sotobosque y cobertura vegetal que presenta el lugar en el momento de su evaluación.

Finalizado el periodo de muestreo, los lotes de muestras son preservados en alcohol al 70%, almacenados en bolsas de polipropileno de 2,5 x 8 pulgadas selladas con seguros para cables pequeños o cintillos de 100 x 2 mm, cada una de ellas con sus respectivas etiquetas de cartulina libre de ácido de 220 g, escritas con tinta especial a prueba de agua. Cada bolsa cuenta con datos codificados que indican el lugar de



**Figura 1.** Diseño del muestreo entomológico en sitios blanco y conformación de las trampas

Diseño: G. Valencia.

muestreo, parcela muestreada, año, mes, día, tipo de trampa y número trampa.

Los métodos implementados por el PMB se detallan a continuación:

**Muestreo Pasivo:** Se refiere al muestreo en que el hombre no interviene una vez instaladas las parcelas en el campo.

**Trampas pasivas cebadas:** Son aquellas que para su funcionamiento adecuado requieren un atrayente en descomposición de material

orgánico. Estas trampas permiten la caracterización trófica de los artrópodos en categorías de saprófagos, coprófagos, necrófagos, generalistas y especialistas.

**Trampas Cebadas NTP-97 (C)** (Valencia y Alonso, 1997). El principio y funcionamiento de estas trampas consiste en que el olor producido por los cebos (alimento) atrae a la comunidad de insectos asociados a uno o varios cebos que están caminando o volando cerca de la trampa. El olor, de acuerdo a la distancia, dirección del

viento, insolación, altura, temperatura, humedad y otros factores es percibido por el muy sensible olfato de los escarabajos en estudio, los que localizan la fuente y se desplazan al núcleo de la fuente olorosa, ingresando por las ventanas de la trampa que se encuentra a nivel del suelo. Caen en ella, que contiene la sustancia que funciona también como preservante, asegurando con ello el aislamiento de la muestra respecto del cebo y manteniendo constantes las condiciones internas de la trampa (Valencia y Alonso, 1997).

Están conformadas por recipientes de plástico resistentes tipo balde, de color transparente y tapa verde de 1 litro de capacidad (Figura 4). Al exterior del balde se realizan previamente, al calor, 4 aberturas o ventanas trapezoidales de 5 x 4 cm y a 1 cm cerca a la tapa; el interior es atravesado transversalmente a 2 cm de la boca del balde por un palito tipo brocheta N°6 de 13 cm de longitud, el que luego atravesará también un vasito pequeño de 4 o 5 onzas de plástico o cartón descartable, que contendrá unos 20 gr del cebo o atrayente. Esta trampa emplea como solución colectora 350 ml de una mezcla saturada de jabón líquido o detergente biodegradable con sal y agua. En el exterior de la tapa y balde se debe escribir el número de la trampa y se recomienda realizar su instalación en un sitio algo elevado y plano para evitar los efectos de alguna inundación e impedir la existencia de espacios entre el suelo y la trampa. Para manipular los cebos y levantar la muestra se usan guantes quirúrgicos descartables, un pequeño colador plástico, pinceles y un embudo hecho con la parte superior de una botella descartable grande, para cernir e introducir la muestra en las bolsitas de preservación; este proceso se facilita con chorros delgados constantes de alcohol al 70% con un surtidor. En total se instalan 12 de estas trampas distanciadas a 10 metros entre ellas, distribuidas en 3 grupos de 4 trampas por subparcela (Figuras 1 y 4). Se emplean como cebo heces humanas (coprotrampa), plátano fermentado (saprotrampa) y pescado o, preferentemente, carne de pollo descompuesta (necrotrampa). Se recomienda utilizar frascos de tapa ancha de 2 litros tipo Nalgene para acumular los coprocebos en 2 a 3 días. Se introducen 400 gr de carne de pollo previamente desmenuzado en botellas descartables durante 2 días, de modo que este material resulte muy manipulable. Finalmente, es adecuado colocar 1 kg de plátano sin cáscara, estrujado y que haya sido ingresado previamente en una botella descartable grande de 3 litros y fermentado por, al menos, 2 días.

**Trampas cebadas elevadas (A).** El principio y el funcionamiento de estas trampas son similares a las de la anterior. El color amarillo del envase de la trampa y el atrayente empleado (plátano maduro fermentado) imitan a los frutos maduros que son frecuentes en ese estrato que, al estar en descomposición, aumentan su atracción odorífica a la comunidad de insectos asociados a este tipo de cebo. Los insectos llegan y se posan sobre la trampa y caen en el espacio inundado con la sustancia colectora que separa el recipiente del cebo. Estas trampas constan de un balde plástico de un litro sin ventanas, de color amarillo. La solución colectora llega a más de la mitad del envase y están atados en su mango por una cuerda a nivel de una rama elevada en la parte central de la subparcela. Estas trampas tienen dos pequeñas aberturas laterales que les permiten desaguar el exceso de agua que pudiera ingresar en una fuerte lluvia, pero normalmente están protegidas por el follaje de la copa de los árboles. Se distribuyen 3 de estas trampas por parcela.

**Trampas pasivas no cebadas:** Son aquellas que para su funcionamiento no requieren contar de un atrayente en descomposición o material orgánico, sino que más bien intervienen en el desplazamiento habitual de estos organismos tanto voladores como terrestres, permitiendo también reconocer su principal tipo de actividad (terrestres y aéreos) densidad y distribución en el estrato del bosque (piso, sotobosque o dosel).

**Trampas de caída pitfall (F).** Se utilizan para artrópodos que se encuentran en el piso u hojarasca. Son simples vasos descartables de 7 onzas, señalizados y enterrados en el piso hasta el nivel de su boca y contienen la solución colectora hasta la mitad de su volumen. Se instalan 15 por parcela y 5 por subparcelas agrupadas en 1 lote.

**Trampas de intercepción de vuelo (I).** Sirven para aquellos artrópodos voladores que se encuentran desplazándose a baja altura y también terrestres que están saltando, y que al chocar con un obstáculo, caen al piso. La trampa es un simple panel de tul negro de 2 x 1,5 m, con bordes reforzados de cinta negra y presentan orejas de amarre en las esquinas. Son instaladas verticalmente sujetadas a soportes o a la vegetación circundante con cuerdas; en la base, muy junto al panel, se colocan unas 8 bandejas chatas de poliestireno expandido (tecnopor) de

un kilo de capacidad, que contienen solución colectora hasta la mitad, las que reciben a los insectos que caigan al chocar con la malla que, bien tensada, es casi invisible. Se instalan en un claro del sitio y se recoge la muestra empleando un colador grande, previamente se retiran las hojas y palos que cayeran en las bandejas. Se emplean 3 trampas por parcela y 1 por subparcela (Figura 1). Se considera como una de ellas el panel central de la trampa *Malaise* cuando se encuentra presente.

**Trampas Malaise (M).** Para artrópodos voladores que al encontrar obstáculos tienden instintivamente más bien a elevarse para superar este obstáculo y, al buscar una salida, van ascendiendo y se concentran en el techo de la trampa. Al no poder ascender más se ven obligados a ingresar por una abertura al frasco colector que contiene alcohol al 70%. Estas trampas tienen el aspecto de una pequeña carpa abierta en sus laterales y en el medio presenta un panel de color negro, el cual resulta invisible a los artrópodos voladores. Se instala 3 trampas: una por subparcela.

**Trampas canopy Malaise o Malaise aéreas (X ↑-↓).** Son trampas *Malaise* modificadas para ser izadas mediante cuerdas a una rama alta del dosel o copa del árbol. Las modificaciones consisten en que son más estrechas, presentan el panel central en forma de X con los lados abiertos, gracias a un armazón cuadrangular desmontable de varillas sólidas. También presentan un piso de tul negro a manera de techo invertido en cuyo centro pende articulado el frasco colector inferior, por lo que al ser elevados presentan una forma romboide vertical. Estas trampas tienen el mismo principio de colecta de las trampas *Malaise* y las trampas de intercepción pero a nivel del dosel, debido a que muchas especies presentan especialización por este estrato aéreo. Se separan las muestras colectadas según se ubican los frascos colectores en superiores e inferiores. Se instalan 3 trampas por parcela

**Trampas Pantraps amarillas o Yellow Pantraps (P).** Ideadas para artrópodos que son atraídos ópticamente por el color amarillo intenso (color de muchos frutos y flores que se encuentran normalmente en el piso del bosque). Los artrópodos polinizadores, que atacan flores o frutos y parasitoides, son los que frecuentan estas trampas. Son simples bandejas plásticas chatas de un litro de capacidad de color amari-

llo, el cual contiene solución colectora hasta la mitad. Tienen también dos pequeñas aberturas laterales que les permiten desaguar el exceso de agua que pudiera ingresar en la lluvia. Se instalan 9 en total, algo enterradas en claros del sitio, y 3 son agrupadas en un solo lote por subparcela.

**Muestreo Activo:** Está constituido por aquellos métodos o técnicas en donde interviene necesariamente el hombre en su colecta por estar orientados a un determinado grupo de artrópodos caracterizados por su comportamiento, ubicación u oportunidad de colecta.

**Extractores Winkler o Moczarsky-Winkler (W).** Es uno de los métodos cuantitativos más empleados para el muestreo de hormigas (Formicidae) y otros insectos hipogeos presentes en el piso en substratos como la hojarasca, humus y otros. Tiene la apariencia de los extractores *Berlese* con la diferencia de que son de tela y no emplean luz eléctrica. Miden unos 80 x 27 cm. El funcionamiento de estos extractores se basa en que, conforme el substrato muestreado (un metro cuadrado, previamente tamizado y anotado sus características en un lugar al azar), se va desecando en una cestilla interior del aparato, los artrópodos dentro de la muestra responden al cambio lumínico, de humedad y de temperatura, por lo que abandonarán el substrato (p. ej., hojarasca) huyendo al fondo del colector, el que contiene un vasito plástico con alcohol al 70% como sustancia preservante. Estos aparatos son armados suspendiéndolos con una cuerda en un lugar cubierto y seguro del campamento, y se los deja por 24 horas como mínimo para que actúen. Se toman en total 3 muestras; una por subparcela.

**Trampa de luz (L).** Es una lámpara de luz mixta de vapor de mercurio de 250 watts de potencia, colocada delante de una tela blanca vertical de 2 x 1,5 m, sobre soportes de palos, con un suministro de electricidad por un pequeño generador eléctrico, instalado en una área elevada y abierta, como mínimo por una hora de colecta nocturna. La colecta se realiza directamente con pinzas sobre la tela y preservando el material colectado en frascos de alcohol al 70% y en sobres. Los escarabajos gigantes atraídos no se colectan; solo se toman sus datos (especie, sexo, largo, ancho, peso y ubicación) y se liberan posteriormente en un lugar lejano.

**Colecta oportunista (O).** Esta técnica de colecta se realiza sin previa intención y se efectúa en el momento mismo del descubrimiento de la muestra en estudio, ya sea manualmente o con ayuda de otro instrumento de colecta.

Desde el año 2011, el PMB se focalizó en el seguimiento de áreas de impacto o intervenidas del PC (desarrollos puntuales y lineales) analizando el grado de afectación, evolución y/o recuperación.

De esta forma, para monitoreos permanentes y en particular para el grupo entomológico, se verificó que las trampas aportan datos de manera diferencial dependiendo del grupo evaluado. A partir del año 2011 se definió focalizar el monitoreo a 3 grupos indicadores empleando dos tipos de trampas.

Los grupos definidos son:

- Escarabajos estercoleros, Subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera, Familia Scarabaeidae).
- Hormigas, Familia Formicidae (Hymenoptera), con el objetivo de confirmar su rol como grupo indicador.
- Escarabajos gigantes, *Dynastes hercules* y Me-

gasomaactaeon (Familia Scarabaeidae, Subfamilia Dynastinae), por registro visual oportunista y con atracción de luz.

La metodología consiste en la instalación de 3 parcelas (A, B y C) que incluyen 12 trampas cebadas (NTP-97) con heces, cadáveres de ave (pollo doméstico) y fruta (plátano fermentado), y 3 trampas de intercepción de vuelo (Figura 4), que han demostrado mayor efectividad para los Scarabaeinae así como para los Formicidae (ver Figura 5).

El diseño espacial difiere en desarrollos lineales y puntuales:

**Desarrollo lineal:** la parcela A se instala sobre el DdV; la Parcela B, a 50 m; y la parcela C, a 100 metros del mismo (ver Figura 2).

**Desarrollo puntual:** la parcela A se instala en los sectores en recuperación del área desboscada en la fase constructiva del pozo. Las parcelas B y C se instalan a 50 y 100 m, respectivamente, en los sectores adyacentes a dicho desbosque (ver Figura 3).

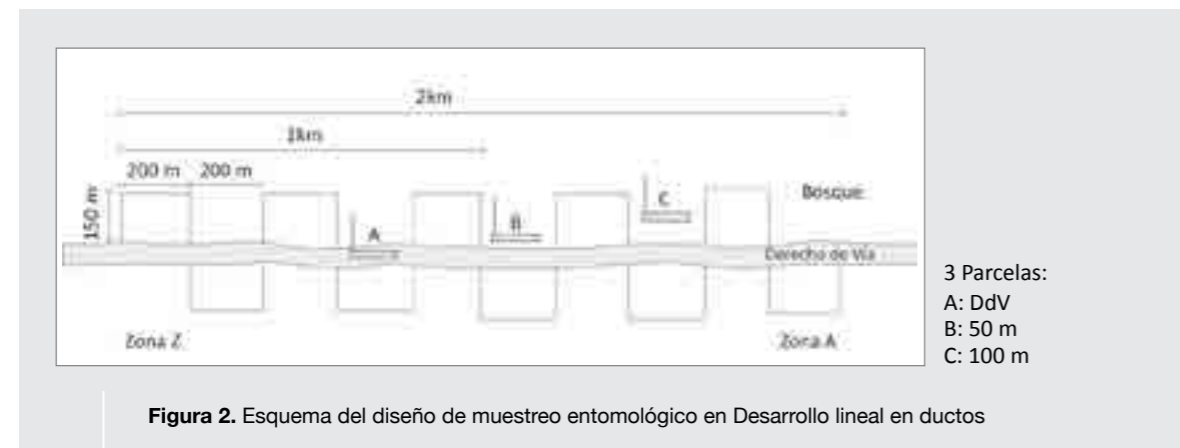


Figura 2. Esquema del diseño de muestreo entomológico en Desarrollo lineal en ductos

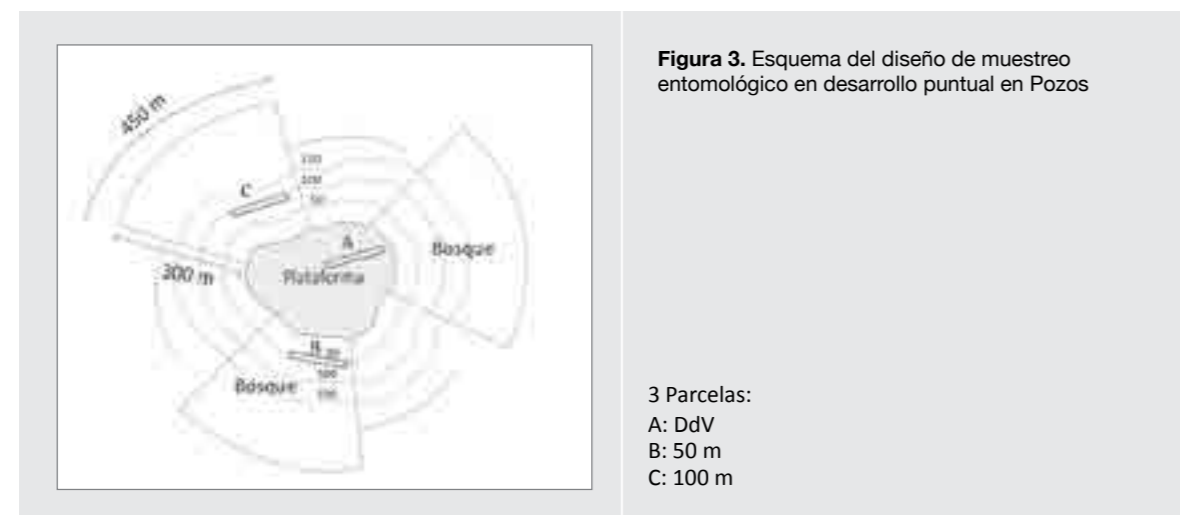
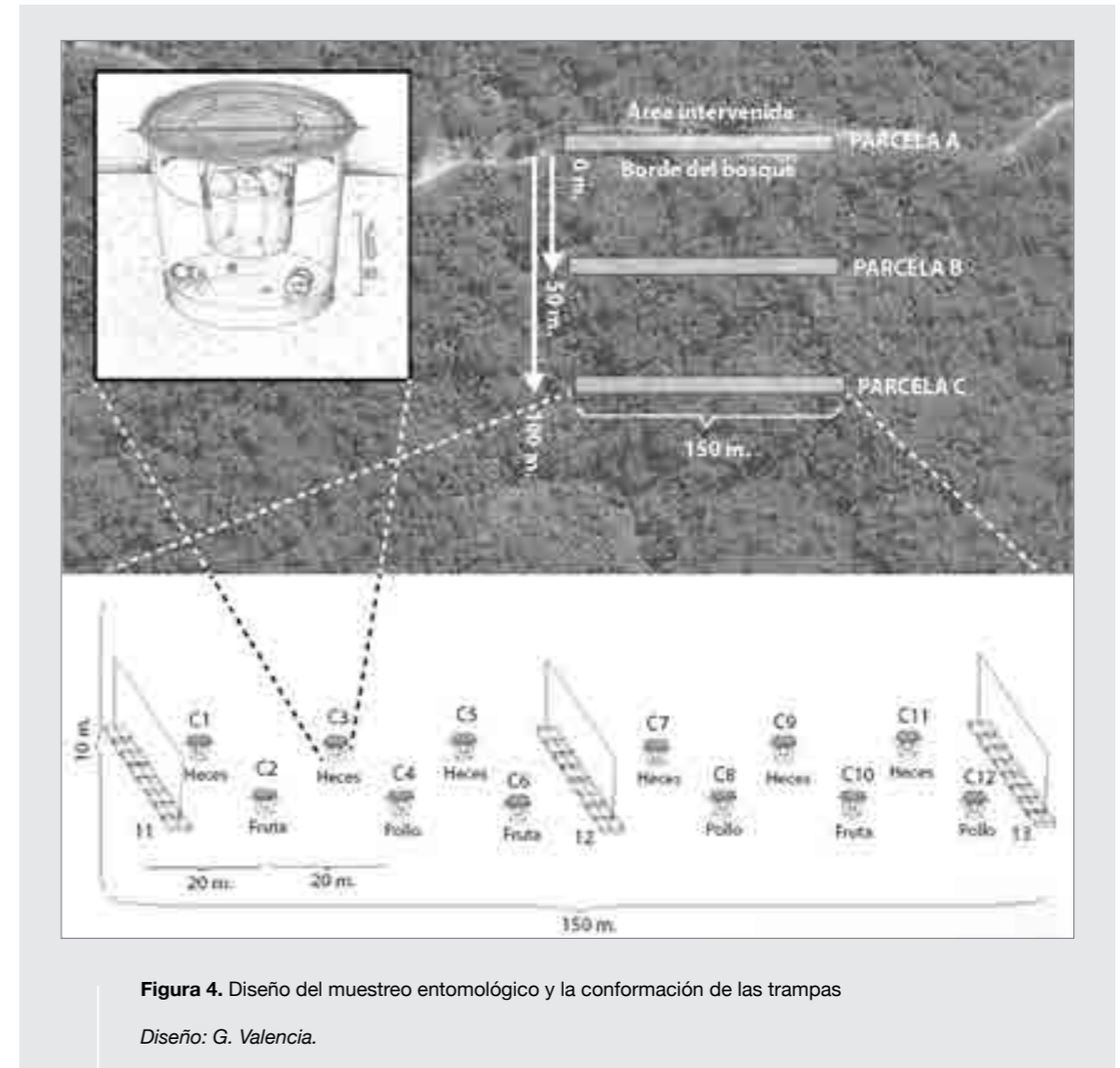


Figura 3. Esquema del diseño de muestreo entomológico en desarrollo puntual en Pozos



**DISCUSIÓN**

A diferencia de otros grupos estudiados (aves, mamíferos etc.) durante el periodo de muestreo desarrollado por el Instituto Smithsonian en el Bajo Urubamba (Alonso y Dallmeier, 1998, 1999; Dallmeier y Alonso, 1997), el estudio de artrópodos no disponía de una metodología definida debido a la complejidad del mismo y presenta ajustes en el número, conformación y tiempo de muestreo; estos protocolos fueron publicados (Santisteban *et al.*, 1997; Finnamore, 1997; Valencia y Alonso, 1997; Santisteban *et al.*, 1999; Finnamore *et al.*, 1999 y Finnamore *et al.*, 2002) pero antes de quedar definidos, finalizó la etapa de estudio.

En el año 2006, el PMB implementó un periodo de prueba y ajuste respecto al muestreo entomológico que incluyó los lineamientos de

los protocolos mencionados. Este periodo permitió obtener información logística y de aspectos básicos de muestreo que posibilitaron la definición del protocolo metodológico que se desarrolló desde el año 2007 al 2010 en el periodo de Línea de Base (LB) y posteriormente entre los años 2011 al 2013, durante el monitoreo (MT).

El análisis de los datos registrados por el PMB incluye un total de 892 651 artrópodos correspondientes a 5 clases, 35 órdenes y 321 familias. La clase más importante corresponde a Insecta (99,54%), el orden más abundante es Hymenoptera (75,79%) y la familia más abundante Formicidae (70,03%). A nivel específico se registraron 177 especies de Formicidae y 135 de Scarabaeinae.

El PMB ha aumentado el registro de especies para ambos grupos evaluados respecto a los re-

ESPECIES	SMITHSONIAN/MAB 1,2	PMB UPSTREAM 3	COCHA CASHU, MANU 4,5
Scarabaeinae	88	135	87
Formicidae	121	177	209

Tabla 1. Scarabaeinae y Formicidae registradas en el Bajo Urubamba y en Manu

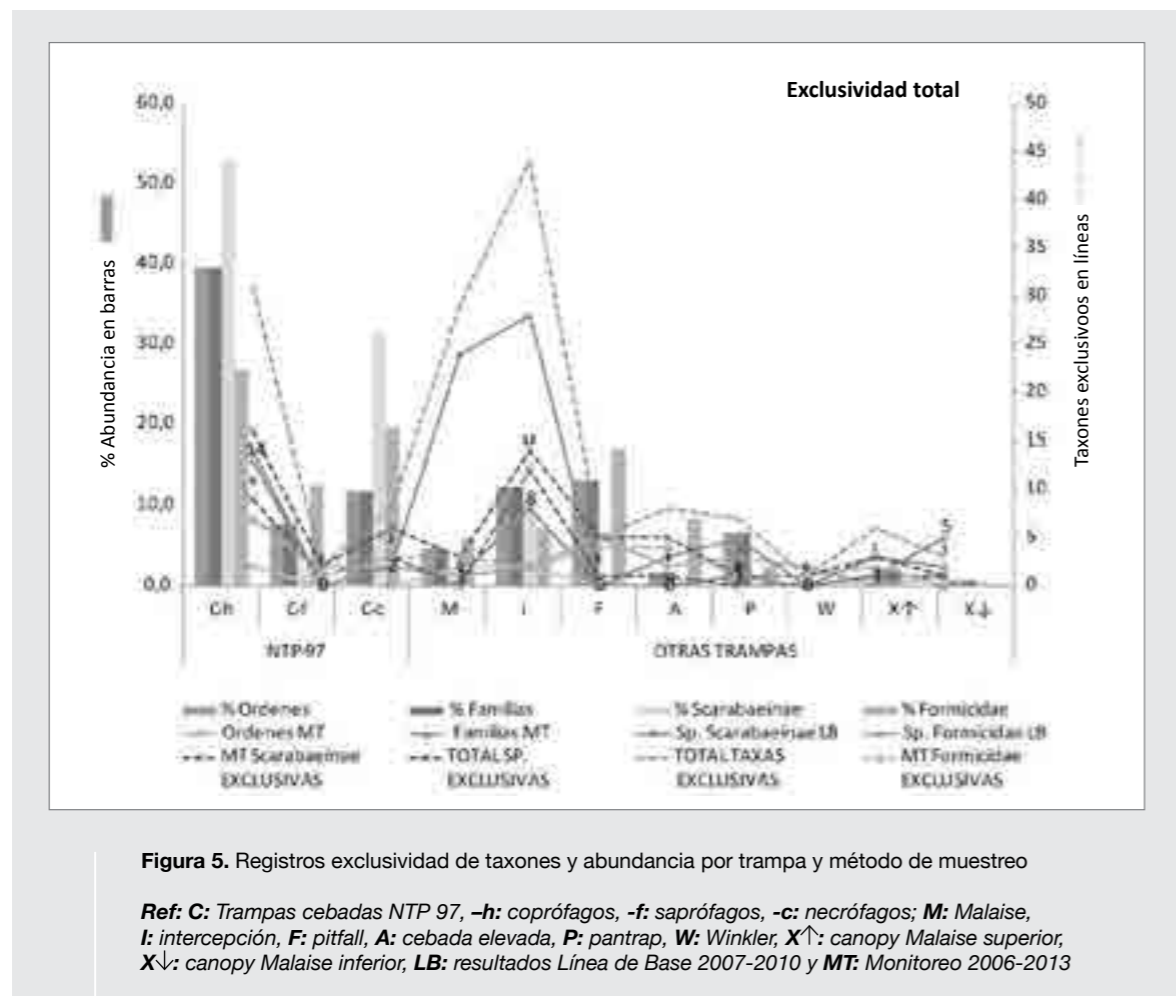


Figura 5. Registros exclusividad de taxones y abundancia por trampa y método de muestreo

Ref: C: Trampas cebadas NTP 97, -h: coprófagos, -f: saprófagos, -c: necrófagos; M: Malaise, I: intercepción, F: pitfall, A: cebada elevada, P: pantrap, W: Winkler, X↑: canopy Malaise superior, X↓: canopy Malaise inferior, LB: resultados Línea de Base 2007-2010 y MT: Monitoreo 2006-2013

gistros obtenidos por el Instituto Smithsonian/MAB. Asimismo, también es mayor el registro en especies de Scarabaeinae que en la localidad vecina de Cocha Cashu en el Manu, pero menor en cuanto a los Formicidae se refiere (Tabla 1).

La Figura 5 compara todos los registros de las trampas tanto en riqueza como en abundancia. El patrón general indica que las principales trampas de muestreo son las trampas cebadas NTP- 97 y las de intercepción, mostrando también mayor exclusividad de especies registradas por trampa.

Asimismo, la Figura 6 analiza la eficiencia del muestreo utilizando las curvas de acumulación de especies del programa EstimateS (Versión 9.1.0, Copyright R. K. Colwell), con todos los resultados obtenidos a nivel cualitativo y cuantitativo, considerando la LB (2007-2010) y el MT (2011-2013), empleando básicamente los estimadores más rigurosos de CHAO 1 y CHAO 2 que muestran en los Formicidae una tendencia asintótica de los estimadores y también de singletons y doubletons, con estimados muy cercanos al real total, resaltando la cercanía de los

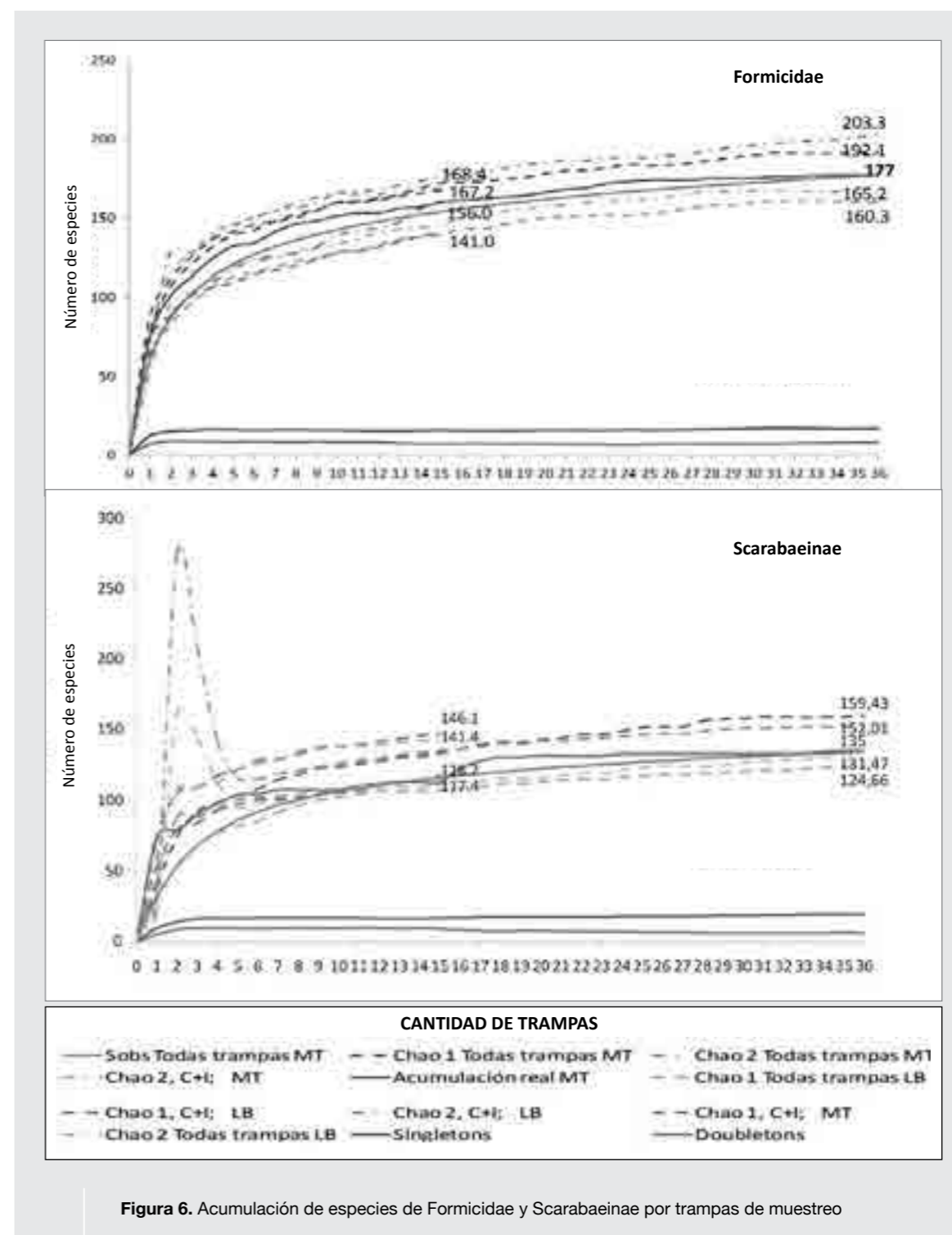


Figura 6. Acumulación de especies de Formicidae y Scarabaeinae por trampas de muestreo

valores estimados en el muestreo de LB tanto con todas las trampas como solo las NTP-97 y las de intercepción con el resultado del MT. Esta misma tendencia se presenta con los Scarabaeinae con estimados aún más cercanos.

Considerando todos los sitios, la eficiencia del muestreo según el análisis por curvas de acumulación de especies EstimateS (cualitativo

y cuantitativo de LB y MT para los Formicidae) empleando los estimadores rigurosos de CHAO 1 y 2 muestran (Figura 7) una tendencia hacia la asíntota de los estimadores y también de singletons y doubletons. Se resalta la cercanía de los valores estimados en el muestreo de LB cualitativo CHAO 2 que predijo 174 de los 177 reales registrados, con tendencia al aumento

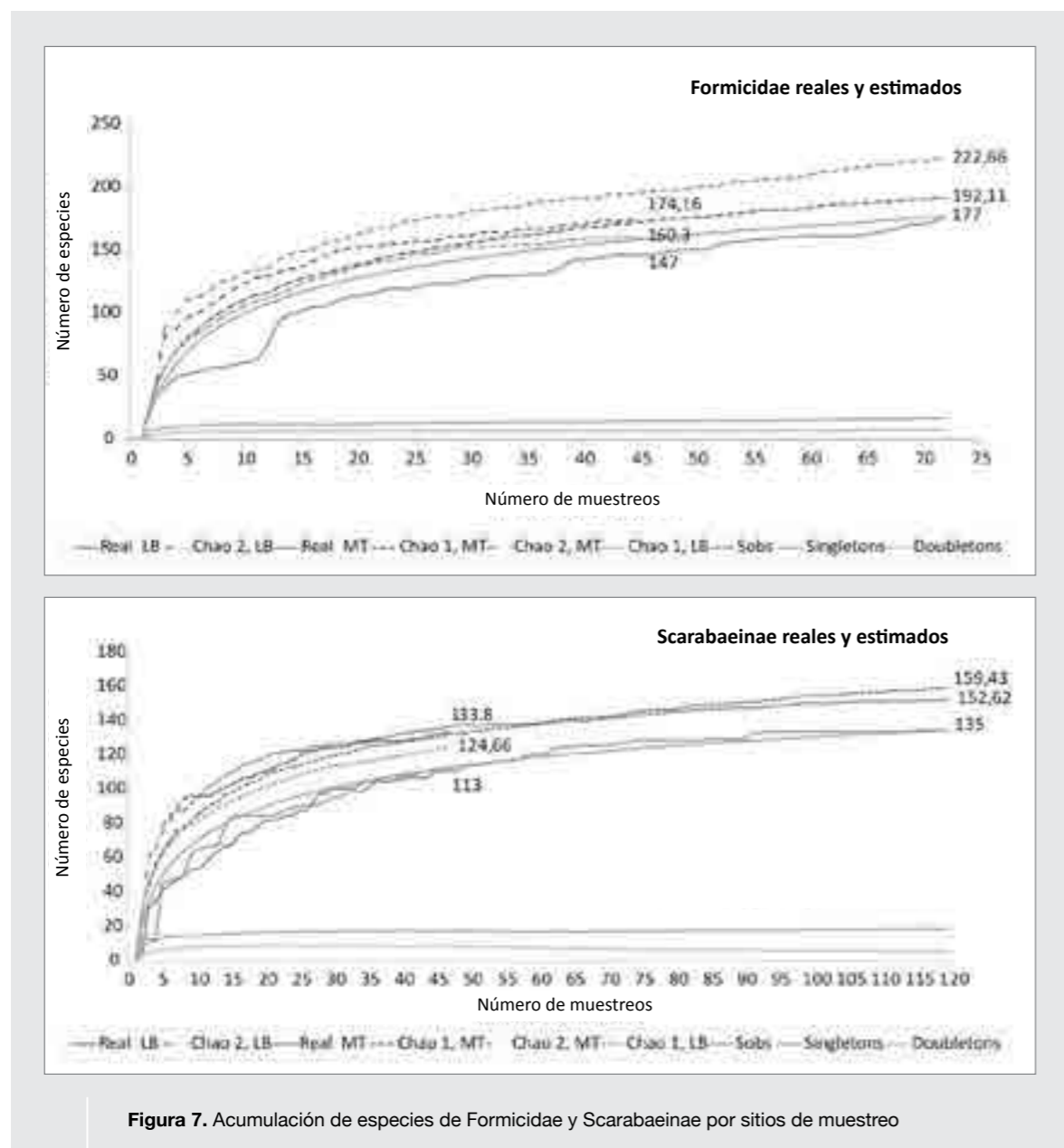


Figura 7. Acumulación de especies de Formicidae y Scarabaeinae por sitios de muestreo

del registro de formícidos. En cuanto a los Scarabaeinae, esta misma tendencia general es similar. También resalta el muestreo de LB índice CHAO 2 que predijo 134 especies de las 135 totales reales, lo cual indicaría que se ha realizado un buen esfuerzo de muestreo en ambos casos.

Sometidos al análisis de varianza factor simple para los Scarabaeinae y Formicidae totales, se observa en la *Tabla 2* que no es significativo solamente para los Formicidae con respecto al cebo por su ya conocido hábito oportunis-

ta, sino también para los Scarabaeinae, y para ambos por tipo de trampa. Esto implica que la variedad de trampas responde a la variedad o especialización de las especies o gremios respecto al cebo o al uso del hábitat o entorno. Con respecto al resultado de significancia respecto a riqueza y abundancia de los Scarabaeinae y Formicidae comparando franjas sucesionales del hábitat (de intervención y no intervención), se observa y ratifica su efectividad en el rol como indicadores ecológicos.

VARIABLE	SUMA C.	G. L.	C. PROMEDIO	VALOR F	PROBABILIDAD	VALOR CRITICO F	SIG.
Scarabaeinae por tipo de trampa	66758706.74	8	8344838.343	342.443	4.65048E-18	2.510	*
Scarabaeinae por tipo de cebo	208576.0806	2	104288.0403	3.043	4.95636E-02	3.034	*
Abundancia Scarabaeinae por franjas	205736.5089	2	102868.2544	3.991	1.95194E-02	3.027	*
Especies Scarabaeinae por franjas	4778443.537	134	35660.0264	1.962	2.85245E-05	1.315	*
Formicidae por tipo de trampa	9626891683	8	1203361460	33.139	3.12965E-09	2.510	*
Formicidae por tipo de cebo	5036052.81	2	2518026.405	1.108	3.31326E-01	3.020	NS
Abundancia Formicidae por franjas	68409853.19	2	34204926.6	4.178	1.59862E-02	3.018	*
Especies Formicidae por franjas	1892393793	176	10752237.46	1.662	1.47029E-04	1.259	*

Tabla 2. Resultados ANOVA para los Scarabaeinae y Formicidae totales registrados

\*Diferencias significativas para  $p < 0,05$

Nota: No se emplea ningún tipo de separadores de miles para las cifras y se usa el punto como separador de decimales

**Bibliografía**

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (Ed.). *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Cashiriari-3 Well site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB series # 2. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1998. 298 pp.

ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (Ed.). *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Pagoreni well site: assessment and training*. SI/MAB series # 3. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1999. 333 pp.

ALONSO, L. E. y AGOSTI, D. "Biodiversity studies, monitoring, and ants: An Overview". Pp 1-8. En: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E. & Schultz, T. R. (Eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000.

ALONSO, L.; KASPARI, M. y ALONSO, A. "Assessment of the ants of the lower Urubamba Region, Perú". Pp 87-93. En: Dallmeier, F.; Alonso, A. & Campbell, P. (Eds.). *Urubamba: The Biodiversity of a Peruvian Rainforest*. SI/MAB series # 7. Smithsonian Institution, Washington, D.C., 2001.

ARCILA, A. M. y LOZANO-ZAMBRANO, F. H. "Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo". Cap. 9. Pp 159-166. En: Fernández, F. (Ed.) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 2003.

BORROR, D.; TRIPLEHORN, C. y JOHNSON, N. *An introduction to the study of insects*, Saunders College Publishing, Philadelphia. 1989. 875 pp.

COLWELL, R. K. *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>. 2013.

DALLMEIER, F. y ALONSO, A. (Ed.). *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well sites*. SI/MAB series # 1. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1997. 367 pp.

DAVIDSON, D. W. *Cocha Cashu Ants. A species list (March, 2001)*. [http://people.duke.edu/~manu/Home/list\\_of\\_species/ants.htm](http://people.duke.edu/~manu/Home/list_of_species/ants.htm). Estación Biológica Cocha Cashu. 2001.

DAVIDSON, D. W.; COOK, S. C.; SNELLING, R. R. y CHUA, T. H. "Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies". *Science* 300:969-972. 2003.

DELLA LUCIA, T. M. C. "Hormigas de importancia económica en la región Neotropical". Pp 159-166. En: Fernández, F. (Ed.) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 2003.

ESCOBAR, F. y HALFFTER, G. "Análisis de la biodiversidad a nivel de paisaje mediante el uso de grupos indicadores: El caso de los escarabajos del estiércol". *Memorias da IV reuniao Latino-Americana de Scarabaeoidologia*. Vicosia, Brasil, 135-140. 1999.

ESCOBAR, F. "Análisis regional de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) de los bosques secos de la región Caribe de Colombia". Pp. 72-75, En: Chaves, M. E. & Arango, N. (eds.). *Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad, Tomo I*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia, 1997.

FAVILA, M. E. y HALFFTER, G. *The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to*

*community structure and function*. *Acta. Zool. Mex.* (n.s.) 72:1-25. 1997.

FINNAMORE, A. "Long-term Monitoring of Arthropod Fauna in The lower Urubamba Region". Pp 177-211. En: Dallmeier F. & Alonso, A. (Ed.). *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Region, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well sites*. SI/MAB series # 1. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1997.

FINNAMORE, A.; ALONSO, L. E.; SANTISTEBAN, J. y ALONSO, A. "Standard Protocols: Assessing and monitoring terrestrial arthropods in the Lower Urubamba Region". Pp. 231-241. En: Dallmeier F. & Alonso, A. (Eds.). *Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Pagoreni well site: assessment and training*. SI/MAB series # 3. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1999.

FINNAMORE, A.; ALONSO, A.; SANTISTEBAN, J.; CÓRDOBA, S.; VALENCIA, G.; DE LA CRUZ, A. y POLO, R. "A Framework for Assessment and Monitoring of Arthropods in a Lowland Tropical Forest". En: *Environmental Monitoring and Assessment Journal* Vol. 76:43-53. 2002.

HALFFTER, G. y FAVILA, M. E. "The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying, and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes". *Biology internacional*. 27:15-21. 1993.

HALFFTER, G. "Historical and ecological factors determining the geographic distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)". *Folia Entomol. Mex.* 82:195-238. 1991.

HALFFTER, G. "A strategy for measuring landscape biodiversity". *Biology International*. 36:3-17. 1998.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. y HALFFTER, V. "A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems". *Folia Entomol. Mex.* 84:131-156. 1992.

HÖLLDOBLER, B. y WILSON, E. O. *The Ants*. Harvard University Press, (Cambridge MA, London UK). 1990. 732 pp.

HOWDEN, H. F. y NEALIS, V. G. "Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera)". *Biotrópica* 7(2):77-83. 1975.

KLEIN, B. C. "Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia". *Ecology*. 70(6):1715-1725. 1989.

LARSEN, T. y ASENJO, A. *Cocha Cashu Dung Beetles Species*. Perú, Marzo 2004. [http://people.duke.edu/~manu/Home/list\\_of\\_species/dungbeetles.htm](http://people.duke.edu/~manu/Home/list_of_species/dungbeetles.htm). Estación Biológica Cocha Cashu. 2004.

MIGUELENA, J. G. *Estructura y composición de las comunidades de hormigas en ambientes contrastantes en el parque estatal Flor del Bosque en Amozoc de Mota, Puebla*. Tesis Licenciatura. Biología. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla, 2008.

NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M. y VULINEC, K. "Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis". *Biological Conservation* 137, 1-19. 2007.

NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; Y FAVILA, M. E. 2008. "Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles". *Biological Conservation*, 141:1461-1474.

NICHOLS, E.; GARDNER, T. A.; PERES, C. A. y SPECTOR, S. "Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade". *Oikos* 118:481-487. 2009.

SANTISTEBAN, J.; VALENCIA, G. y ALONSO, A. "Arthropods: Biodiversity assessment in the Lower Urubamba Region". Pp 101-113. En: Dallmeier F. & Alonso, A. (Ed.). Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well sites. SI/MAB series # 1. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1997.

SANTISTEBAN, J.; POLO, R.; CÓRDOVA, S.; VALENCIA, G.; GÓMEZ, F.; DE LA CRUZ, A. y ALBAR, P. *Arthropods: "Biodiversity assesment at the Pagoreni well site"*. Pp 47-70. En: Alonso, A. & Dallmeier, F. (Eds.). Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: Pagoreni well site: assessment and training. SI/MAB series # 3. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1999.

SOAVE, G. E.; FERRETTI, V.; GALLIARI, C. A. y MANGE, G. (Eds.). *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonia Peruana, Perú, Informe Anual 2007. 2008.*

SOAVE, G. E.; GALLIARI, C. A.; FERRETTI, V. y MANGE, G. (Eds.). *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonia Peruana, Perú, Componente Upstream. Informe Anual 2008. 2009.*

SOAVE, G. E.; JUAREZ, M. C.; FERRETTI, V. y MANGE, G. (Eds.). *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonia Peruana, Perú, Informe Anual 2009. 2010.*

VALENCIA, G. y ALONSO, A. "Beetles (Coleoptera Scarabaeidae): Biodiversity assessment in the Lower Urubamba region". Pp 169-176. En: Dallmeier, F. & Alonso, A. (Ed.). Biodiversity assessment and monitoring of the Lower Urubamba Región, Perú: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well sites. SI/MAB series # 1. Smithsonian Institution / MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 1997.

VALENCIA, G. "Diversity and trophic relationships of dung beetles of the well sites from Lower Urubamba Region, Perú". Pp 121-127. En: Dallmeier, F.; Alonso, A. & Campbell, P. (Eds.). *Urubamba: The Biodiversity of a Peruvian Rainforest. SI/MAB series # 7. Smithsonian Institution, Washington, D.C., 2001.*

VALENCIA, G.; AGUERRE, G.; JUAREZ, M. C. N. S.; CONCHA, R. D. y CÁRDENAS, M. "Los Formicidae de la primera fase del monitoreo de un gasoducto en la amazonia de Cusco, Perú". *Entomología Mexicana* Vol. 12. México. 728-733. 2013.

VILLARREAL, H.; ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S.; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA M. y UMAÑA, A. M. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 2006. 236 pp.*

## 6. HERPETOLOGÍA

### Técnicas de muestreo empleadas para el monitoreo de la herpetofauna en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea

**Claudia Torres-Gastello<sup>1</sup> y Jesús Córdova<sup>2</sup>**  
Departamento de Herpetología

<sup>1</sup> Museo de Historia Natural San Marcos - MUSM // Investigadora de anfibios y reptiles del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
claprist@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM // Coordinador de Anfibios y Reptiles del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
jhcordovasantagadea@yahoo.es

#### INTRODUCCIÓN

Los anfibios y los reptiles son dos grupos de organismos que se encuentran en todos los ambientes naturales de las zonas tropicales y subtropicales del mundo, siendo componentes importantes de la diversidad de un ecosistema debido a que ambos presentan un alto grado de especialización ecológica, preferencias de hábitat y sensibilidad a afectaciones (Caldwell y Vitt, 2009; Wells, 2007). Características como estas hacen de su inclusión dentro de los estudios de impacto ambiental y programas de monitoreo un componente primordial.

Los anfibios son considerados como un grupo sensible a afectaciones debido a que su piel es permeable a intercambios gaseosos con el medio ambiente y a que muchas especies presentan un ciclo vital con metamorfosis (estadios larvales asociados a cuerpos de agua y adultos en ambientes terrestres) así como una limitada capacidad de migración (Wells, 2007). Los reptiles, en cambio, son organismos altamente especializados a determinadas condiciones térmicas y en algunos casos se sitúan en la cima de la cadena trófica (Caldwell y Vitt, 2009). Se consideran a ambos grupos como parte importante de la cadena trófica de sus ecosistemas ya que son magníficos consumidores (buenos controladores) de artrópodos y pequeños roedores, entre otros.

Recabar información sobre la composición y abundancia de sus especies antes, durante y después de cualquier acción humana significativa a efectuarse en determinada área es uno de los elementos más retributivos dentro de los estudios de monitoreo debido a que se suministran valores de base reales sobre el área objeto antes, durante y después de la intervención, a fin de poder conocer si se ha llevado a cabo un manejo y conservación eficiente de dicha área.

Para obtener información tanto de los anfibios como de los reptiles dentro del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea (PMB), se emplean técnicas estandarizadas de evaluación que permiten estimar la presencia y la abundancia de algunas especies reconocidas como indicadoras; las cuales brindan señales de condiciones ecológicas "saludables" y/o sensibles a potenciales cambios ambientales ocasionados por actividades antropogénicas.

A continuación se presenta la metodología y el diseño espacial utilizado y probado en el PMB, el cual ha ido ajustándose desde el inicio del monitoreo en base a la experiencia obtenida a lo largo de las 24 campañas realizadas. Asimismo, se analiza la efectividad de las técnicas y se realizan comparaciones con los métodos empleados por estudios previos realizados en la zona.



**METODOLOGÍA**

La colecta y registro de los anfibios y reptiles se lleva a cabo mediante las técnicas sugeridas para la evaluación y monitoreo de la herpetofauna en la región del Bajo Urubamba por Icochea *et al.* (1998, 1999, 2001), así como por otros autores (Rueda *et al.*, 2006; Crump y Scott, 2001; Jaeger, 2001; Jaeger e Inger, 2001).

**Muestreo visual por transectos y transectos auditivos (TH)**

Debido a que los transectos auditivos se emplean básicamente para contabilizar a los machos vocalizantes, esta técnica permite estimar la abundancia relativa de machos adultos cantando, la composición de especies y los hábitats de reproducción (Zimmerman, 2001); por esto se unieron o superpusieron ambos tipos de transectos.

Mediante esta técnica se realizan recorridos a lo largo de una línea idealmente recta y predefinida (aunque por lo general esto depende de la topografía del área en evaluación), en los que se efectúan búsquedas minuciosas a una velocidad constante y durante los cuales 2 personas contabilizan los anfibios y reptiles registrados en forma visual y auditiva en una banda fija de 2 a 3 metros de ancho (dependiendo de la cobertura vegetal circundante), distancia considerada como visualmente efectiva para la detección de anfibios y reptiles que brinda información de diversidad y densidad en el área evaluada (Jaeger, 2001; Icochea *et al.*, 2001).

Estas bandas fijas son áreas establecidas en días previos a la evaluación (como mínimo, 24 horas antes de la primera evaluación), dispuestos a ambos lados y alejados a un promedio de 10 m del acceso, camino o trocha de desplazamiento (Rueda *et al.*, 2006; Lips *et al.*, 2001; von May *et al.*, 2010), y espaciados entre sí por unos 30 m aproximadamente. Los transectos tienen una longitud de 100 m (Icochea *et al.*, 2001; Córdova *et al.*, 2009) y son instalados en cada tipo de hábitat localizado en la unidad de vegetación designada para la evaluación. Los tiempos de evaluación varían de 30 a 45 minutos por cada transecto. Cada transecto es medido, marcado y georreferenciado para su posterior ubicación en los planos generados del proyecto y para poder reubicarlos en evaluaciones posteriores.

Los transectos son muestreados una vez de noche y otra de día (en ese orden, de ser posible), esto debido a que las búsquedas nocturnas

son efectivas para encontrar especies diurnas y nocturnas, ya que las primeras se encuentran perchando dormidas en la vegetación baja (Lieberman, 1986).

Con estas premisas y para todos los lugares evaluados hasta el año 2010 en el marco del PMB se establecen 20 transectos (TH), los mismos que son evaluados en su misma ubicación tanto en la época seca como en la húmeda. Los TH son distribuidos en un rango aproximado de 2 km del campamento o punto central, evitando la superposición con otros grupos de evaluación y cubriendo todos los hábitats posibles (Ver Figura 1). Este número se mantiene en la actualidad para las zonas blanco o sin intervención. Para lugares con plataformas en actividad, o desarrollos puntuales, los TH son 12 y se sitúan de manera radial al impacto en un rango de 300 m (Ver Figura 2). Para los *flowline* o derecho de vía, los TH también son 12 y se distribuyen en 2 km de longitud (Ver Figura 3).

**Evaluación por Encuentro Visual (VES)**

Llamado también VES por sus siglas en inglés (*Visual Encounter Survey*), esta técnica consta de una búsqueda limitada por unidad de tiempo de esfuerzo (brinda cierto número de especies colectadas u observadas por horas/hombre). Para su empleo se estandarizó el tiempo de esfuerzo de colecta en 1 hora. Los VES sirven para realizar muestreos de día y de noche, debido a que en este último horario se localizan a las especies diurnas que duermen en la vegetación baja (Schlüter, 2004).

Este método es útil para registrar anuros habitantes de hojarasca y arborícolas, salamandras, lagartijas grandes y culebras; asimismo es efectivo para monitorear larvas de anfibios en charcas, pero es inapropiado para analizar especies de dosel y fosoriales (Crump y Scott, 2001; Rueda *et al.*, 2006).

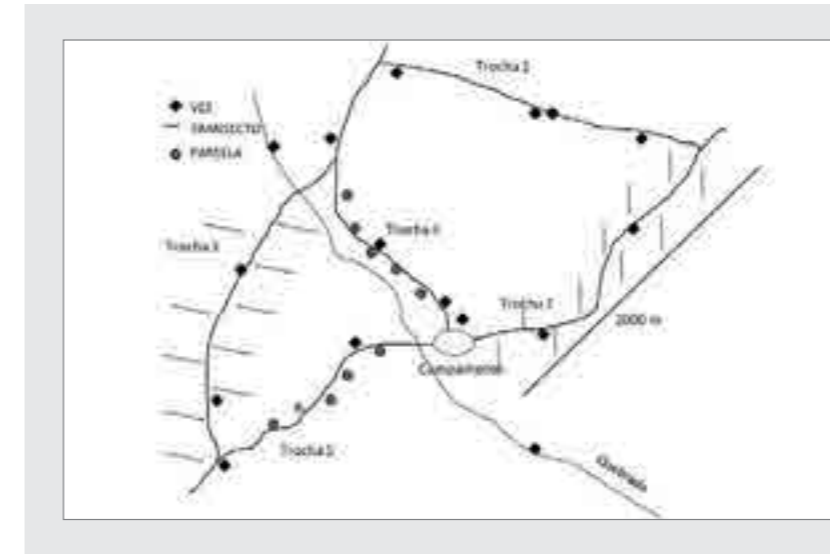
El VES se emplea para determinar la riqueza de especies de un área, para compilar una lista de especies (composición específica de una agrupación de anfibios y reptiles) y para estimar la abundancia relativa de especies dentro de una agrupación (Rueda *et al.*, 2006; Crump y Scott, 2001; Icochea *et al.*, 2001).

En los lugares blancos o control se llevaron a cabo 15 (VES) de una hora cada uno, distribuidos en 7 diurnos y 8 nocturnos. Los VES se distribuyeron en todas las trochas posibles, evaluándose el mismo día de la llegada los ubicados en las trochas con mayor tránsito por

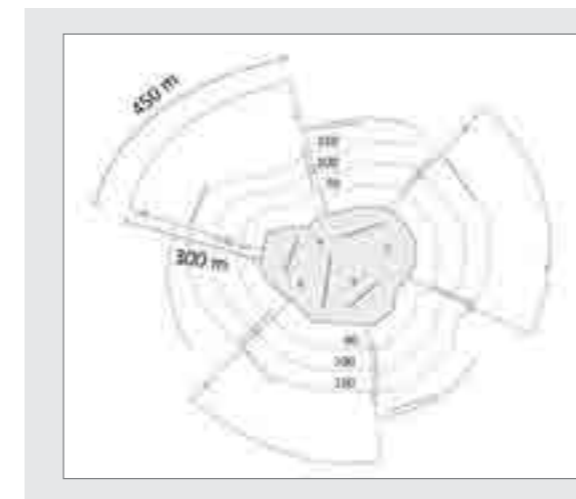
los diferentes grupos de evaluación en el PMB (debido, por ejemplo a una topografía más adecuada para circular). Adicionalmente, los VES se realizan también en los cuerpos de agua encontrados en el área de evaluación circundante (Ver Figura 1). Entre épocas de muestreo se mantuvo, de ser posible, la misma área de evaluación, modificando o moviendo a áreas cercanas aquellos VES que por motivos de clima no se pudieron evaluar, como los ubicados en cuerpos

de agua muy crecidos por la estacionalidad y los que exponen a peligros innecesarios la vida de los evaluadores.

El número de 15 VES se mantiene en la actualidad para las zonas blanco o sin intervención. Para lugares con plataformas en actividad, los VES son 12 y se sitúan de manera radial al impacto en un rango de 300 m (Ver Figura 2). Para los derechos de vía, los VES también son 12 y se distribuyen en 2 km de largo (Ver Figura 3).

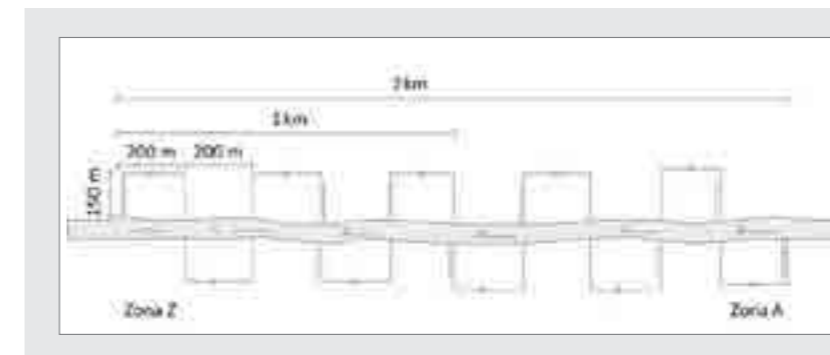


**Figura 1.** Esquema del muestreo de evaluación de lugares blanco o control



**Figura 2.** Esquema del muestreo espiral de evaluación de locaciones

v 12 VES  
/ 12 TRANSECTOS



**Figura 3.** Esquema del muestreo lineal de evaluación de ductos

v 12 VES  
/ 12 TRANSECTOS

### Parcelas de hojarasca

Consiste en buscar de manera intensiva los anfibios y reptiles en un área cuadrangular de 5 x 3 m, evaluándose una vez durante el día. Esta es una técnica muy útil para muestrear especies de anfibios, lagartijas pequeñas y serpientes que viven sobre o entre la hojarasca dentro de un área relativamente homogénea (Jaeger e Inger, 2001). La ventaja de este método laborioso es que permite llevar manos y ojos cerca del objeto; por el contrario, la efectividad del método se reduce en hábitats con cobertura densa y en terrenos irregulares o escarpados de difícil acceso (Rueda *et al.*, 2006).

La búsqueda dentro de una parcela requiere de 20 minutos para un equipo de 2 o más personas (4 es el ideal), los mismos que remueven la hojarasca y toda cubierta sobre el suelo empezando por los extremos del límite de la parcela hacia el centro hasta cubrir toda el área y capturan cualquier animal que se encuentre. Los animales registrados se colocan en bolsas plásticas infladas y con hojarasca húmeda. Una vez limpia la parcela, los animales se identificarán, pesarán, medirán y se liberarán en un área cercana. Después de hacer esto, el equipo debe colocar la hojarasca nuevamente en la parcela para minimizar la afectación causada (Lips *et al.*, 2001). El muestreo por cuadrante puede ser ampliamente perjudicial para el hábitat, debido a la remoción de la vegetación sobre el área evaluada; es por esto que entre estaciones de muestreo muy cercanas (menos de un año) las parcelas se ubican en lugares cercanos y no se superponen para dejar que el parche se recupere.

El número de 10 parcelas se mantiene en la actualidad para las zonas blanco. Para lugares con desarrollos puntuales y lineales, no se está considerando esta técnica de muestreo.

En líneas generales, el trabajo de campo se realiza empleando equipos y dispositivos usuales para la colecta de herpetozoos tales como: linternas de mano, linternas frontales, redes, bolsas plásticas y de tela para la captura de ejemplares, y un termómetro, así como sustancias fijadoras y preservantes.

### Datos climáticos

Durante las evaluaciones del PMB se han considerado la toma de datos ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Se ha tomado en cuenta, igualmente, la temperatura en la zona puntual de evaluación y durante las evaluaciones tanto diurnas como nocturnas.

La humedad relativa se registra cada 8 horas en el campamento.

### DISCUSIÓN

El PMB, a diferencia de otros estudios en el país, tiene como antecedentes las evaluaciones realizadas entre finales de la década de los noventa y principios del 2000 en conjunto por el Instituto Smithsonian y el Museo de Historia Natural San Marcos-MUSM.

En el área del Bajo Urubamba que actualmente monitorea el PMB, Icochea *et al.* (1999) definieron 7 técnicas de muestreo para la evaluación de la herpetofauna (anfibios y reptiles), y 13 especies de herpetozoos que se monitoriarían (Icochea *et al.*, 1999). Estas técnicas de muestreo fueron propuestas por Smithsonian-MUSM para ser desarrolladas por 2 personas en 3 semanas por vez (Icochea *et al.*, 1999). De las técnicas de muestreo definidas anteriormente por los estudios previos, se escogieron 3: Transectos (TH), VES y Parcelas (PH). Esto se debió a que son técnicas estándar ampliamente utilizadas en el país, son efectivas, flexibles y se adaptan a la topografía del Bajo Urubamba. Además, constituyen técnicas complementarias entre sí, pues en conjunto permiten obtener información de diversidad, abundancia relativa y densidad, o número de individuos por unidad de área (Crump y Scott, 2001; Icochea *et al.*, 2001).

De esta manera los muestreos de herpetozoos para el PMB hasta el 2010 (PMB-blanco<sup>1</sup>) se realizaron mediante 20 transectos, que fue el mínimo recomendado por el Smithsonian-MUSM (Icochea *et al.*, 1998); 15 muestreos por VES (sin haber especificaciones en las evaluaciones del Smithsonian-MUSM), a razón de que estos son el máximo que se pueden hacer por 2 evaluadores dentro del tiempo total de evaluación. El número de parcelas se elevó de 1 a 10 debido a que para el PMB este es la única técnica que permite muestrear específicamente la hojarasca (ver *Tabla 1*). El número de VES y parcelas se establecieron también para intentar equiparar los esfuerzos de muestreo realizados por Smithsonian-MUSM. Después de 2010 se mantuvo este protocolo para el muestreo de localidades blanco o sin intervención.

Desde el año 2011, el PMB se focalizó en el seguimiento de áreas con intervención del proyecto analizando el grado de afectación, evolución y/o recuperación. Se modificó el protocolo

de muestreo a 12 TH y 12 VES ubicados en función de la intervención a evaluar (desarrollos puntuales o lineales) (Ver *Tabla 1*).

Al comparar el esfuerzo de muestreo de Smithsonian-MUSM frente al PMB, se observa que el número y ubicación de las técnicas de muestreo establecidas en este último permitió registrar 3 especies más de anfibios, pero 9 menos dentro de los reptiles (ver *Tabla 2*). Cabe mencionar que para la *Tabla 2* y los siguientes análisis solo se están considerando a las espe-

El número de individuos registrados de anfibios es mayor en los VES que en los transectos, esto debido a que los primeros abarcan los cuerpos de agua ubicados en las zonas de evaluación. Para los reptiles, ambas técnicas han sido igual de efectivas; esto se puede deber a que los primeros permiten ubicar y muestrear los parches de sol, aprovechados por la mayoría de especies de escamosos (lagartijas y serpientes). Para ambos grupos de herpetozoos las parcelas presentan el menor registro

TÉCNICA	SMITHSONIAN-MUSM	PMB-BLANCO	PMB-ÁREAS DE INTERVENCIÓN
Transectos	20-40 (2)	20	12
VES	No se especifica (1)	15	12
Parcelas	1 (2)	10	0

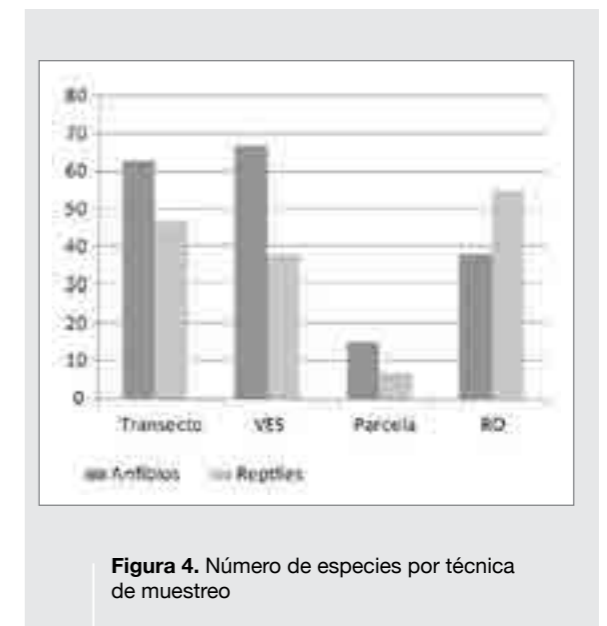
**Tabla 1.** Técnicas de muestreo por estudio llevado a cabo en el Bajo Urubamba

Fuente: Datos tomados de (1) Icochea *et al.*, 1998, (2) Icochea *et al.*, 1999.

cies nominales reconocidas y a las sp.; es decir, no se consideran los especies que necesitan mayor revisión como los cf. (confrontar con), ni los gr. (grupo).

Comparando las 3 técnicas escogidas para el PMB blanco se observa que, en general, los transectos han permitido registrar la mayor cantidad de especies tanto de anfibios como de reptiles, seguido por los VES y, finalmente, las parcelas (véase *Figura 4*). Esta diferencia entre los transectos y los VES se debe a que los primeros se adentran en el bosque mientras que los segundos fueron colocados sobre los caminos, senderos o trochas e influyen positiva o negativamente en la presencia de varias especies de anfibios (Rueda *et al.*, 2006, von May *et al.*, 2010), generando una visión distorsionada de la realidad. Una mención aparte deben recibir los Registros Oportunistas (RO), que son registros realizados fuera de las técnicas establecidas y que han permitido sumar especies a la lista del PMB, en especial para los reptiles.

Las parcelas podrían ser consideradas la técnica menos eficiente, pero hay que mencionar que, sobre todo en reptiles, las especies registradas mediante las parcelas no han podido ser registradas por las otras 2 técnicas de muestreo.



**Figura 4.** Número de especies por técnica de muestreo

ESPECIES	SMITHSONIAN-MUSM	PMB
Anfibios	74	77
Reptiles	84	75
Parcelas	1(2)	10

**Tabla 2.** Número de especies de herpetozoos registrados en el Bajo Urubamba

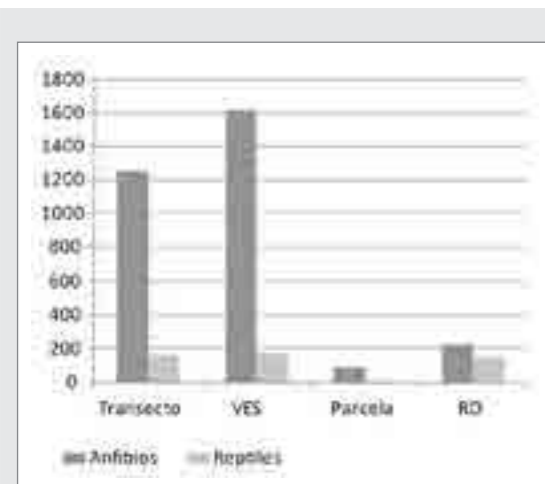
Fuente: Datos tomados de Icochea *et al.*, 2001.

<sup>1</sup> Protocolo extendido: esfuerzo diseñado específicamente para las áreas control de este programa, que se basa en los estudios previos realizados en la zona.

de individuos, sobre todo de reptiles (ver la *Figura 5*). A diferencia del número de especies detectadas mediante los RO, que presenta valores altos, la cantidad de individuos en este tipo de registros es mínima pues solo se descubren algunos pocos individuos por este medio debido a que los registros son realizados usualmente por investigadores de otros grupos de evaluación, co-investigadores nativos, y/o cuando el grupo de herpetología se encuentra en movimiento.

**Análisis del Esfuerzo de Muestreo**

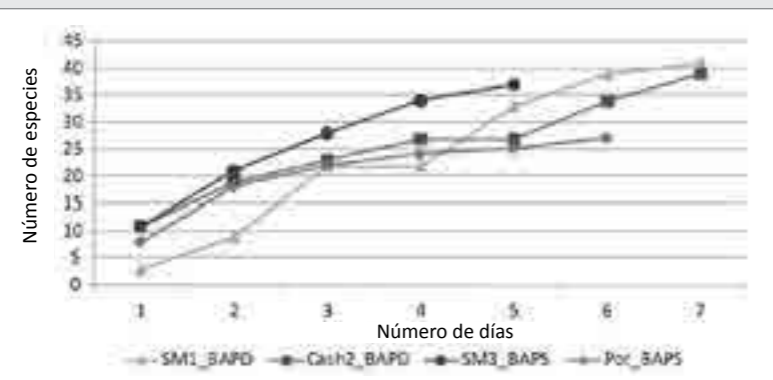
Como ejemplo del esfuerzo de muestreo desplegado en cada localidad por evaluación se



**Figura 5.** Número de individuos por técnica de muestreo

presentan 4 curvas de acumulación de especies por el número de días acumulados (*Figura 6*). Para todas las curvas de acumulación se observa que siguen en crecimiento sin llegar a estabilizarse, por lo que es posible reconocer más especies. En las gráficas del Bosque Primario Denso (BAPD) se puede ver que entre los días 3 y 5 las curvas se estabilizan (*Figura 6*). Esto es el resultado de que durante estas evaluaciones se presentaron picos de precipitación que alimentaron los cuerpos de agua estacionales ubicados dentro del bosque, los cuales permitieron registrar más especies, haciendo que las curvas vuelvan a dispararse. Al comparar las curvas de acumulación del Bosque Amazónico Primario Semidenso (BAPS), se observa que estas van disminuyendo la pendiente sin llegar a estabilizarse (*Figura 6*). Estas curvas suelen presentarse así en la época húmeda debido a que los picos de precipitación alimentan las pozas o charcas estacionales, atrayendo a diferentes especies de anfibios para reproducirse, los que a su vez son “seguidos” por diversas especies de reptiles que se alimentan de ellos o que también utilizan las charcas.

Las curvas de acumulación de especies muestran el número acumulado de especies encontradas dentro de un área geográfica como una función de la medida del esfuerzo de muestreo, por lo que son comúnmente usadas para analizar el éxito de los diseños de muestreo de un determinado grupo biológico. Sin embargo, estas curvas solo representan la presencia de



**Figura 6.** Número de acumulado de especies de anfibios y reptiles por días de muestreo en la época húmeda para 4 localidades

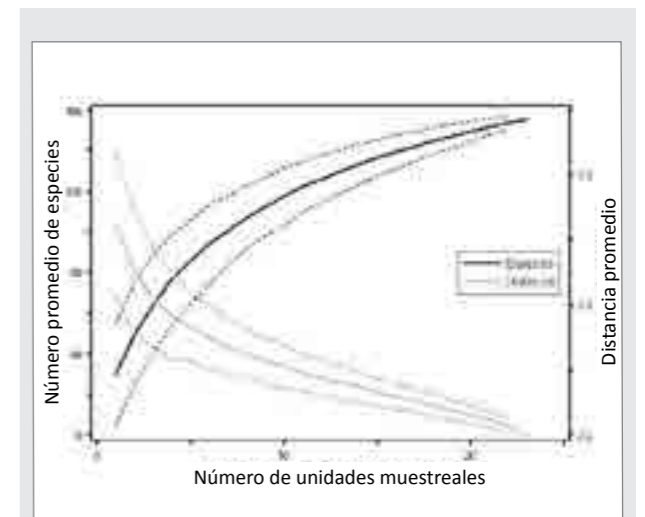
**SM1:** San Martín 1, febrero 2006  
**Cash2:** Cashiriari 2, febrero 2007  
**SM3:** San Martín 3, febrero 2009  
**Por:** Porokari, abril 2012  
**BAPd:** Bosque Amazónico Primario Denso  
**BAP:** Bosque Amazónico Primario semi Denso.

una determinada especie en un área, sin tener en cuenta la abundancia de la misma dentro de la evaluación. Es por esto que se utilizaron las curvas de “distancia media”, recurriendo al coeficiente de Sorensen para la medida de la distancia. Estas curvas incorporan información de la abundancia de cada especie a través del cálculo de la distancia media entre el centroide de una submuestra y el centroide del muestreo total, donde la submuestra más representativa presenta el valor más bajo entre ella y el muestreo total.

El mayor esfuerzo por unidad de vegetación evaluada se observa a partir de la evaluación 21 para el registro de una especie adicional. Según las estimaciones del número esperado de especies de acuerdo a Jackknife; de primer orden es de 156 especies, y de segundo orden, 209 especies; esto representa, para las especies observadas, el 79% de las especies estimadas (*Tabla 3 y Figura 7*). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 74 especies (*Tabla 3 y Figura 7*). Las especies únicas no siempre reflejan una alta riqueza o una deficiencia de muestreo, siendo muchas las posibles causas de su escaso registro, como las variables ecológicas y ambientales. En general, las especies de anfibios y de reptiles son poco conspicuas en el ambiente por lo que la detección de varias especies depende del conocimiento previo de la especie.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que a partir de 18 evaluaciones, se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% (< 0,1) (*Figura 7*).

El mayor esfuerzo por unidad de vegetación para el BAPD se observa a partir de la evaluación 209 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden, es de 115 especies, y de segundo orden, es de 191 especies, lo que significa, en las es-



**Figura 7.** Curva de distancia media de las especies acumuladas en todas las localidades evaluadas

ESFUERZO	MAYOR ESFUERZO	MENOR AL 10%	ESPECIES OBSERVADAS	JACKKNIFE 1	JACKKNIFE 2	Nº ESPECIES CON 1 REGISTRO	Nº ESPECIES CON 2 REGISTROS
<b>Total por Localidades</b>	21	18	156	197	209	43	31
<b>BAPD</b>	209	117	115	160	191	45	14
<b>BAPS</b>	89	136	114	145	154	31	22
<b>PBA</b>	14	71	65	94	113	29	9
<b>AI</b>	10	39	43	67	84	24	6
<b>Localidades Blanco</b>	174	158	110	145	167	35	13
<b>Desarrollos Puntuales</b>	24	177	117	151	168	34	17
<b>Desarrollos Lineales</b>	25	53	62	94	117	32	8

**Tabla 3.** Resumen del esfuerzo y análisis de muestreo

BAPD: Bosque Amazónico Primario Denso; BAPS: Bosque Amazónico Primario Semidenso; PBA: Pacal de Bosque Amazónico; AI: Área Intervenida.

pecies observadas, el 71,2% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 8A). Nuevamente, es necesario considerar que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 59 especies; las especies únicas no siempre reflejan una alta riqueza o una deficiencia de muestreo. Para el caso del BAPD el registro de más individuos de estas especies se dificulta por la topografía de las áreas de evaluación (Tabla 3 y Figura 8A). En las localidades evaluadas han sido escasas las zonas dentro del bosque con charcas estacionales, las mismas que permiten la concentración de diferentes especies, tanto de anfibios como de reptiles.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que, a partir de 117 evaluaciones, se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 8A).

El mayor esfuerzo para el BAPS se observa a partir de la evaluación 89 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden, es de 145 especies, y de segundo orden, es de 154 especies; esta cifra corresponde, en las especies observadas, el 79% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 8B). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 53 especies (Tabla 3 y Figura 8B). Para el caso del BAPS, el bajo registro de individuos de estas especies se puede deber a la composición vegetal de este tipo de bosque pues la *Guadua* sp. o paca ofrece un tipo de refugio que dificulta la detección visual y auditiva de las diversas especies registradas.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que, a partir de 136 evaluaciones se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 8B).

El mayor esfuerzo para el PBA se observa a partir de la evaluación 14 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden, es de 94 especies y, de segundo orden, es de 113 especies, lo que equivale, en las especies observadas, al 69%

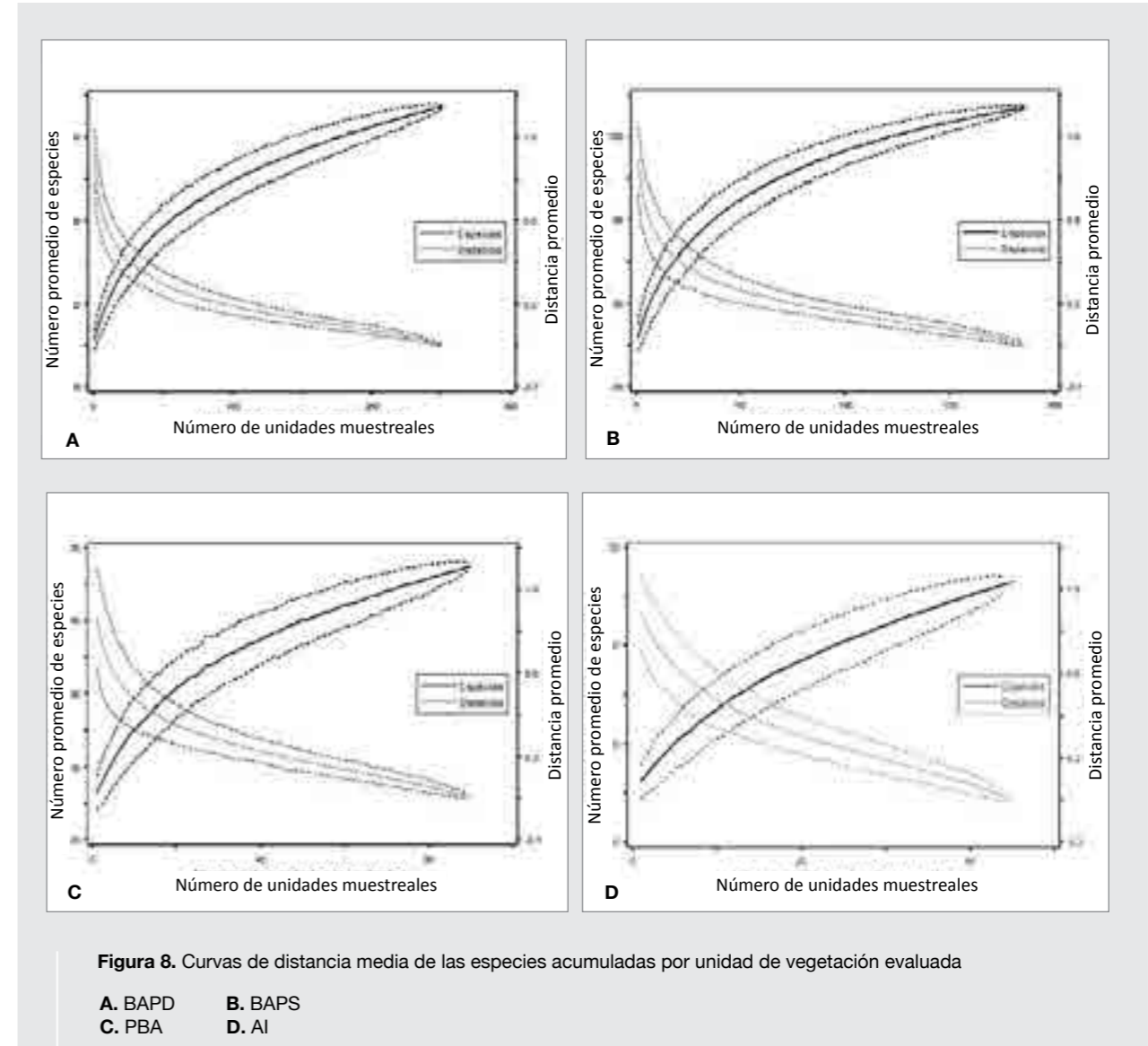
de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 8C). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 38 especies (Tabla 3 y Figura C); para el caso del PBA, al igual que del BAPS, la baja observación de individuos de estas especies se puede deber a la composición vegetal de este tipo de bosque pues la *Guadua* sp. o paca ofrece un tipo de refugio que dificulta la detección visual y auditiva de las diversas especies registradas.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que a partir de 71 evaluaciones se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 8C).

El mayor esfuerzo para el AI se observa a partir de la evaluación 10, para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden es de 67 especies, y de segundo orden, es de 84 especies; esto significa, en las especies observadas, el 64% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 8D). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influidas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 30 especies (Tabla 3 y Figura 8D); el número de especies está influenciado por los factores abióticos de esta unidad de vegetación.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que a partir de 39 evaluaciones se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 8D).

El mayor esfuerzo en las localidades blanco por tipo de intervención del área evaluada se observa a partir de la evaluación 174 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden es de 110 especies y de segundo orden, de 145 especies, lo que representa, para las especies observadas, el 76% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 9A). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 48 especies (Tabla 3 y Figura 9A); en general, los anfibios y reptiles son especies poco cons-



picuas en su ambiente y solo se agrupan bajo determinadas características ambientales.

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que, a partir de 158 evaluaciones, se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 9A).

El mayor esfuerzo en las localidades con desarrollo puntual se observa a partir de la evaluación 24 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden, es de 145 especies, y de segundo orden, de 167 especies, cifras que corresponden, en las especies observadas, al 77% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 9B). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones

se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con uno o dos únicos registros, los cuales en total suman 48 especies (Tabla 3 y Figura 9B).

Los resultados obtenidos para la “curva de distancia media” indican que a partir de 177 evaluaciones, se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 9B).

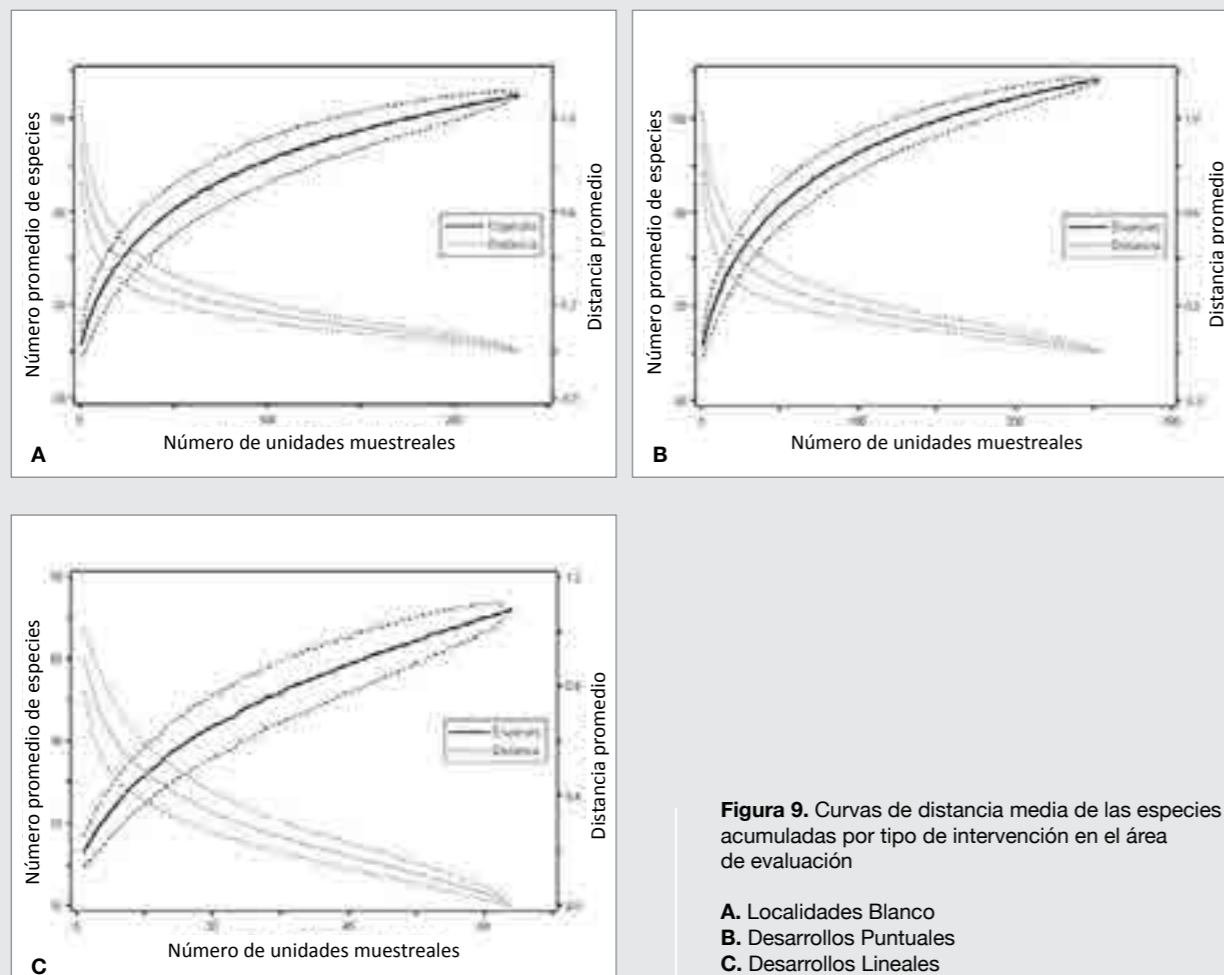
El mayor esfuerzo en los desarrollos lineales por tipo de intervención del área evaluada se observa a partir de la evaluación 25 para el registro de una especie adicional; según las estimaciones del número esperado de especies, de acuerdo a Jackknife de primer orden, es de 94 especies y, de segundo orden, de 117 especies; esto significa, en las especies observa-

das, el 66% de las especies estimadas (Tabla 3 y Figura 9C). Es necesario tener en cuenta que estas estimaciones se encuentran fuertemente influenciadas por el alto número de especies con un o dos únicos registros, los cuales en total suman 40 especies (Tabla 3 y Figura 9C). En general los anfibios y reptiles son especies poco conspicuas en su ambiente y solo se agrupan bajo determinadas características ambientales.

Los resultados obtenidos para la "curva de distancia media" indican que a partir de 53 eva-

luaciones, se obtiene una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ) (Figura 9C).

En líneas generales todas las curvas presentadas muestran que los esfuerzos de muestreo realizados han sido más que suficientes para una adecuada caracterización de la composición de especies de herpetozoos, siendo la distancia entre el tamaño de todas las muestras menor al 10% ( $< 0,1$ ).



## Bibliografía

CALDWELL, J. y VITT, L. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd ed. Academic Press publications is an imprint of Elsevier, 2009. 713 pp.

CÓRDOVA, J., TORRES, C., SUÁREZ, J. y WILLIAMS, J. *Anfibios y Reptiles*. Pp 166-195. En: Soave W., Mange G., Ferreti V. & Galliari C. (Eds). *Diversidad Biológica en la Amazonía Peruana: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. 1ra. Edición – La Plata, 2009.

CRUMP, M.L y SCOTT, N.J. *Relevamientos por Encuentros Visuales*. Pp 80-87. En: Heyer, W.; Donnelly, M.; McDiarmid, R.; Hayek, L. & Foster, M. (Eds). *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios*. Smithsonian Institution Press y Editorial Universitaria de la Patagonia, 2001.

DOAN, T. *Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna?*. *Journal of Herpetology*. 37(1):72-81. 2003.

ICOCHEA, J., QUISPITUPAC, E. y PORTILLA, A. *Amphibians and reptiles: Biodiversity assessment in the Lower Urubamba Region*. 125-142. En: Alonso, A. & Dallmeier, F. (Eds). *Biodiversity Assessment of the Lower Urubamba Region, Perú: Cashiriari 3-Well S and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series #2. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, DC. EE.UU., 1998.

ICOCHEA, J., AGUILAR, C., ARIZABAL, W., CÓRDOVA, J., PEREZ, J. PORTILLA, A., QUISPITUPAC, E., RIVERA, C. y RODRÍGUEZ, L. *Protocolos Sugeridos para la Evaluación y Monitoreo de los Anfibios y Reptiles del Bajo Urubamba, Perú*. 281-283. En: Alonso, A. & Dallmeier, F. (Eds). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Perú: Pagoreni Well Site Assessment and Training*. SI/MAB Series #3. Smithsonian Institution/ MAB Biodiversity program, Washington, DC., 1999. 372pp.

ICOCHEA, J., QUISPITUPAC, E., PORTILLA, A. y PONCE, E. *Framework for assessment and monitoring of amphibians and reptiles in the Lower Urubamba Region, Peru*. 55-67. En: Alonso, A.; Dallmeier, F. & Campbell, P. (Eds). *Urubamba: The Biodiversity of a Peruvian Rainforest*, SI/MAB Series #7. Smithsonian Institution, Washington, DC., 2001.

JAEGER, R. G. *Muestreo por Transectas*. Pp 98-102. En: Heyer, W.; Donnelly, M.; McDiarmid, R.; Hayek, L. & Foster, M. (Eds). *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios*. Smithsonian Institution Press y Editorial Universitaria de la Patagonia, 2001.

JAEGER, R. e Inger, R. *Muestreo por Cuadrantes*. Pp 93-98. En: Heyer, W.; Donnelly, M.; McDiarmid, R.; Hayek, L. y Foster, M. (Eds). *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios*. Smithsonian Institution Press y Editorial Universitaria de la Patagonia, 2001.

LIEBERMAN, S. *Ecology of the Leaf Litter Herpetofauna of a Neotropical Rain Forest: La Selva, Costa Rica*. *Acta Zool. Mex.* (ns)15: 1-72. 1986.

LIPS, K., REASER, J., YOUNG, B. y IBÁÑEZ, R. *Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Herpetological Circular N° 30, 2001. 115Pp.

RUEDA, J., CASTRO F. y CORTEZ, C. *Técnicas para el Inventario y Muestreo de Anfibios: Una compilación*. Pp 135- 171. En: Angulo, A.; Rueda-Almohacid, J.; Rodríguez-Mahecha, J. y La Marca, E. (Eds). *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservation International. Serie Manuales de Campo N° 2. 2006.

SCHLÜLER, A.; ICOCHEA, J. y PÉREZ, J. *Amphibians and reptiles of the lower Río Lullapichis, Amazonian Peru: updated species list with ecological and biogeographical notes*. Salamandra, Rheinbach, 40(2):141-160. 2004.

VON MAY, R.; JACOBS, J.; SANTA-CRUZ, R.; VALDIVIA, J.; HUAMÁN, J. y DONNELLY, M. *Amphibian community structure as a function of forest type in Amazonian Peru*. Journal of Tropical Ecology 26: 509-519. 2010.

WELLS, K. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press, Ltd., Londres, 2007. 1162 pp.

ZIMMERMAN, B. *Transectos en Bandas Auditivas*. Pp 87-93. En: Heyer, W.; Donnelly, M.; McDiar-mid, R.; Hayek, L. & Foster, M. *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios*. Smithsonian Institution Press y Editorial Universitaria de la Patagonia, 2001.

## 7. AVES

### Descripción y análisis de las metodologías para el monitoreo de la avifauna en la Amazonía peruana

**Víctor Gamarra-Toledo**

Investigador Asociado de la Colección Científica del Museo de Historia Natural (MUSA) de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa // Coordinador de Aves del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
victor.gamarrat@gmail.com

#### INTRODUCCIÓN

Actualmente, las actividades de exploración, extracción y transporte de gas natural representan un importante suministro de energía para muchos países del mundo (EBI, 2003). En el Perú, el Proyecto Camisea (PC) explota reservas de gas de yacimientos localizados en el área de la cuenca del Bajo Urubamba. Estas operaciones gasíferas continuarán en el futuro; por consiguiente, es importante monitorear las actividades antrópicas realizadas en este marco, entender la funcionalidad de los hábitats y propender al mantenimiento de su biodiversidad (Peres *et al.*, 2010).

El área de las operaciones del PC es sensible desde el punto de vista ambiental, ya que se encuentra en bosques relativamente prístinos (Finer *et al.*, 2008; Finer y Orta-Martínez, 2010). Estos bosques tropicales situados al sureste del Perú a veces son denominados “bosques de transición” (Prance, 1989), ya que abarcan áreas que van desde las tierras bajas de la Amazonía hasta la base de la Cordillera de los Andes (específicamente hasta el este de la cordillera del Vilcabamba). Estas características geográficas y geológicas (Haffer, 1969), permiten la existencia de afinidades a nivel de especies y paisajes con los bosques de selva baja, con los Andes y con las sabanas del sur (Gentry, 1990). Por lo tanto, la cuenca del Urubamba es una de las zonas con mayor biodiversidad en los bosques del mundo y tiene una elevada importancia biológica (Gentry, 1990; Alonso *et al.*, 2001; Ter Steege *et al.*, 2003).

La alta diversidad de organismos de los bosques neotropicales está bien ejemplificado por las aves (Fjeldsá, 1994). El área de la cuenca del Urubamba forma parte de la región zoogeográfica del sur de la Amazonía (Stotz, 1996), con aproximadamente 892 especies de aves, en la cual también resaltan las áreas que abarcan el Parque Nacional del Manu (Terborgh *et al.*, 1984; Servat, 1996) y la Reserva Nacional de Tambopata (Parker *et al.*, 1994).

Desde la década de los 90 hasta la actualidad se han llevado a cabo algunos estudios para conocer la diversidad de aves en estos bosques del sureste de la Amazonía peruana. El grupo de las aves ha resultado una pieza clave en numerosos proyectos que evaluaron la integridad de este tipo de ecosistemas, reflejada a través de publicaciones hechas a partir de evaluaciones biológicas en las cuencas baja y alta del Urubamba (Dallmeier y Alonso, 1997; Alonso y Dallmeier, 1998-1999; Robbins *et al.*, 2011), en la Cordillera del Vilcabamba (Alonso *et al.*, 2001) y, en forma sostenida, por el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea (PMB) desde el año 2005 (Soave *et al.*, 2005, 2006, 2008, 2009; Juárez *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013).

En general, las aves se han considerado como buenos indicadores ecológicos, útiles en el monitoreo de la calidad de hábitats naturales y en aquellos que se encuentran bajo presión antrópica (Furness *et al.*, 1993; Stouffer y Bierregaard, 1995; IAP, 2004; IIRB Alexander von Humboldt, 2004; Fleishman *et al.*, 2005; González-Valdivia *et al.*, 2011). En los bosques amazónicos, esta presión humana se constata con actividades de deforestación, mineras, gasíferas o petroleras, con lo cual, el efecto directo sobre estos bosques es la fragmentación de hábitats y la pérdida de biodiversidad (Fletcher *et al.*, 2007; Laurance y Vasconcelos, 2009; Peres *et al.*, 2010; Korfanta *et al.*, 2012).

El efecto directo de las actividades humanas (fragmentación de hábitats) sobre la avifauna ha sido tratado y analizado desde muchos enfoques; por ejemplo, Canaday (1997) y Canaday y Rivadeneyra (2001) toman como grupo de análisis al gremio de aves insectívoras terrestres de un bosque de la Amazonía ecuatoriana (amenazada por exploraciones petroleras). En el estudio se evidencia una disminución en la riqueza de especies insectívoras de los bosques evaluados. En general, en muchos estudios, las aves amazónicas del sotobosque son consideradas como indicadores de respuesta frente a diversos disturbios (Karr, 1982; Bierregaard y Lovejoy, 1989; Bierregaard *et al.*, 1992). Estas afectaciones pueden ser analizadas a través de experimentos que comparan tamaños de parches de bosques fragmentados (Ferraz *et al.*, 2007) y efectos de la construcción de carreteras que ocasionan claros, entre otros (De Oliveira *et al.*, 2011). También se han efectuado estudios que evalúan la respuesta de los diferentes gremios al efecto de la deforestación (Lees y Peres, 2010). En resumen, el objetivo de estos y otros estudios es analizar y comprender el efecto de la fragmentación de bosques sobre la comunidad de aves amazónicas.

Esto permite recalcar la importancia de comprender el funcionamiento y respuesta de las comunidades de aves frente a factores antrópicos y, de esta manera, poder establecer lineamientos o recomendaciones de conservación a los diferentes proyectos (gasíferos o petroleros) que se planean o ya se vienen realizando en la Amazonía peruana.

El objetivo general de los monitoreos del PMB para este grupo biológico es realizar un seguimiento periódico de la avifauna, con el fin de analizar, comparar y describir la comunidad de aves en lugares donde se desarrollan actividades que forman parte del PC y en aquellos sin intervención por parte del PC (sitios blanco). Esto último permite identificar el grado de afectación sobre la avifauna en dos tipos de intervenciones, denominados desarrollos puntuales (pozos) y lineales (derechos de vía). Los resultados y análisis de todas estas evaluaciones permiten al equipo del PMB identificar, proponer y aportar medidas correctivas, así como emitir recomendaciones acerca de las especies y hábitats más sensibles a la gestión de la biodiversidad en la zona evaluada.

## METODOLOGÍA

Existe una amplia variedad de metodologías para evaluar y monitorear las comunidades de aves (Ralph *et al.*, 1996; Bibby *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2004; TEAM, 2008; Hyder *et al.*, 2010; Mac Leod *et al.*, 2011). En los bosques tropicales, la heterogeneidad de hábitats (Terborgh *et al.*, 1990), las difíciles condiciones de trabajo, la necesidad de equilibrar los costos de los monitoreos biológicos (Angehr *et al.*, 2002), la alta diversidad de especies y, por consiguiente, la necesidad de contar con investigadores bien entrenados (Sauer, 1994), ha hecho que exista una necesidad por desarrollar y probar métodos consistentes, eficientes y estandarizados que se traduzcan en protocolos de monitoreo de aves en bosques tropicales (Bibby *et al.*, 2000; O'Dea *et al.*, 2004; TEAM, 2008).

En las evaluaciones de avifauna en estos bosques del Urubamba, el PMB implementa el uso de 4 métodos: Listas de MacKinnon (listas de 20 especies – L20), puntos de conteo, redes y observaciones asistemáticas. Todas las evaluaciones se realizaron en localidades clasificadas según las siguientes unidades de paisaje: Bosque Amazónico Primario Denso (BAPD), Bosque

Amazónico Primario Semidenso (BAPS) y Pacal de Bosque Amazónico (PBA). A su vez, cada una de estas localidades se caracterizó según 3 categorías de afectación: desarrollo lineal (DL) y puntual (DP) y sitio blanco (sin intervención por parte del Proyecto Camisea [PC]).

El tipo de metodología usada en cada una de las localidades depende del diseño de muestreo y de las consideraciones en relación a los objetivos del monitoreo, siendo diferentes en un área con DL, con DP o un sitio blanco (sin disturbio). De esta forma, en las localidades consideradas como sitios blancos se trabajó con las listas de Mc Kinnon (listas de 20 especies) y redes. En las localidades con intervención lineal se trabajó con puntos de conteo y redes. En las localidades con intervención puntual (pozos), se usaron los puntos de conteo, listas de Mc Kinnon y redes.

### Puntos de Conteo

El método denominado “puntos de conteo” es el más conocido y el más usado para las evaluaciones de aves en bosques de zonas templadas (Ralph *et al.*, 1996; Bibby *et al.*, 2000; Haselmayer y Quinn, 2000; Sutherland *et al.*, 2004; TEAM, 2008; Hyder *et al.*, 2010), así como en los bosques tropicales (Blake, 1992; Blake y Loise-

lle, 2001; Cavarzere *et al.*, 2012). Sin embargo, este método resulta ser altamente efectivo en hábitats abiertos o en bosques con bajas riquezas de especies, pero es poco efectivo para especies nocturnas, especies crepusculares, y aquellas especies con bajas densidades (especies raras) (Bibby *et al.*, 2000).

El método consiste en ubicarse en un punto fijo y registrar todas las especies de aves identificadas por observación directa y auditiva. El registro de las especies abarca un radio de observación variable o fijo, así como un periodo de tiempo determinado (Bibby *et al.*, 2000). Una vez culminado el primer punto de conteo, el siguiente punto de conteo se debe ubicar a una distancia de separación de, por lo menos, 100 m. En este tipo de bosques, esta distancia sería la recomendable para evitar el recuento de los mismos individuos durante el censo.

En relación al tiempo que se debe permanecer en cada punto de conteo, Mollon (2010) hace un análisis acerca de la duración de los tiempos de conteo y recalca la importancia de conocer la cantidad mínima de conteo que se usa en los censos de aves, manteniendo el registro preciso de la población que se muestrea.

Mollón (2010) analiza 105 artículos publicados desde el año 2007, en los cuales se reporta el uso de los puntos de conteo. De este total, 56 usan este método para estimar abundancia o densidad, usando distintos tiempos de conteo. De los 56 estudios, más del 91% no brinda explicación referida sobre la opción de elegir un determinado periodo de tiempo de conteo. La eficiencia de los puntos de conteo se maximiza con una duración de menos de 6 minutos; de esta forma, los estudios con aves de bosque que usaron 10 minutos de conteo, corroboraron que buena parte de las detecciones ocurren al inicio del periodo de conteo (Mollon, 2010).

En el caso específico de los bosques tropicales, generalmente se usan 10 minutos (Haselmayer y Quinn, 2000; Esquivel y Peres, 2008; Cavarzere *et al.*, 2012) y las evaluaciones hechas por el Instituto Smithsonian en la cuenca del Urubamba (Angehr *et al.*, 2002) consideran un tiempo de observación en cada punto de conteo de 8 a 10 minutos.

El protocolo de monitoreo de aves del PMB establece un tiempo de observación de 8 minutos y un radio fijo de observación de 20 m.

La ubicación de los puntos de conteo y el trabajo de campo fueron desarrollados utilizando los accesos al bosque del sistema de trochas

realizado por el equipo de avanzada.

Además, en cada punto de conteo también se consideró recabar algunos datos de la avifauna, datos que corresponden a cuestiones de historia natural como comportamiento, época reproductiva (eventos de cortejos o *displays* reproductivos), información acerca de su alimentación y presencia de nidos. Estos datos son importantes y serán de utilidad en posteriores evaluaciones para analizar o comparar el estado de conservación de algunas poblaciones de aves, así como también, permitirán describir e identificar con mayor exactitud, los posibles efectos de las diferentes actividades antrópicas en estas zonas a lo largo del tiempo. Estos datos pueden brindar interesante información cualitativa para recomendar el diseño de una planilla específica para evaluar poblaciones de aves amenazadas en el área del proyecto en el futuro.

Los puntos de conteo se realizaron en las localidades donde existieron DL y DP. Estos se ubicaron en la zona afectada en recuperación a lo largo de los derechos de vía y en el bosque propiamente dicho, para el caso de los DL y en zonas intervenidas alrededor de los pozos o plataformas de gas y el bosque circundante a este, para el caso de los DP.

### Lista de MacKinnon (Listas de 20 especies)

La heterogeneidad de los bosques tropicales requiere de una metodología que se pueda acomodar a esta característica y, sobre todo, que resulte ser eficaz durante relevamientos de corto tiempo. Por esta razón Poulsen *et al.* (1997) y Herzog *et al.* (2002) consideran que para relevamientos rápidos y para los bosques tropicales, la metodología denominada “listas de MacKinnon” resulta ser un método muy útil y eficaz para estimar la riqueza, e inclusive la abundancia relativa y la composición de especies de un área.

Los métodos tradicionales, como los puntos de conteo, permiten generar datos cuantificables con protocolos de muestreo bien establecidos, pero en gran número de oportunidades presentan muchas desventajas para evaluaciones o monitoreos rápidos ya que, entre otras cosas, son frecuentemente difíciles de aplicar en las condiciones que ofrecen los bosques tropicales, requieren una alta calificación de los observadores, son deficientes bajo condiciones climáticas difíciles (Poulsen *et al.*, 1997) y tienden subestimar la riqueza y abundancia de especies de algunos grupos de aves (Poulsen *et al.*, 1997; Herzog *et al.*, 2002; O'Dea *et al.*, 2004; Cavarzere *et al.*, 2012).

Las listas de MacKinnon (Bibby *et al.*, 2000) fueron descritas por MacKinnon y Phillipps (1993) en los boques de Borneo y el uso de esta metodología se ha ido incrementando en lugares con bosques tropicales desde el África (Fjeldså, 1999; O'Dea *et al.*, 2004) hasta el Neotrópico (Poulsen *et al.*, 1997; Herzog *et al.*, 2002; Herzog Kessler, 2006; Herzog, 2008; O'Dea *et al.*, 2004; Soave *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2011).

Si bien este método se parece a otros métodos convencionales de censo que consisten en el registro de especies de manera visual y auditiva durante recorridos en el área, las listas de MacKinnon ofrecen algunas pautas y características que se describen a continuación.

Durante el recorrido por el sistema de trochas, una "lista" empieza con la detección de una especie (especie N°1), continuándose con la siguiente especie (especie N°2), para luego proseguir con la siguiente, hasta completar un listado con un determinado número fijo de especies.

Para todas las evaluaciones que contemplaron el uso de listas de MacKinnon en los bosques del Urubamba, cada lista estuvo compuesta de 20 especies. Acerca del número de especies que son necesarias para confeccionar una "lista", MacKinnon y Phillipps (1993) usaron listas de 20 especies; sin embargo, Poulsen *et al.* (1997) sostiene que este número dependerá de la riqueza de especies que posea la localidad, variando el número de cada lista entre 10, 15 y 20 especies. De esta manera, Herzog (2002) realizó evaluaciones en bosques de Bolivia usando listas de 20 especies.

Una vez confeccionada una "lista de 20 especies (L20)", la siguiente lista comenzará en un punto alejado de donde finalizó la última especie de la L20. Para estas evaluaciones se consideró una distancia de 100 m entre listas. Mantener esta distancia es importante para evitar el recuento de los individuos. Se asume que al mantener esta distancia, las especies que se repitan en los registros de las siguientes L20 corresponden a individuos diferentes (Poulsen *et al.*, 1997; Herzog *et al.*, 2002; Soave *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2011). Sin embargo, las siguientes L20, pueden estas confeccionadas con una o varias especies registradas en las anteriores L20.

Cada L20 es una unidad muestral (Herzog *et al.*, 2002; O'Dea *et al.*, 2004; MacLeod *et al.*, 2011; Cavarzere *et al.*, 2012).

La cantidad de veces que aparece cada especie en el total de L20 obtenida de los hábitats evaluados permite establecer la abundan-

cia relativa de la especie (MacLeod *et al.*, 2011; Juárez *et al.*, 2011). Es recomendable obtener el mismo número de listas para cada hábitat evaluado, para poder realizar comparaciones. Cada L20 debe ser georreferenciada e identificada con un número.

En resumen, esta metodología establece dos premisas importantes: cada L20 debe comenzar y terminar en una misma unidad de análisis (en este monitoreo, nos referimos al tipo de bosque o unidad de paisaje), y que los individuos de las especies que se registran no sean los mismos de una L20 a otra.

Es importante señalar que la L20 tiene una ventaja respecto a los tradicionales tipos de censo; la unidad muestral tiene un regulador intrínseco que compensa condiciones adversas a la confección de las listas. Esto quiere decir, por ejemplo, que si las condiciones climáticas son adversas y por consiguiente la actividad de aves es baja, completar una L20 se torna más difícil y debe compensarse con mayor esfuerzo (en tiempo o recorrido). Por el contrario, si el clima es favorable, se confeccionarán listas rápidamente (Soave *et al.*, 2009).

De toda la información de las L20, se obtiene la riqueza de especies, la abundancia relativa (expresada como la división entre el número de listas en que ocurre la especie y el número total de listas para el sitio muestreado), índices de diversidad, curvas de rarefacción y de rango-abundancia (Krebs, 1989; Moreno, 2001 y IIRB Alexander von Humboldt, 2004). Con los puntos de conteo, se obtienen los mismos datos.

### Redes

Las redes de neblina sirven para registrar aquellas especies crípticas que no son tan fáciles de registrar durante los censos de los puntos de conteo o L20 (Ralph *et al.*, 1996; Bibby *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2004; TEAM, 2008; Hyder *et al.*, 2010). En general, las redes complementan muy bien el uso de los puntos de conteo y L20 para poder construir un listado de especies más sólido en estos bosques.

Asimismo, los datos que provienen de las redes no son recomendables para obtener valores de índices de diversidad o abundancias relativas (Remsen y Gold, 1996; Derlindati y Caziani, 2005). Sin embargo, los datos de las redes permiten obtener valores de frecuencia de captura.

Para los registros del PMB, en promedio se usaron entre 30 y 40 redes de niebla de 12 m de largo por 2,5 m de alto para cada localidad

evaluada. Estas redes se abrieron al amanecer y se cerraron antes del ocaso. Cada red fue georreferenciada e identificada con un número.

El diseño muestral en la disposición y ubicación de las redes en el área evaluada fue diferente entre los años 2005 y 2010. En esos años el diseño consistió en una evaluación de la avifauna a lo largo de fajas o bandas. Estas fajas fueron 4, establecidas en relación a una distancia perpendicular al derecho de vía. Por lo tanto, se usaron 40 redes para cada localidad, sumando un esfuerzo total de 1600 h/día.

A partir del año 2011 se trabaja con una disposición espacial diferente en los lugares con DP y DL, aunque en ambos se usan 30 redes con un esfuerzo total de 1200 h/día. En el caso específico de los lugares con desarrollo lineal, del total de las 30 redes usadas, 15 redes se ubican a cada lado del *flowline* en recuperación durante 4 días (con 10 h/día de esfuerzo) y cada línea de redes está dispuesta a una distancia aproximada de entre 20 y 50 m con respecto al borde del DdV a cada lado. En el caso del desarrollo puntual, de las 30 redes utilizadas se instalan 15 redes cerca de la plataforma (zona más afectada) y 15 redes más cercanas al bosque. Con las redes también se trabaja durante 4 días (con 10 hs/día de esfuerzo).

Adicionalmente, desde el año 2011 se consideró realizar el anillamiento de aves en sitios intervenidos para evaluar aquellas especies más sensibles al impacto lineal (ensambles o bandas mixtas de sotobosque y subdosel) y se evaluó su recaptura por cruce del DdV.

Los datos correspondientes a especies presentes y su frecuencia de captura fueron utilizados como complemento de los puntos de conteo y L20. Se obtuvieron datos biométricos (en el caso de algunas especies con una situación taxonómica no muy clara, como es el caso de algunas especies de las familias *Thamnophilidae* y *Furnariidae*), un registro fotográfico y, por último, se procedió a la liberación de cada individuo capturado. En el caso de colectas, los especímenes fueron preparados y depositados en CORBIDI y en el Museo de Historia Natural de la Universidad de San Agustín (MUSA).

### Registros Asistemáticos

Paralelamente al desarrollo de los métodos de puntos de conteo, listas de 20 especies y redes, se realizan observaciones asistemáticas con la finalidad de registrar la mayor cantidad de especies y confeccionar un listado de especies

más completo. Estas observaciones asistemáticas consisten en seguir realizando observaciones o registros auditivos todo el tiempo que no se esté trabajando con los métodos antes señalados. Obviamente estas observaciones no forman parte de un método restringido a un diseño de muestreo y, por lo tanto, no son usados para los análisis estadísticos.

Son importantes las grabaciones de los cantos de las aves en estos bosques tropicales, inclusive como alternativa a la colecta (Parker, 1991; Haselmayer y Quinn, 2000). Por esta razón, se hicieron grabaciones de las vocalizaciones de las especies de aves registradas a través de las L20 y puntos de conteo. Se usó una grabadora Marantz PMD 661 y un micrófono direccional Sennheiser ME67.

La identificación de las aves es respaldada con la consulta de guías especializadas y listados de aves de esta región amazónica: Terborgh *et al.* (1984); Hilty y Brown (1986); Servat (1996); Clements Shany (2001); Ridgely Greenfield (2001); Alonso *et al.* (2001); Schulenberg Servat (2001); Schulenberg *et al.* (2010); Soave *et al.* (2009). La identificación de las vocalizaciones grabadas durante los censos ha sido corroborada con las grabaciones disponibles en "Birds of Perú" (Peter Boesman), "Voices of Amazonian Birds" (Schulenberg, Marantz y English) y "Song of the Antbirds" (Phyllis Isler y Bret Whitney) de la "Biblioteca de Sonidos Naturales Macaulay", del laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell ([www. http://macaulaylibrary.org/](http://macaulaylibrary.org/)) y de la base de datos de cantos de aves disponible en internet "Xeno-Canto" (<http://www.xeno-canto.org>).

La clasificación taxonómica de todas las especies registradas sigue la clasificación establecida por el Comité de Clasificación de Aves de Sudamérica (SACC), comité oficial de la Unión de Ornitólogos de América.

### Análisis de datos

Uno de los problemas más difíciles que afrontan los relevamientos o monitoreos de la diversidad biológica es registrar el total de la riqueza de especies del lugar evaluado. Sin embargo, existe un análisis bastante útil y robusto, denominado las curvas de acumulación de especies (Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001; Moreno, 2001; Herzog *et al.*, 2002; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) que puede ayudar a estandarizar estas estimaciones de riqueza. Estas curvas representan el número de especies acumulado durante la evaluación, en relación al esfuerzo de



muestreo utilizado, permitiendo obtener resultados comparables con otras evaluaciones en diferentes periodos de tiempo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Las curvas se calculan conforme se van añadiendo los puntos de conteo o L20. Es decir, toda curva comienza con un número inicial de puntos de conteo o L20, sumándose sucesivamente las especies nuevas de los puntos o listas que siguen. Se mezcla el orden de los puntos y listas al azar y se construyen las curvas en el programa Estimates versión 8.2 (Colwell, 2009).

En otras palabras, estas curvas muestran gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las estaciones o localidades de muestreo. Cuando la curva se acerca a la asíntota, se asume que aunque aumente el esfuerzo de muestreo, no se incrementará el número de especies encontradas, razón por la cual se establece que se ha realizado un eficiente muestreo (Soberón y Llorente, 1993; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

También se emplean los índices de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de dominancia de Simpson (Krebs, 1989; Hammer *et al.*, 2001) y el análisis de similitud (Morisita-Horn). Este último índice considera la abundancia de las especies

además de su riqueza (Magurran, 1988). Los resultados de los análisis de similitud de Morisita-Horn sirven para elaborar dendrogramas a través de análisis Cluster (Hammer *et al.*, 2001). Asimismo, el índice de abundancia relativa de cada especie se expresa como la división entre número de puntos de conteo o listas en que ocurre la especie y el número total de puntos de conteo o listas para el sitio, expresado en porcentaje.

Las curvas de rango-abundancia constituyen un método gráfico utilizado para analizar las regularidades intrínsecas en poblaciones de organismos basados en la estructura de la comunidad, en función del número y abundancia de las especies (Moreno, 2001). Las curvas rango-abundancia sintetizan en un gráfico la información relativa al número de especies y a la distribución de abundancias para cada localidad, unidad de paisaje o tipo de intervención.

## DISCUSIÓN

En 8 años del PMB en el sector de explotación del PC, se realizaron 32 evaluaciones de campo (ver *Tabla 1*).

INTERVENCIÓN	UNIDAD DE PAISAJE	SITIO DE MUESTREO	AÑO DE MONITOREO
Sitio blanco	BAPD	Armihuari Norte	2010
		Cashiriari 1	2005
		Cashiriari 2	2005
			2007
		Mipaya	2009
	BAPSD	Alto Camisea	2009
		Cashiriari 3	2005
		San Martín Este	2010
		Sepriato I	2007 (2 evaluaciones)
		Sepriato II	2007
Disturbio lineal (DL)	BAPD	Agua Negra	2008
			2011
		Totiroki	2008
			2012
		Potogoshiari	2006
	BAPSD		2011
		Tsonkiriari	2006
			2011
		Meronkiari	2008
			2011
PBA		2008	
		2011	
	Porokari	2008	
		2012	

INTERVENCIÓN	UNIDAD DE PAISAJE	SITIO DE MUESTREO	AÑO DE MONITOREO
Desarrollo puntual (DP)	AI	Malvinas	2006
	BAPD	Pagoreni A	2010
			2013
		Pagoreni B	2010
			2013
	BAPSD	San Martín 1	2006
		San Martín 3	2009
			2012
		San Martín Este	2012

**Tabla 1.** Localidades evaluadas, según el tipo de intervención, unidad de paisaje y el año de evaluación

El esfuerzo total acumulado realizado desde el PMB respecto del componente aves sumó 979 listas de 20 especies, 1600 puntos de conteo y aproximadamente 48 823 horas/red. Las variaciones en los esfuerzos realizados dependieron del cambio del diseño muestral (en el 2005-2010 y 2011-2013). Este es un esfuerzo que ningún otro proyecto en el país ha desarrollado.

El esfuerzo desplegado en cada una de las unidades de paisaje se resume en la *Tabla 2*.

La diferencia de esfuerzos, en la mayoría de los casos, estuvo relacionada con la superficie del sitio donde se realizaron las evaluaciones. Un ejemplo de esto fueron las evaluaciones que se realizaron en los pacales, los cuales, al poseer una distribución en parche, presentan

diferentes tamaños de áreas de bosques, en muchos casos reducidos. En estos parches se realizó una menor cantidad de esfuerzo.

Según el tipo de intervención del bosque, se hicieron un total de 606 listas y 15 133 horas/red, en los sitios blanco. En los bosques con desarrollo lineal, el esfuerzo sumó 1229 puntos de conteo y 20 776 horas/red y en las localidades con intervenciones puntuales, 373 listas, 371 puntos de conteo y 12914 horas/red (*Tabla 3*).

El PMB ha permitido registrar en todas las áreas estudiadas un total de 554 especies de aves, las cuales están distribuidas taxonómicamente en 23 órdenes y 56 familias (incluidos tres *Incertae Sedis* y un *Genera Incertae Sedis*).

	LISTAS DE 20 ESPECIES	PUNTOS DE CONTEO	REDES
Áreas intervenidas	104	-	1700 horas/red
BAPD	453	569	18 397 horas/red
BAPSD	362	591	21 953 horas/red
PBA	60	440	6773 horas/red

**Tabla 2.** Esfuerzo realizado en las distintas metodologías del monitoreo de aves en función de las unidades de paisaje

INTERVENCIÓN	L20	PUNTOS DE CONTEO	RED (HORA/RED)
Blanco	606	-	15 133
DL	-	1229	20 776
DP	373	371	12 914

**Tabla 3.** Esfuerzo total, por tipo de intervención y por tipo de metodología utilizada, durante las evaluaciones del PMB desde el año 2005 al 2013

Este total de registros de especies fue obtenido usando las 4 metodologías antes descritas (puntos de conteo, L20, redes y registros asistemáticos).

En la Figura 1 se muestran los valores totales de riqueza obtenidos para cada localidad evaluada.

De todas las localidades visitadas, en “Malvinas” es donde se registró la mayor riqueza de especies de aves (301); en segundo lugar se encuentran “San Martín 1” y “Mipaya” (ambos con 263 especies); y en tercer lugar, “Cashiri 3” (257). La menor riqueza de especies se registró en “Merunkiari” (116 especies) (Figura 1).

El análisis disgregado de la riqueza de especies registrado en cada localidad usando un determinado método nos indica que las listas de 20 especies permitieron registrar una mayor cantidad de especies. En este contexto, es interesante observar, por ejemplo, que la localidad donde se registró la menor cantidad de especies “Sepriato II” (169 especies) está cercana al máximo valor de riqueza obtenido en otras localidades usando los puntos de conteo. Por lo tanto, los puntos de conteo aportaron valores de riqueza más bajos, en comparación con los valores obtenidos con las listas de MacKinnon (Ver Figura 2).

En todas las localidades, los valores de riqueza de especies obtenidos mediante el uso

de las redes son mucho más bajos que los puntos y listas. De esta forma, las redes (e incluso los registros asistemáticos) estarían funcionando como métodos que complementan a los registros obtenidos con los puntos de conteo y listas de MacKinnon.

En resumen, del total de las 554 especies registradas en todos los sitios evaluados, el método que permitió registrar la mayor cantidad de especies fue la L20; usando este método se pudo detectar 479 especies, que representan el 86% del total de especies registradas. Con los puntos de conteo se detectaron 416 especies (75%), con las redes 274 especies (49%) y por último, con las observaciones asistemáticas 166 especies, la cual representa el 30% (Figura 3).

Esto quiere decir que las listas de 20 especies han brindado mucha mayor cantidad de información para la detección de especies en estos bosques amazónicos. Sin embargo, las redes siguen siendo consideradas un método muy útil para poder registrar aquellas especies con hábitos crípticos, aquellas que no son muy fáciles de detectar por registros visuales o auditivos. Con el uso de las redes, se pudo registrar 33 especies que no fueron detectadas o registradas con los otros métodos mencionados. Son, por tanto, especies que fueron captadas exclusivamente con el uso de las redes.

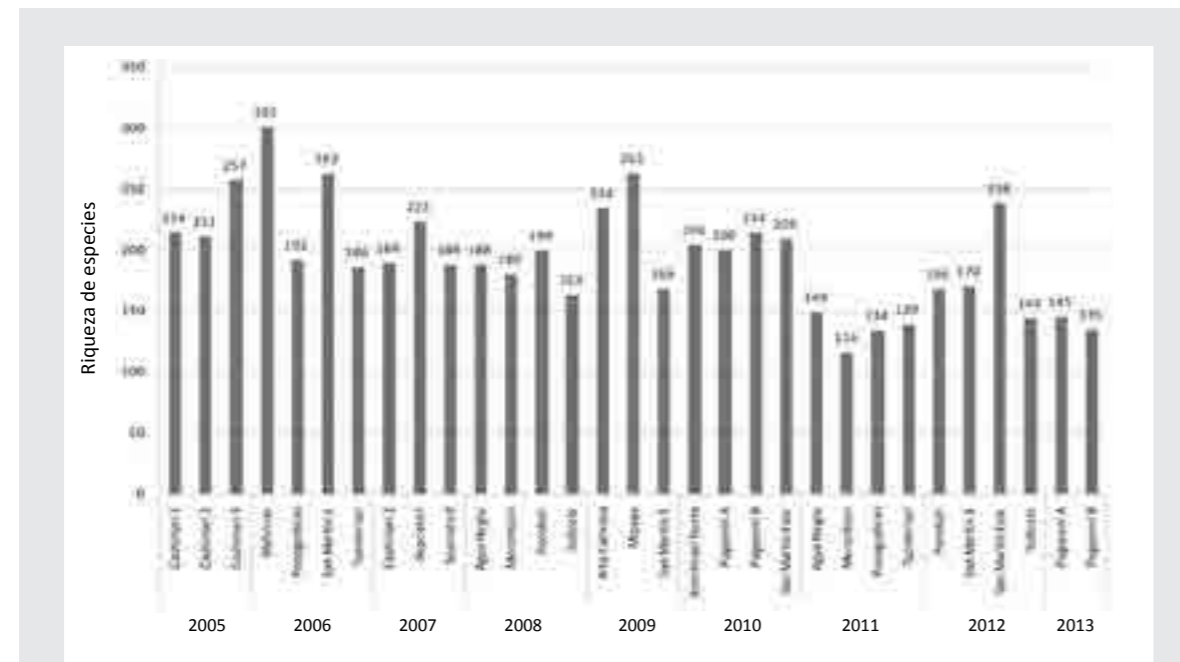


Figura 1. Riqueza de especies registrada en cada localidad evaluada por el PMB desde el año 2005 hasta el 2013

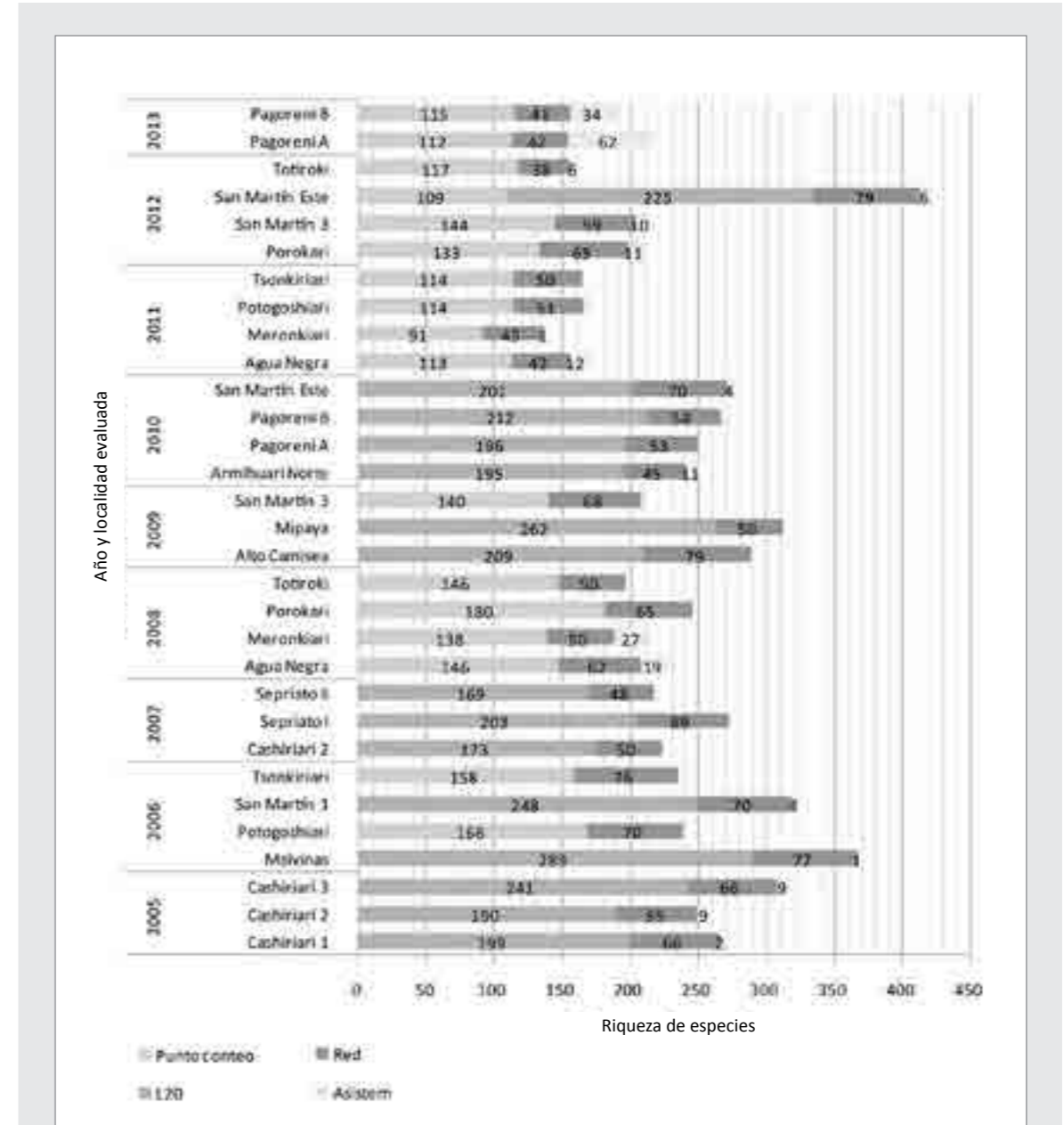


Figura 2. Riqueza de especies registrada en cada localidad evaluada, según el tipo de metodología puntos de conteo, L20 = listas de 20, redes y asistem = registros asistemáticos

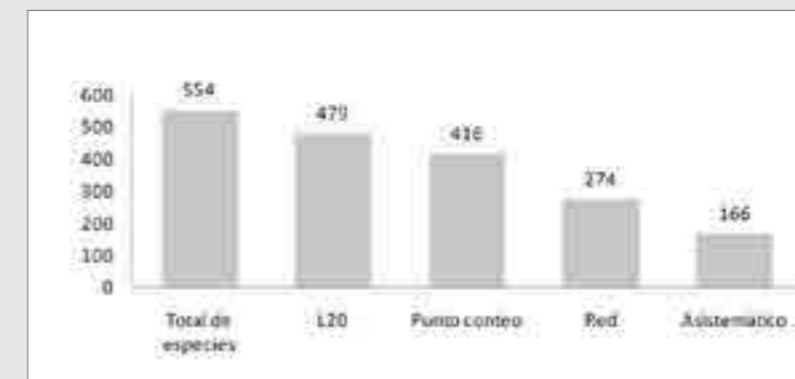


Figura 3. Riqueza de especies de aves, registrada según el tipo de metodología usada por el PMB durante los años 2005 - 2013

Estadísticamente, las L20 y los puntos de conteo representan unidades muestrales independientes y, por consiguiente, permiten realizar cualquier análisis sobre la comunidad de aves. Esto mismo no se puede realizar con las redes, ya que si bien estas son consideradas un método importante para conocer la composición de la avifauna, no son recomendables para obtener índices de diversidad, de Similaridad o de abundancias relativas (Remsen y Gold, 1996; Derlindati y Caziani, 2005). Las redes son susceptibles de muchos sesgos y más bien son recomendables para otros tipos de análisis o preguntas de investigación, como por ejemplo, marcaje de individuos a través de capturas y recapturas, que son indispensables en estudios sobre ecología y comportamiento, estudios sobre dispersión (migración) o utilización de recursos, entre otros.

La riqueza de especies varía en relación a la cantidad de listas (esfuerzo) confeccionadas en cada localidad evaluada y aparentemente una mayor cantidad de listas se reflejará en un valor más alto de riqueza de especies. Sin embargo, luego de comparar 2 diferentes esfuerzos (tratamientos), encontramos que entre los esfuerzos de 55-60 listas y 75-80 listas, la diferencia entre los intervalos de confianza (máximos y mínimos valores) no es significativa (Figura 4). Esto indica que un esfuerzo de muestreo de entre 55 y 60 L20s por sitio, es adecuado para obtener valores aceptables de riqueza total de especies.

Por último, respecto a las listas de MacKinnon, es importante considerar que a la hora de comparar riquezas medias, es necesario tener en cuenta algunas características del bosque, tales

como el tipo de bosque, tipo de disturbio, o incluso la época de evaluación (seca o húmeda).

Para el caso de los puntos de conteo, como ya se mencionó antes, el PMB consideró 2 tipos de esquemas de muestreo, con diferencias respecto del tamaño del área de bosque evaluado y el esfuerzo realizado en cada campaña (menores a partir del 2011).

Fueron 17 localidades en las que se usaron los puntos de conteo. De este total, 7 fueron realizadas durante el periodo 2005-2010 y 10 durante el periodo 2011-2013. En promedio, para el primer periodo se usaron 142 puntos de conteo y para el segundo, se usaron 60. La riqueza media obtenida fue de 154 y 116 especies, respectivamente (Figura 5).

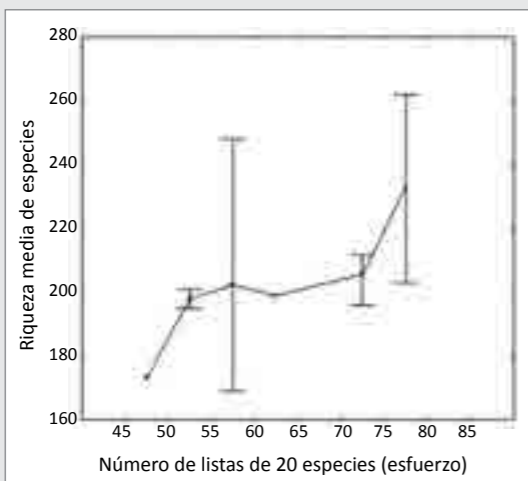
La diferencia de riqueza de especies no es muy significativa si consideramos el esfuerzo usado para cada uno. Sin embargo, es necesario mencionar que durante el primer periodo de monitoreo, el área de evaluación fue mucho mayor que durante el segundo periodo (reducido a 200 m perpendiculares al derecho de vía). Las diferencias en esfuerzos sí son notables y, en este contexto, es importante mencionar que a la hora de aplicar un esfuerzo mayor, se debe tomar en cuenta, la exigencia de más cantidad de tiempo y personal para el monitoreo y más importante aún, las preguntas que se quieren responder con el monitoreo. Es por esta razón que, a partir del 2011, el PMB consideró trabajar con 60 puntos, los cuales brindan una estimación de riqueza interesante en poco tiempo, y que se ajusta al diseño de muestreo para estudiar la evolución y recuperación del bosque en aquellas áreas con desarrollos lineales.

El esfuerzo promedio usado para las redes de neblina fue relativamente constante en las 32 localidades evaluadas. En más de la mitad de las localidades el esfuerzo promedio fue de 1500 horas/red (Figura 6).

Si se analizan las frecuencias promedio de captura de especies, se podría esperar que a medida que se aumenta el esfuerzo de redes, se incrementa la cantidad de especies capturadas (riqueza de especies). Sin embargo, si consideramos la cantidad de localidades en las que se usó un esfuerzo de 1200 a 1600 horas/red, el intervalo entre los valores máximos y mínimos de frecuencia de captura muestra valores de riqueza de especies aceptable y comparable con las capturas hechas con esfuerzos de hasta 3600 horas/red (Figura 7).

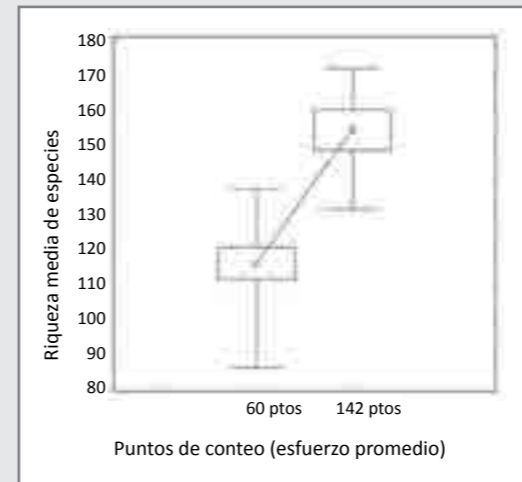
La riqueza media de especies para todas las localidades (exceptuando 2 localidades con esfuerzos muy altos, no comparables) que se evaluaron durante el primer periodo fue de 61 especies y la riqueza media para las localidades del segundo periodo, fue de 53 especies (exceptuando una localidad con un esfuerzo muy bajo, en relación al promedio).

El monitoreo de aves en bosques tropicales requiere de investigadores que estén muy familiarizados con la elevada riqueza de especies (Poulsen *et al.*, 1997; Haselmayer y Quinn, 2000). El efecto del observador en los censos de aves juega un papel fundamental durante el proceso de recoger datos ya que la detectabilidad de las especies es crucial en los monitoreos (Sauer, 1994; Mollón, 2010).



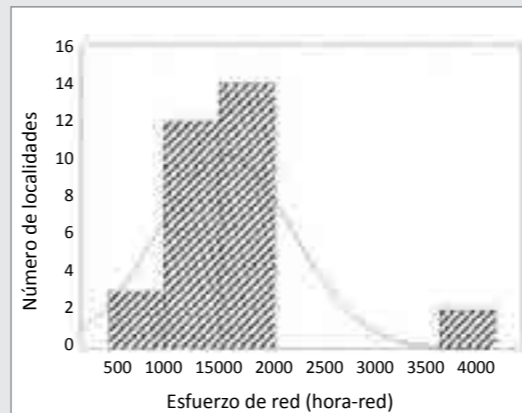
**Figura 4.** Riqueza media de especies de aves registradas con las listas de 20 especies durante los años 2005 – 2013.

*Se consideran todas las localidades, a excepción de "Malvinas" y "Cashiriari 3", en las cuales los esfuerzos no son comparables*

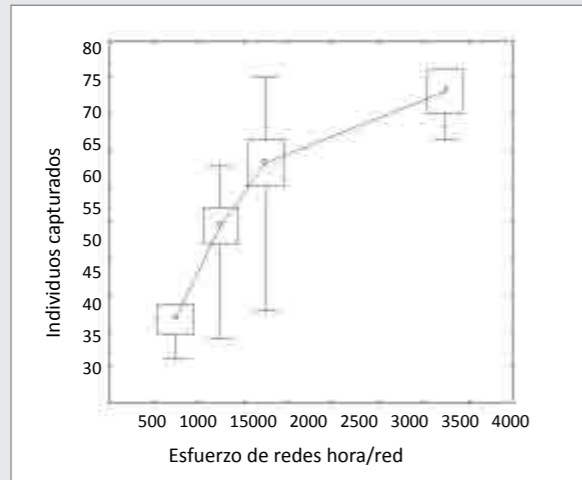


**Figura 5.** Riqueza de media de especies de aves registradas mediante puntos de conteo, con esfuerzos promedio de 142 y de 60 puntos

Media  
Media ± SE  
0.95 Min-max



**Figura 6.** Histograma de la cantidad del esfuerzo de captura con redes realizado en las localidades evaluadas durante los años 2005-2013



**Figura 7.** Frecuencia de captura promedio de aves por cantidad de esfuerzo (horas/red) durante los años 2005-2013

En relación con la comunidad de aves de estos bosques, existen grupos particulares de especies que no son muy fáciles de estudiar y registrar con los métodos convencionales, como por ejemplo, las aves de dosel, aves seguidoras de hormigas o especies de bandadas mixtas (Poulsen *et al.*, 1997).

Usando los métodos antes descritos, el PMB ha podido registrar 554 especies de aves en toda la cuenca baja del Urubamba. Esta cantidad de especies constituye una contribución a las 420 especies registradas oportunamente por el Instituto Smithsonian (Angehr *et al.*, 2002).

El análisis de los resultados respecto de los métodos usados por el PMB demuestra que el uso de las listas de MacKinnon pueden maximizar la detección de especies en un periodo de tiempo corto, corroborando lo encontrado por O’Dea *et al.* (2004) y Cavarzere *et al.* (2012), mientras que con los puntos de conteo se necesitará un mayor esfuerzo para alcanzar una buena representatividad de la riqueza. Si se compara la tasa de acumulación de especies en relación al esfuerzo de campo (Figura 8), usando los puntos y las listas, se observa que las listas registran una mayor riqueza de especies, en re-

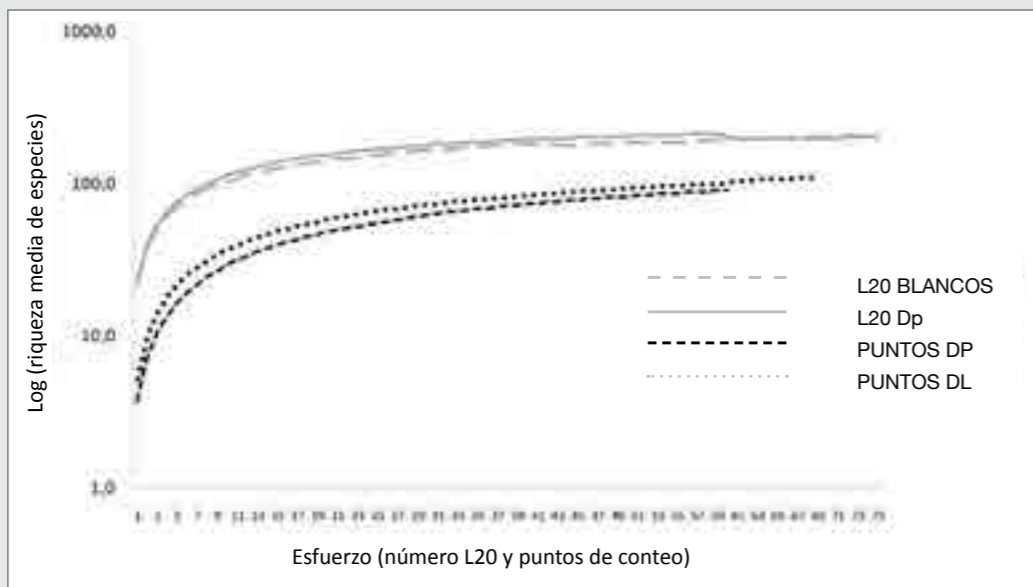
lación a los puntos. Además, la asíntota en las curvas parece estabilizarse más rápido usando el método de las listas de MacKinnon.

Si analizamos la variable tiempo, en general las listas se obtienen en una menor cantidad de tiempo. Por lo tanto, dada la duración de los monitoreos de campo, nuestros resultados apoyan el uso de L20, siempre y cuando el objetivo sea maximizar el número de especies detectadas en una cantidad fija de tiempo (O’Dea *et al.*, 2004).

Aunque en los bosques tropicales de Bolivia, Herzog *et al.* (2002) demuestra que las listas de MacKinnon brindan índices de abundancia consistentes para la mayoría de especies de una comunidad de aves dentro de un periodo de

tiempo corto, O’Dea *et al.* (2004), MacLeod *et al.* (2011) y Cavarzere *et al.* (2012) consideran que la ventaja de los puntos de conteo en relación con las listas, se mantiene. Por último, O’Dea *et al.* (2004) recomienda el uso combinado de ambas metodologías para consolidar una buena evaluación de la avifauna.

En conclusión, la experiencia del PMB acerca del uso de los métodos descritos permite apoyar el diseño de un protocolo de monitoreo para aves, usando y combinando 3 métodos importantes: L20s, puntos de conteo y redes, para cada localidad que se quiera monitorear en los bosques amazónicos del país.



**Figura 8.** Curva de acumulación de especies registradas por el PMB en áreas blanco y de DL y DP usando L20 y puntos de conteo

## Bibliografía

ALONSO A. y DALLMEIER, F. (eds.). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: Cashiriari-3 Well Site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series #2. Smithsonian Institution/MAB. Biodiversity Program, Washington D.C., 1998.

ALONSO A. y DALLMEIER, F. (eds.). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru. Pagoreni Well Site: Assessment and Training*. SI/MAB Series #3. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C., 1999.

ALONSO, L. E., ALONSO, A., SCHULENBERG, T. S. y DALLMEIER, F. (eds.). *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. RAP Working Papers 12 and SI/MAB Series 6, Conservation International, Washington, D.C., 2001.

ANGEHR, G. y AUCCA, C. Birds: *Biodiversity assessment in the lower Urubamba region*. pp. 289-312 in *Biodiversity Assessment and Long-term Monitoring in the Lower Urubamba*. Region: Phase II, San Martin-3 and, Cashiriari-2 Well Sites. SI /MAB Series #1 (F. Dallmeier y A. Alonso, eds.), 1997.

ANGEHR, G., SIEGEL, J., AUCCA, C., CHRISTIAN, D. G. y PEQUEÑO, T. *An assessment and monitoring program for birds in the lower Urubamba region, Peru*. Environmental Monitoring and Assessment 76: 69-87. 2002.

BIBBY, C.J., BURGESS, N.D. y HILL, D.A. *Bird census techniques*. Academic Press, Londres, 2000. 300 pp.

BLAKE, J. G. *Temporal variation in point counts of birds in a Lowland wet forest in Costa Rica*. The Condor 94:265-215. 1992.

BLAKE, J. G. y LOISELLE, B. A. *Bird assemblages in second-growth and old-growth Forests, Costa Rica: perspectives from mist nets and point counts*. The Auk 118(2):304-326. 2001.

CANADAY, C., y RIVADENEYRA, J. *Initial effects of a petroleum operation on Amazonian birds: terrestrial insectivores retreat*. Biodiversity y Conservation 10:567-595. 2001.

CAVARZERE, V., VIEIRA DA COSTA, T. y SILVEIRA, L. F. *On the use of 10-minute point counts and 10-species lists for surveying birds in lowland Atlantic forest in southeastern Brazil*. Papéis Avulsos de Zoologia. Volume 52(28):333-340. 2012.

CLEMENT, J. F. *A Field Guide to the Birds of Peru*. Ibis Publishing Company, Vista, California, 2001.

COLWELL, R. K. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Versión 8.2. Guía del usuario y aplicación publicada en: <http://purl.oclc.org/estimates>. 2009.

COLWELL, R. K. y CODDINGTON, J. A. *Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation*. Phil. Trans. Royal Soc. London B, 345:101-118. 1994.

DALLMEIER, F. y ALONSO, A. *Biodiversity Assessment and Long-term Monitoring in the Lower Urubamba Region*. Phase II: San Martin-3 and Cashiriari-2 Well Sites. SI /MAB Working Papers #1. Smithsonian Institution /MAB Biodiversity Program, Washington D.C., 1997.

DERLINDATI, E. J. y CAZIANI, S. M. *Using canopy and understory mist nets and point counts to study bird assemblages in Chaco forests*. The Wilson Bulletin 117:92-99. 2005.

Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation. Technical

Guide - Terrestrial Vertebrate Fauna Surveys for Environmental Impact Assessment (B.M. Hyder, J. Dell y M.A Cowan Eds.). Perth, Western Australia, 2010.

ESQUIVEL, A. y PERIS, S. *Influence of time of day, duration and number of counts in point count sampling of birds in an Atlantic Forest of Paraguay*. Ornitología Neotropical 19:229-242. 2008.

FJELDSÅ, J., *Geographical patterns of relict and young species of birds in Africa and South America and implications for conservation priorities*. Biodiversity. Conserv. 3:107-126. 1994.

FJELDSÅ, J. *The impact of human forest disturbance on the endemic avifauna of the Udzungwa Mountains, Tanzania*. Bird Conservation International 9:47-62. 1999.

FINER, M., JENKINS, C. N., PIMM, S. L., KEANE, B. y ROSS, C. *Oil and Gas Projects in the Western Amazon: Threats to Wilderness, Biodiversity, and Indigenous Peoples*. Plos One 3:e2932. 2008.

FINER, M., y ORTA-MARTÍNEZ, M. *A second hydrocarbon boom threatens the Peruvian Amazon: trends, projections, and policy implications*. Environmental Research Letters 5:014012. 2010.

FLEISHMAN, E., THOMSON, J. R., MAC NALLY, R., MURPHY, D. D. y FAY, J. P. *Using Indicator Species to Predict Species Richness of Multiple Taxonomic Groups (Utilización de Especies Indicadoras para Predecir la Riqueza de Especies de Múltiples Grupos Taxonómicos)*. Conservation Biology 19:1125-1137. 2005.

FURNESS, R. W., GREENWOOD, J. J. D. y JARVIS, P. J. *Can birds be used to monitor the environment?* pp. 1-41 En R. W. Furness y J. J. D. Greenwood (eds.) *Birds as monitor environmental changes*. Chapman y Hall. Londres, Reino Unido, 1993.

GENTRY, A. H. *Introduction*. En, Gentry, A. H., ed. *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, CT y Londres, RU., 1990.

GONZÁLES-VALDIVIA, N., OCHOA-GAONA, S., POZO, C., GORDON FERGUSON, B., RANGEL-RUIZ, L. J., ARRIAGA-WEISS, S. L., PONCE-MENDOZA, A. y KAMPICHLER, C. *Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica*. Revista de Biología Tropical 59:1433-1451. 2011.

GOTELLI, N. J. y COLWELL, R. K. *Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness*. Ecol. Lett. 4: 379-391. 2001.

HAFFER, J. *Speciation in Amazonian forest birds*. Science 165:131-137. 1969.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. y RYAN, P.D. PAST: *Paleontological statistics software package for education and data analysis*. Paleontología Electrónica 4(1): 9pp.[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). 2001.

HASELMAYER, J. y QUINN, J. S. *A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru*. The Condor 102:887-893. 2000.

HERZOG, S. K., KESSLER, M., CAHILL, T. M. y HACKETT, S. J. *Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data*. The Auk 119:749-769. 2002.

HERZOG, S. K. y KESSLER, M. *Local vs. regional control on species richness: a new approach to test for competitive exclusion at the community level*. Global Ecology and Biogeography 15:163-172. 2006.

HERZOG, S. K. *First ornithological survey of Cordillera Mosestenes, with a latitudinal comparison among lower Yungas bird communities in Bolivia*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 23:59–71. 2008.

HILTY, S. L. y BROWN, W. *A Field Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press. 1986. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. *Guía para estudiar patrones de distribución de especies amazónicas*. Documento Técnico N° 6. Serie IIAP – BIODAMAZ. Iquitos, Perú, 2004.

Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia, 2004. 236 pp.

IUCN. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Descargado el 30 de enero de 2013. 2012.

JIMÉNEZ, A. y HORTAL, J. *Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos*. Sección Boletan. Revista Ibérica de Aracnología Vol. 8, pp: 151-161. 2003.

JUÁREZ, M., MANGE, G. y AGUERRE, G. (eds). *Informe Anual 2010 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. Componente Upstream, 2011.

JUÁREZ, M., MANGE, G., AGUERRE, G. y FERRETTI, V. (eds). *Informe Anual 2011 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. Componente Upstream, 2012.

KRATTER, A. W. *Bamboo Specialization by Amazonian Birds*. Biotrópica 29 (1): 100-101. 1997.

KREBS, C. J. *Ecological methodology*. Harper Collins Publ., 1989. 654 pp.

MACKINNON, S. y PHILLIPS, K. *A Field Guide to the Birds of Borneo, Sumatra, Java and Bali*. Oxford University Press, Oxford, 1993.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 1988. 179 pp.

MACLEOD, R., HERZOG, S. K., MACCORMICK, A., EWING, S., BRYCE, R. y EVANS K. *et al. Rapid monitoring of species abundance for biodiversity conservation: Consistency and reliability of the MacKinnon lists technique*. Biological Conservation 144(5):1374-1381. 2011.

MORENO, C. E. *Métodos para medir la biodiversidad*. MyT-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84. 2001.

MOLLON, A. *The effect of point count duration on avian density estimates. A case study of distance sampling of the avifauna of St. Lucia*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science and the Diploma of Imperial College London, 2010.

PARKER, T. A. III. *On the use of tape-recorders in avifaunal surveys*. Auk 108: 443-444. 1991.

PARKER, T. A., III, DONAHUE, P. K. y SCHULENBERG, T. Appendix 3. Birds of the Tambopata Reserve (Explorer's Inn Reserve). En, *The Tambopata-Candamo Reserve Zone of Southeastern Peru: A Biological Assessment*. Rapid Assessment Program, Conservation International, Washington D.C., 1994.

PEQUENHO, T., SALAZAR, E. y AUCCA, C. *Avifauna of the Northern Cordillera of Vilcabamba, Peru*. pp 98-104. En Alonso L. *et al.* (eds). Biological and Social Assessment of the Cordillera Vilcabamba, Peru. Rapid Assessment Program (RAP) Working Papers 12 and Smithsonian Institution--Monitoring and Assessment of Biodiversity Program (SI/MAB) Series 6, Conservation International, Washington D.C., 2001.

POULSEN, B. O., KRABBE, N., FRØLANDER, A., HINOJOSA, M. B. y QUIROGA, C. O. *A rapid assessment of Bolivian and Ecuadorian montane avifaunas using 20-species list: efficiency, biases and data gathered*. Bird Conservation International 7: 53-67. 1997.

PRANCE, G. T. *American tropical forests*. En, Lieth, H. y M. J. A. Weger, eds., Tropical Rain Forest Ecosystems: Biogeographical and Ecological Studies. Elsevier, Nueva York, NY., 1989.

RALPH, C.J, GEUPEL, G. R., PYLE, P., MARTIN, T. E., DESANTE, D. F. y MILÁ, B. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. General Technical Report PSW-GTR-159, USDA Forest Service, Albany, 1996.

REMSEN, J. V., Jr. y GOOD, D. A. *Misuse of Data from Mist-Net Captures to Assess Relative Abundance in Bird Populations*. The Auk 113:381-398. 1996.

REMSEN, J. V., Jr., CADENA, C. D., JARAMILLO, A., NORES, M., PACHECO, J. F., PÉREZ-EMÁN, J., ROBBINS, M. B., STILES, F. G., STOTZ, D. F. y ZIMMER, K. J. *A classification of the bird species of South America*. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACC-Baseline.html>. 2013.

RIDGELY, R. y GREENFIELD, P. *The Birds of Ecuador: A Field Guide*. Ithaca, NY: Comstock Publishing Associates, 2001.

SAUER, J. R. *Observer differences in the North American breeding bird survey*. The Auk 111(1) 50. 1994.

SCHULENBERG, T. S., STOTZ, D. F., LANE, J. D. F., O'NEILL, P., PARKER, T. A. y EGG, B. A. *Birds of Peru: Revised and Updated Edition*. Princeton University Press, 2010.

SCHULENBERG T. y SERVAT, G. *Avifauna of the Northern Cordillera of Vilcabamba, Peru*. pp 92-97. En Alonso L. *et al.* (eds). Biological and Social Assessment of the Cordillera Vilcabamba, Peru. Rapid Assessment Program (RAP) Working Papers 12 and Smithsonian Institution--Monitoring and Assessment of Biodiversity Program (SI/MAB) Series 6, Conservation International, Washington D.C., 2001.

SERVAT, G. P. *An annotated list of birds of the BIOLAT Biological Station al Pakitza, Perú*. pp. 547-568 in *Manu: The Biodiversity of Southeastern Peru* (D. E. Wilson y A. Sandoval, eds.). Editorial Horizonte, Lima., 1996.

SIMBERLOFF, D. y DAYAN, T. *The Guild Concept and the Structure of Ecological Communities*. Annual Review of Ecology and Systematics 22(1): 115-143. 1991.

SOAVE, G., FERRETTI, V., MANGE, G. y GALLIARI, C. (eds). *Diversidad biológica en la Amazonía peruana: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. 1a ed. – La Plata, Argentina, 2009.

SOBERÓN, M. J. y LLORENTE, J. B. *The use of species accumulation functions for the prediction of species richness*. Conserv. Biol. 7: 480-488. 1993.

STOTZ, D. F., FITZPATRICK, J. W., PARKER III, T. A. y MOSKOVITS, D. K. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago, IL., 1996.

STOUFFER, P. C. y BIERREGAARD, R. O. Jr. *Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds*. *Ecology* 76, 2429-45. 1995.

SUTHERLAND, W. J., NEWTON, I., y GREEN, R. *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques: A Handbook of Techniques (No. 1)*. Oxford University Press, EE.UU., 2004.

TERBORGH, J., FITZPATRICK, J. W. y EMMONS, L. *Annotated checklist of birds and mammal species of Cocha Cashu Biological Station, Manu National Park, Peru*. *Fieldiana (Zool.)* 21: 1-29. 1984.

TERBORGH, J., ROBINSON, S. K., PARKER, III, T. A., MUNN, C. A. y PIERPONT, N. *Structure and organization of an Amazonian forest bird community*. *Ecological Monographs* 60: 213-238. 1990.

TER STEEGE, H., PITMAN, N., SABATIER, D., CASTELLANOS, H., VAN DER HOUT, P., DALY, D. C., SILVEIRA, M., PHILLIPS, O., VASQUEZ, R., VAN ANDEL, T., DUIVENVOORDEN, J., DE OLIVEIRA, A. A., EK, R., LILWAH, R., THOMAS, R., VAN ESSEN, J., BAIDER, C., MAAS, P., MORI, S., TERBORGH, J., NÚÑEZ VARGAS, P., MOGOLLÓN, H. y MORAWETZ, W. *A spatial model of tree diversity and tree density for the Amazon*. *Biodiversity and Conservation* 12:2255-2277. 2003.

The Energy and Biodiversity Initiative. *Integrating biodiversity conservation into oil and gas development*. Washington D.C.: Conservation International, 2003.

Tropical Ecology, Assessment and Monitoring (TEAM) Network. *Avian Monitoring Protocol*. The Center for Applied Biodiversity Science (CABS). Conservation International, 2008.

UNEP-WCMC (Comps.) *Checklist of CITES species (CD-ROM)*. CITES Secretariat, Ginebra, Suiza y UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido, 2011.

VIÉ, J.-C., HILTON-TAYLOR, C., POLLOCK, C., RAGLE, J., SMART, J., STUART, S.N. y TONG, R. *The IUCN Red List: a key conservation tool*. En: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart (eds). *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Gland, Suiza, 2008.

## 8. MAMÍFEROS PEQUEÑOS

### Metodologías desarrolladas para el monitoreo de mamíferos pequeños en la región del Bajo Urubamba

**Alicia Vásquez<sup>1</sup>, Carlos Trucco<sup>2</sup> y Gimena Aguerre<sup>3</sup>**

1 Programa de Conservación de Murciélagos de Perú // Investigadora de Mamíferos Pequeños del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.  
alicia\_vanessa@yahoo.com

2 Maestría en Turismo Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta (Argentina) // Integrante del Equipo de Análisis e Integración del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.  
cetruccho@gmail.com

3 Coordinadora general Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea // Integrante del Equipo de Análisis e Integración del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
contacto@pmbcamisea.com

#### INTRODUCCIÓN

Los mamíferos pequeños son un componente clave en las selvas del Neotrópico por su alta diversidad taxonómica y por su multiplicidad funcional (Voss y Emmons, 1996; Patterson *et al.*, 2003, 2006; Mena *et al.*, 2011). Los mamíferos pequeños agrupan a las especies pertenecientes al orden Didelphimorphia, a las familias Cricetidae y Echimyidae del orden Rodentia, y al orden Chiroptera (Solari *et al.*, 2001, 2002). Este grupo representa más del 60% de las especies de mamíferos en los bosques lluviosos amazónicos (Voss y Emmons, 1996).

En cuanto a los diferentes roles que los pequeños mamíferos cumplen en los bosques neotropicales, destacan la gran diversidad de interacciones planta-animal en las que participan (Solari *et al.*, 1998, 1999; Wilson *et al.*, 1997; Patterson *et al.*, 2003; Aguirre, 2007). Algunas especies actúan como polinizadoras, particularmente los murciélagos nectarívoros (Fleming y Sosa, 1994; Sazima *et al.*, 1999; Cornejo-Latorre *et al.*, 2011), otras tantas remueven semillas de gran cantidad de especies, ya sea dispersándolas o depredándolas (Forget, 1993, 1996; Medellín y Gaona, 1999; Arteaga, 2007; Cornejo-Latorre *et al.*, 2011), y la dispersión de micorrizas (Janos *et al.*, 1995). Además, su papel como controladores de las comunidades de artrópodos es sumamente importante, actuando tanto a nivel del suelo, sotobosque como en el dosel bajo y medio (Stapp, 1997; Burles *et al.*, 2008). No es menor su aporte a la dieta de aves, reptiles y mamíferos carnívoros (Redford y Eisenberg, 1992; Anderson, 1997).

En Perú, el tercer país en diversidad de mamíferos en el Nuevo Mundo después de Brasil y México, con 508 especies, los pequeños mamíferos representan más de las dos terceras partes de estas especies (Pacheco, 2002; Pacheco *et al.*, 2005, 2009). Siguiendo el patrón general descrito para el país, la mayor riqueza de pequeños mamíferos se concentra en la selva baja, donde habitan unas 200 especies. La región sudeste es una de las mejor estudiadas en el país y se reporta como una de las más diversas con respecto a los mamíferos.

Entre los estudios publicados sobre la mastofauna de esta región destacan el inventario detallado de Woodman *et al.* (1991) en Cusco amazónico, Madre de Dios; las primeras listas de especies de mamíferos de la Reserva de Biósfera del Manu, elaboradas por Patterson *et al.* (1992) y Pacheco *et al.* (1993); y la comparación de diferentes lugares de la región amazónica con inventarios detallados realizada por Voss y Emmons (1996), que concluye que Pakitzá-Cocha Cashu presenta el mayor número de especies de mamíferos en toda la región amazónica (139 especies). Del mismo modo, destacan los

estudios realizados en la cuenca del río Bajo Urubamba por Boddicker *et al.* (2001) y Solari *et al.* (2001), quienes evaluaron los mamíferos medianos y grandes, y los mamíferos pequeños, respectivamente; los estudios en la cordillera Villcabamba por Emmons *et al.* (2001), Rodríguez y Amanzo (2001) y Solari *et al.* (2001); en la región del río Purus por Leite-Pitman *et al.* (2003); la actualización de la lista de mamíferos de la Reserva de Biósfera del Manu por Solari *et al.* (2006); y finalmente, la documentación de la diversidad en la cuenca media del río Tambopata, Puno, por Pacheco *et al.* (2011).

Estos y otros estudios en el sudeste peruano han contribuido a un mayor conocimiento de la comunidad de mamíferos de la selva sudoriental peruana. Sin embargo, el continuo registro de nuevas especies o de nuevos registros de distribución en el área (Patterson *et al.*, 2006; Solari *et al.*, 2006) manifiesta la importancia de continuar con el estudio de los mamíferos en esta región.

La Región del Bajo Urubamba (RBU), reconocida por su alta biodiversidad (Gentry, 1988, 1990; Alonso *et al.*, 2001), es también un área de gran importancia económica para el país ya que alberga grandes yacimientos de gas natural. Esta región era poco conocida hasta hace algunos años, debido entre otros aspectos, a que su topografía colinosa la convierte en un área de difícil acceso. Las investigaciones realizadas por el Instituto Smithsonian a fines de la década del 90, permitieron obtener inventarios multitaxonómicos, lográndose información sólida sobre la diversidad de esta región. Las evaluaciones fueron realizadas en varias localidades y tipos de hábitat, totalizando un periodo de muestreo de aproximadamente 4 meses (Solari y Rodríguez, 1997; Wilson *et al.*, 1997; Solari *et al.*, 1998, 1999; Solari *et al.*, 2001), durante los cuales se registraron un total de 103 especies de mamíferos pequeños.

El número de especies listadas para la RBU en Solari *et al.* (2001) se ha reducido a 101 (17 marsupiales, 66 murciélagos y 18 roedores) debido a revisiones taxonómicas posteriores, en las que la especie de murciélago *Choeroniscus intermedius* ha pasado a sinonimia con *C. minor* (Simmons y Voss, 1998), y los especímenes referidos a *Dermanura cinerea* del Perú han sido redeterminados como *D. anderseni* (Solari, com. pers.).

En los últimos años, con el desarrollo del PMB (Soave *et al.*, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010; Juárez *et al.*, 2011, 2012, 2013) se ha incrementado notablemente el conocimiento de los mamíferos pequeños en la RBU a partir de su relevamiento en una amplia superficie y un gran esfuerzo de muestreo. El PMB tiene como objetivo general evaluar el estado de la biodiversidad en el área de intervención del Proyecto Camisea (PC). Durante los 9 años de implementación se realizó la línea de base (primeros 5 años) y la caracterización de los sitios blancos (control) y el monitoreo de sitios con intervención: desarrollos puntuales (plataformas de los pozos y helipuertos) y desarrollos lineales ("*flowlines*" o derechos de vía). En el diseño general se tuvo en cuenta la replicación de estas situaciones y la representatividad de las unidades de paisaje en cada sitio de estudio.

Los mamíferos pequeños son uno de los grupos seleccionados para el monitoreo de especies y comunidades. Para su evaluación, este grupo fue dividido en mamíferos no voladores (Didelphimorphia y Rodentia) y mamíferos voladores (Chiroptera). Este capítulo presenta las metodologías utilizadas por el PMB tras 9 años de implementación y un análisis de su efectividad basado en los resultados de las diferentes situaciones evaluadas.

## METODOLOGÍA

El objetivo general del PMB es evaluar el estado de la biodiversidad en el área donde se desarrolla el PC a través de un medio de captación múltiple de información sobre la biodiversidad, monitoreando su dinámica en el tiempo y sus cambios, comparando áreas blanco con áreas relacionadas con las actividades del PC.

La metodología diseñada para el monitoreo de los pequeños mamíferos se estableció en función de la situación evaluada (sitios control y sitios intervenidos). Los sitios control o blanco

tienen un diseño y esfuerzo que responde a los realizados en la línea de base. El muestreo de los sitios con intervención del PC se concentra en aquellos sectores en los cuales se definió el efecto de borde o área de afectación, donde se realiza el seguimiento de la evolución de la recuperación del bosque.

### Mamíferos no voladores

Los pequeños mamíferos terrestres, o no voladores, comprenden a los marsupiales (orden Didelphimorphia) y a los roedores de menor tamaño (familias Cricetidae y Echimyidae del orden Rodentia).

Para el monitoreo de mamíferos terrestres se utiliza el método de trampeo sistemático estandarizado (Solari *et al.*, 2002). Este método considera el patrón de actividad, locomoción, uso de hábitat, tipo de alimentación, dificultad para su localización y visualización, con la finalidad de minimizar variaciones en los resultados, lo que facilita su comparación y valoración con respecto a posibles impactos, así como la variación que podrían experimentar entre épocas de muestreo.

Para la evaluación se utilizan trampas de captura de uso estándar en estudios e inventarios biológicos como son: trampas de golpe (Victor y Museum Special), trampas de captura viva o trampas caja (Sherman y Tomahawk) y trampas de hoyo o "*pitfall*". El empleo de esta variedad de trampas se debe a que diferentes especies animales reaccionan en forma diferente a cada tipo de trampa (Solari *et al.*, 2002; Voss y Emmons, 1996), variando así la probabilidad de captura de las diferentes especies entre los diferentes tipos de trampa.

Las trampas se establecen en 4 transectos o líneas de captura por sitio evaluado, con una longitud de aproximadamente 250 o 300 m cada una. En cada transecto se instalan entre 25 y 30 estaciones de muestreo, ubicadas cada 10 metros. Cada estación incluye 2 o 3 trampas combinadas, una por cada tipo (Victor + Sherman + Tomahawk) dispuestas a nivel del piso, salvo algunas que se colocaron sobre lianas y troncos de árboles inclinados a una altura variada desde el suelo y cercanas a huecos de troncos o cualquier otro microhábitat donde se presumía la presencia de las poblaciones a evaluar. Las trampas son cebadas con una mezcla de mantequilla de maní, avena, pasas, vainilla, miel y semillas, y muy ocasionalmente atún o yuca/plátano (Nagorsen y Peterson, 1980; Voss y Emmons, 1996; Solari *et al.*, 2001). Las trampas permanecen activas 5 noches por sitio, son revisadas por la mañana desde las 06:00 a 09:00 h, donde se recogen los animales capturados y son recibidas diariamente en horas de la tarde a partir de las 14:00 horas (cuando las condiciones ambientales lo permiten).

Asimismo, se establecen una o dos líneas con otro tipo de trampa de captura viva, de amplio uso en inventarios faunísticos por sus múltiples ventajas, la cual es conocida como trampa de hoyo o "*pitfall*" (Nagorsen y Peterson, 1980; Voss y Emmons, 1996). El establecimiento de esta trampa se basa en las recomendaciones dadas por Voss y Emmons (1996) y consiste en

la instalación de 8-10 baldes de 8 litros, distanciados de 8 a 10 m entre sí y enterrados en el piso con su abertura a nivel del suelo, dispuestos a lo largo de una línea de 80-100 m de largo. Sobre los baldes se coloca un plástico tensionado de aproximadamente 50 cm de alto a modo de cerca; de forma que cuando algún animal encuentra el plástico, camina siguiendo el mismo y cae en el balde más próximo. Al finalizar la instalación cada balde se llena con agua para evitar que los animales capturados escapen. Ocasionalmente se ha colocado cebo a lo largo de la "*pitfall*" para incrementar la probabilidad de captura. Estas trampas permanecen activas 4 noches por sitio.

Todas las estaciones y datos muestreados son georreferenciados (utilizando GPS). Estos datos permiten realizar los mapeos subsiguientes y el análisis de los resultados.

Para la toma de datos e identificación taxonómica, todos los individuos capturados son depositados en bolsas de tela o plástico (15 x 30 y 35 x 50 cm, aproximadamente) y transportados al laboratorio del campamento. Luego se procede a la identificación taxonómica siguiendo las descripciones provistas por la literatura científica especializada, como Musser *et al.* (1998), Patton *et al.* (2000), Hice (2003) y Voss *et al.* (2004), entre otras; se incluyen así referencias de los caracteres fenotípicos como coloración del pelo, coloración de la cola, morfología de la pata y oreja, entre otros caracteres externos.

De tratarse de un individuo vivo con identificación certera hasta el nivel específico, el animal es liberado durante el siguiente recebo de trampas. Por otra parte, todos aquellos roedores y marsupiales capturados sin vida (en trampas de golpe), aquellos capturados vivos pero de dudosa identificación, así como los individuos que pertenecen a grupos en los que persisten problemas en la sistemática y/o constituyen registros geográficos de ciertas especies con datos insuficientes o desconocidos, son colectados para ser ingresados a la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. Estos especímenes vuelven a ser examinados, contrastándolos con las descripciones pertinentes halladas en la literatura científica y con especímenes ya catalogados en la colección del Museo de Historia Natural con la finalidad de proporcionar una correcta determinación taxonómica por lo menos hasta el nivel de especie.

La preservación de los especímenes colecta-



dos se realiza con una preparación líquida (preservados en una solución de formol al 10% para su fijación por unos 7 días y luego en alcohol al 70% para su conservación definitiva) o en forma de piel y cráneo, en base a las recomendaciones para el manejo de colecciones mastozoológicas (Nagorsen y Peterson, 1980; Ramírez-Pulido *et al.*, 1989).

Para cada individuo se determina sexo, edad y condición reproductiva, así como los datos de hábitat, los cuales son útiles para conocer la dinámica de la población. Particularmente, si el individuo es colectado, se toman además los siguientes datos morfométricos: longitud total, longitud de cola, longitud de pata y longitud de oreja (expresado en milímetros), y peso (expresado en gramos). Finalmente, de considerarse oportuno, se fotografía a los individuos (tratando de mantener un registro por especie, por localidad).

Adicionalmente, de obtenerse registros asistemáticos productos de encuentros y capturas casuales, se procede del mismo modo para la determinación taxonómica y liberación o preservación del espécimen. Este tipo de registros es considerado en la elaboración de listas de especies totales y locales; sin embargo, no es considerado en los análisis cuantitativos ni en los cálculos estadísticos.

Con el propósito de enriquecer la información obtenida por capturas, se realizan entrevistas breves e informales a los co-investigadores pertenecientes a las comunidades nativas (CCNN). En ellas se indaga sobre los nombres en matsigenka de las diferentes especies y sobre su uso como recurso alimenticio.

Finalmente, para determinar el esfuerzo de captura se considera el número de trampas utilizadas por el tiempo durante el cual fueron monitoreadas (Jones *et al.*, 1996). Cabe aclarar que en el caso de las trampas de hoyo se considera al transecto como unidad de muestreo. El esfuerzo total establecido para los sitios blanco es de 1800 trampas/noche y 6 trampas hoyo/noche; no obstante, no siempre fue constante (ver *Discusión*).

Los mamíferos no voladores fueron evaluados en sitios blanco y sitios con intervenciones puntuales del PC. Actualmente, y en función de la experiencia del PMB, se discontinuó el muestreo de pequeños mamíferos terrestres en sitios con desarrollo del PC (ver *Discusión*).

#### Mamíferos voladores

Las poblaciones de mamíferos pequeños vo-

ladores comprenden a los murciélagos (Orden Chiroptera).

Para la evaluación de murciélagos se utilizan redes de niebla de 36 mm de malla, y 12 m de largo por 2,5 m de alto, colocadas a nivel del sotobosque y del dosel bajo. Para la instalación de las redes se buscan sitios potenciales de vuelo tratando de abarcar la mayor cantidad de hábitats posibles: cauces de quebradas, interior del bosque, caminos o bordes del bosque (Simmons y Voss, 1998; Simmons *et al.*, 2000). Las redes permanecen activas desde las 18:00 hasta las 23:30 h aproximadamente, siendo revisadas entre periodos de 30 a 45 minutos. Cada red permanece en un mismo sitio durante 2 noches consecutivas dado la disminución de la probabilidad de captura luego de este tiempo. No obstante, en ocasiones, cuando el número de capturas no disminuye notablemente y se continúa registrando especies diferentes, o cuando la disponibilidad de sitios para la colocación de redes es baja, las redes permanecen en el mismo sitio hasta 5 noches consecutivas.

Los individuos capturados son mantenidos en bolsas de tela (30 x 40 cm, aproximadamente) hasta ser identificados *in situ* (entre revisiones o, de ser necesario, al día siguiente en el campamento del laboratorio). La determinación taxonómica se realiza siguiendo las descripciones provistas por la literatura científica especializada disponible, como Pacheco y Solari (1997), Simmons y Voss (1998), Albuja (1999), Aguirre (2007), Gardner (2007) y Tirira (2007), donde se incluyen referencias de los caracteres fenotípicos como patrones de coloración, morfología externa, longitud del antebrazo, oreja y cola, entre otros.

De tratarse de una identificación certera hasta el nivel específico, los individuos son marcados (cortando el pelo de la espalda) para finalmente ser puestos en libertad en el lugar donde fueron capturados. Por otra parte, aquellos individuos capturados que se consideran de interés científico (por pertenecer a grupos con problemas en su taxonomía y/o sistemática, por su distribución, o por su baja frecuencia de registro, etc.) y aquellos de dudosa identificación, son colectados.

La preservación de los especímenes colectados se realiza como una preparación líquida (preservados en una solución de formol al 10% para su fijación por unos 7 días y luego en alcohol al 70% para su conservación definitiva) o en forma de piel y cráneo, en base a las recomendaciones para el manejo de colecciones mastozoológicas (Nagorsen y Peterson, 1980; Ramírez-Pulido *et*

*al.*, 1989; Wilson *et al.*, 1996). Los especímenes colectados son depositados en el Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. Estos especímenes vuelven a ser examinados, contrastándolos con las descripciones pertinentes halladas en la literatura científica y con especímenes ya catalogados en Colecciones Científicas (Museo de Historia Natural, UNMSM), con la finalidad de proveer una correcta determinación taxonómica por lo menos hasta el nivel de especie.

Para cada individuo registrado se toman datos de sexo, edad y condición reproductiva. Asimismo, se registran los datos de hábitat, incluyendo lugar y hora de captura, los cuales contribuyen al conocimiento de la historia natural de las especies, así como a las comparaciones que puedan realizarse entre localidades (Simmons y Voss, 1998). Particularmente, si el individuo es colectado, se determinan además los siguientes datos morfométricos: longitud total, longitud de cola, longitud de pata, longitud de oreja, longitud de trago y longitud de antebrazo (todo en milímetros), y peso (en gramos). Finalmente, de considerarse oportuno, se fotografía a los individuos (tratando de mantener un registro por especie, por localidad).

En caso de tratarse de registros asistemáticos, productos de encuentros y capturas casuales, se procede del mismo modo para la determinación taxonómica y liberación o preservación del espécimen. Este tipo de registros es considerado en la elaboración de listas de especies totales y locales; sin embargo, no son incluidos en los análisis cuantitativos ni en los cálculos estadísticos.

Por último, para expresar el esfuerzo de captura se considera el número de redes de neblina por el número de noches muestreadas para cada unidad de paisaje expresando este resultado como redes/noche. El esfuerzo total para los mamíferos voladores en los sitios blancos es de 60 redes/noche. En los sitios con intervención (desarrollos puntuales y lineales) el esfuerzo total es de 80 redes/noche.

## DISCUSIÓN

### Aspectos generales

Desde el año 2005 hasta el año 2010 se estudiaron tanto los mamíferos voladores como los no voladores en sitios blanco y en sitios con desarrollos puntuales (helipuertos y platafor-

mas de pozos), así como en la Planta de Gas Malvinas. Sin embargo, los pequeños mamíferos no fueron considerados en los relevamientos realizados en los sitios con intervenciones lineales. Por ello, los mismos no fueron relevados durante el 2008, ya que durante ese año las campañas del PMB incluyeron sitios asociados a "flowlines" o derechos de vía.

A partir del año 2011 se realizó un ajuste en el diseño metodológico del PMB y los grupos a monitorear (ver *Diseño General del Programa*). De esta forma, los mamíferos voladores se incorporaron al monitoreo en los desarrollos lineales, mientras que se discontinuó el monitoreo de los mamíferos pequeños no voladores en áreas con intervención del PC, tanto en desarrollos lineales como puntuales. Por su parte, en sitios blancos se continúa con el monitoreo de ambos grupos. La decisión de no continuar con el monitoreo de los mamíferos pequeños no voladores en áreas con intervención a partir del 2011 se fundamentó en la baja capturabilidad (ver más adelante), lo que llevaba a que el grupo de datos no permitiera realizar análisis lo suficientemente sólidos para detectar tendencias y proponer medidas de conservación y/o mitigación en función de ellas.

No obstante, dada la importancia taxonómica y ecológica de los pequeños mamíferos terrestres, así como el poco conocimiento sobre este grupo en la RBU, se ha propuesto continuar con su estudio en los sitios blanco a fin de incrementar el conocimiento de los mismos, su historia natural y, en el mejor de los casos, su estado de conservación, pero no con el objetivo de identificar potenciales impactos directos por parte del PC sino como monitoreo de alerta ante la identificación de un cambio. Adicionalmente, los mamíferos no voladores también se han estudiado en San Martín Este en el año 2012, durante la etapa constructiva del pozo, por ser la primera oportunidad en que se produce la posibilidad de realizar estudios durante la construcción.

### Sitios relevados y esfuerzo de muestreo

Desde el inicio de la implementación del PMB en el año 2005 y hasta el año 2012, se han realizado relevamientos en 14 sitios para los mamíferos no voladores y en un total de 20 sitios para los quirópteros. La *Tabla 1* muestra el detalle de los sitios relevados de acuerdo a la unidad de paisaje a la que pertenecen y su situación de desarrollo o blanco.

Tanto los mamíferos no voladores como los

voladores fueron evaluados en 2 oportunidades en Cashiriari 2 y San Marín Este, mientras que los quirópteros lo fueron, además, en San Martín 3. El resto de los sitios fueron visitados en una única oportunidad y se estima hacerlo nuevamente en próximas campañas.

En cuanto a las unidades de paisaje, los muestreos estuvieron distribuidos en las 3 unidades identificadas además del área intervenida de Malvinas. No obstante, es necesario incrementar el muestreo en sitios de Pacal de Bosque Amazónico (PBA), incluyendo situaciones intervenidas en este tipo de bosques. Los PBA se distribuyen en parches generalmente peque-

ños y con gran superficie de ecotono con las otras unidades, dificultando la selección de sitios representativos y aptos para llevar a cabo relevamientos multitaxa como los realizados por el PMB. En las unidades de Bosque Amazónico Primario Denso (BAPD) y Bosque Amazónico Primario Semidenso (BAPS), las evaluaciones en los sitios blanco superan en número a las realizadas en cada uno de los diferentes tipos de desarrollo (lineal y puntual), lo que se debe a la diferente representatividad espacial de cada situación.

De las evaluaciones de los mamíferos no vo-

ladores, 10 corresponden a sitios blanco y 6 a sitios intervenidos por desarrollos puntuales (helipuertos y plataformas); mientras que para los voladores, 10 tuvieron lugar en sitios blanco, 7 en sitios con desarrollos puntuales y 6 en sitios con desarrollos lineales. En ambos casos se incluye a la Planta de Gas Malvinas entre los sitios con desarrollo puntual, aunque esta se diferencia del resto fundamentalmente por su mayor superficie, infraestructura, actividad que se desarrolla y la gran cantidad de personal que allí trabaja. San Martín Este es, hasta la fecha, el único sitio relevado antes de su intervención (en el año 2010) y al momento de la misma, es decir, durante la etapa de construcción de un pozo (en el año 2013).

En los sitios estudiados el esfuerzo de muestreo varió entre 1140 y 1850 trampas/noche; entre 5 y 14 trampas de hoyo para los mamíferos no voladores; y entre 37 y 100 redes/noche para los voladores (Tabla 1). La notable variación en el esfuerzo de captura realizado en el PMB responde al incremento del esfuerzo durante el desarrollo del programa, ya sea en el tiempo o en el número de unidades de muestreo. Desde el 2009 se ha estandarizado el esfuerzo por sitio en un mínimo de 1800 trampas/noche, 6 transectos de trampas de hoyo y 60 redes/noche, aunque no en todos los casos se pudo cumplir

con lo establecido, debiéndose la falta de cumplimiento de estos valores a razones logísticas o climáticas propias de todo trabajo de campo. A partir del año 2011, se aplican cambios en el diseño metodológico (descritos en el punto anterior), de modo que el esfuerzo de muestreo se mantiene igual en los sitios blanco, pero en los lugares de los sitios con intervención del PC el esfuerzo se fija en 80 redes/noche.

En consideración a dicha variación, los análisis realizados siempre toman en cuenta estas diferencias cuando se consideran valores totales de las variables estudiadas, en tanto en otros casos se estandarizan las mismas llevando los valores a una misma unidad (por ej., número (n°) de registros/trampa/noche, riqueza de especies/redes/noche).

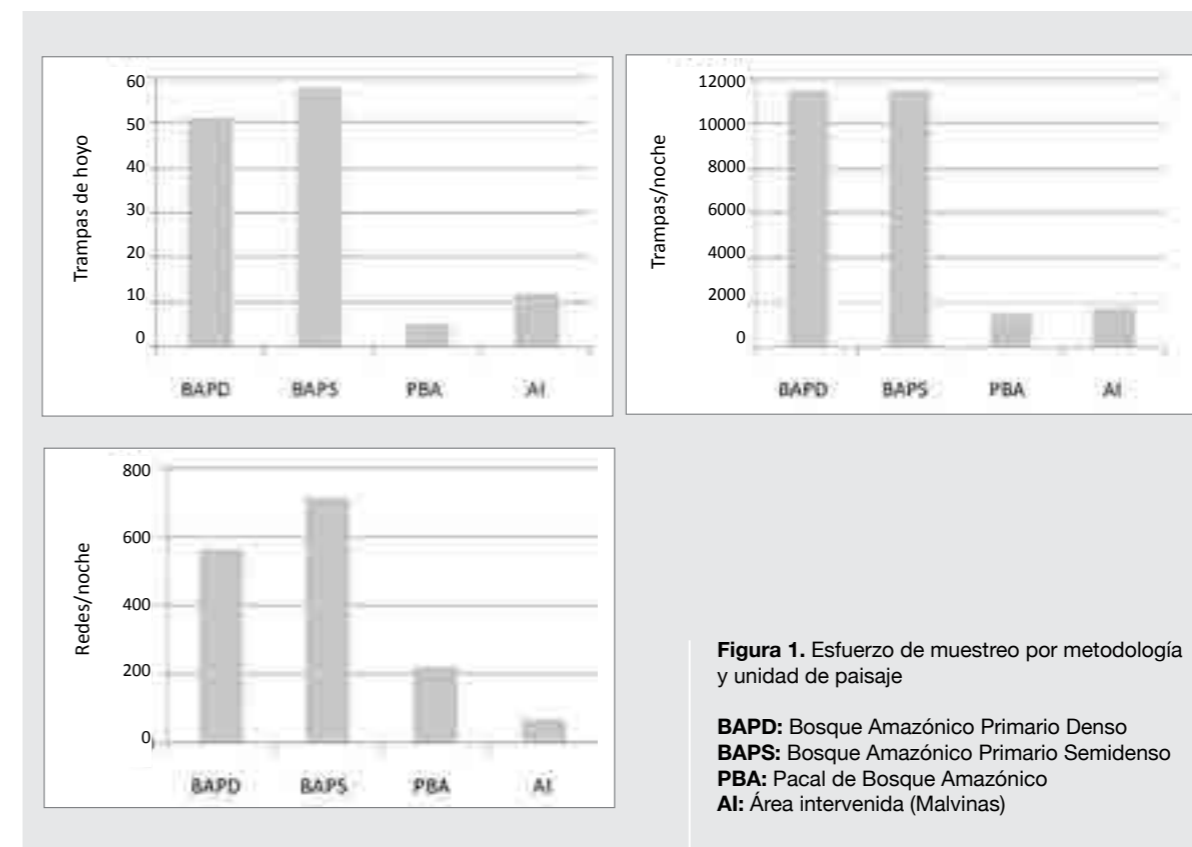
Los esfuerzos por unidad de paisaje alcanzan un total de 51 transectos de trampas de hoyo, 11 392 trampas/noche y 561 redes/noche para los BAPD; 58 transectos de trampas de hoyo, 11 395 trampas/noche y 709 redes/noche para los BAPS; 5 transectos de trampas de hoyo, 1554 trampas/noche y 220 redes/noche para los PBA; y 12 transectos de trampas de hoyo, 1776 trampas/noche y 68 redes/noche para el AI de la Planta de Gas Malvinas (Figura 1).

En el área de estudio, los BAPD representan

UNIDAD DE PAISAJE	SITIO	LOCALIDAD	ESTACIÓN Y AÑO DE EVALUACIÓN	MAMÍFEROS PEQUEÑOS NO VOLADORES		MAMÍFEROS PEQUEÑOS VOLADORES
				Trampas de hoyo*	Trampas/noche	Redes/noche
BAPD	Blanco	Cashiriari 1	Seca 2005	10	1200	43
		Cashiriari 2	Seca 2005	10	1200	37
		Cashiriari 2	Húmeda 2007	5	1792	71
		Mipayá	Húmeda 2009	8	1800	60
		Armihuari Norte	Seca 2010	6	1800	55
	Desarrollo Puntual	Pagoreni A	Húmeda 2010	6	1800	60
		Pagoreni B	Húmeda 2010	6	1800	60
	Desarrollo Lineal	Agua Negra	Seca 2011	-	-	95
Totiroki		Seca 2012	-	-	80	
BAPS	Blanco	Cashiriari 3	Seca 2005	10	1200	37
		Sepriato I	Seca 2007	6	1813	65
		Alto Camisea	Seca 2009	8	1850	60
		San Martín Este	Seca 2010	6	1800	55
	Desarrollo Puntual	San Martín 1	Húmeda 2006	14	1792	60
		San Martín 3	Húmeda 2009	8	1140	65
		San Martín 3	Húmeda 2012	-	-	100
		San Martín Este	Seca 2012	6	1800	80
	Desarrollo Lineal	Tsonkiriari	Húmeda 2011	-	-	87
		Potogoshiari	Húmeda 2011	-	-	80
PBA	Blanco	Sepriato II	Seca 2007	5	1554	60
		Meronkiari	Seca 2011	-	-	80
	Desarrollo Lineal	Porokari	Húmeda 2012	-	-	80
AI	Desarrollo Puntual	Malvinas	Húmeda 2006	12	1776	68
<b>TOTAL</b>				126	26 117	1558

**Tabla 1.** Sitios en los que se relevaron los mamíferos pequeños no voladores y voladores (V), ordenados por unidad de paisaje y tipo de desarrollo

\*Se considera al transecto como unidad de muestreo. Se indica la época y año de muestreo y el esfuerzo para cada evaluación.



**Figura 1.** Esfuerzo de muestreo por metodología y unidad de paisaje  
**BAPD:** Bosque Amazónico Primario Denso  
**BAPS:** Bosque Amazónico Primario Semidenso  
**PBA:** Pacal de Bosque Amazónico  
**AI:** Área intervenida (Malvinas)

el 37,44% del área total evaluada por el PMB; los BAPS, el 44,82%; los PBA, el 13,10%; y las AI el 4,62%. De este modo, los citados esfuerzos corresponden con la representatividad porcentual de las unidades del paisaje BAPD y BAPS, mientras que los PBA se hallan actualmente submuestreados, especialmente a nivel de pequeños mamíferos terrestres (Figura 2). En el caso de las AI, el mayor esfuerzo porcentual en relación a la representatividad espacial es necesaria dados los objetivos del PMB con respecto a los potenciales impactos generados por el PC y la potencial afectación que la Planta de Gas Malvinas podría generar sobre la biodiversidad.

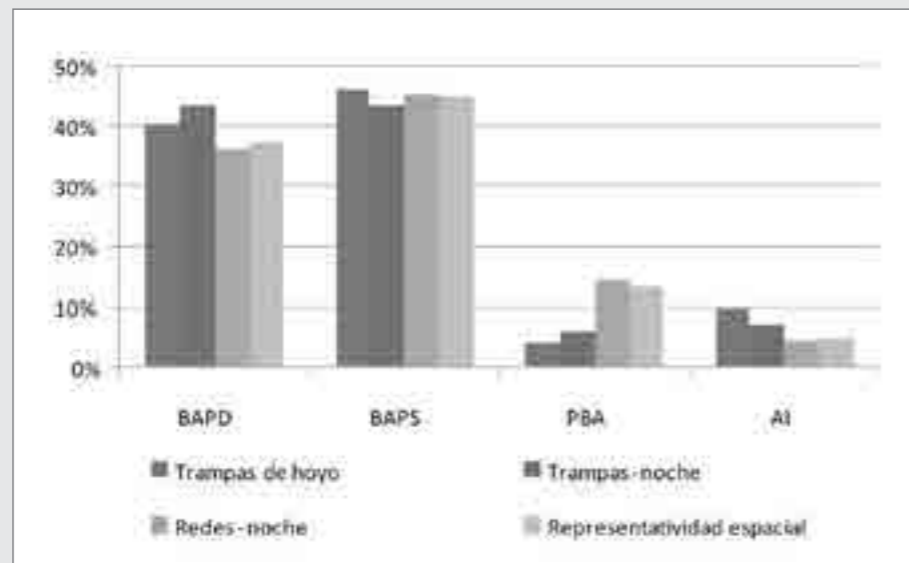
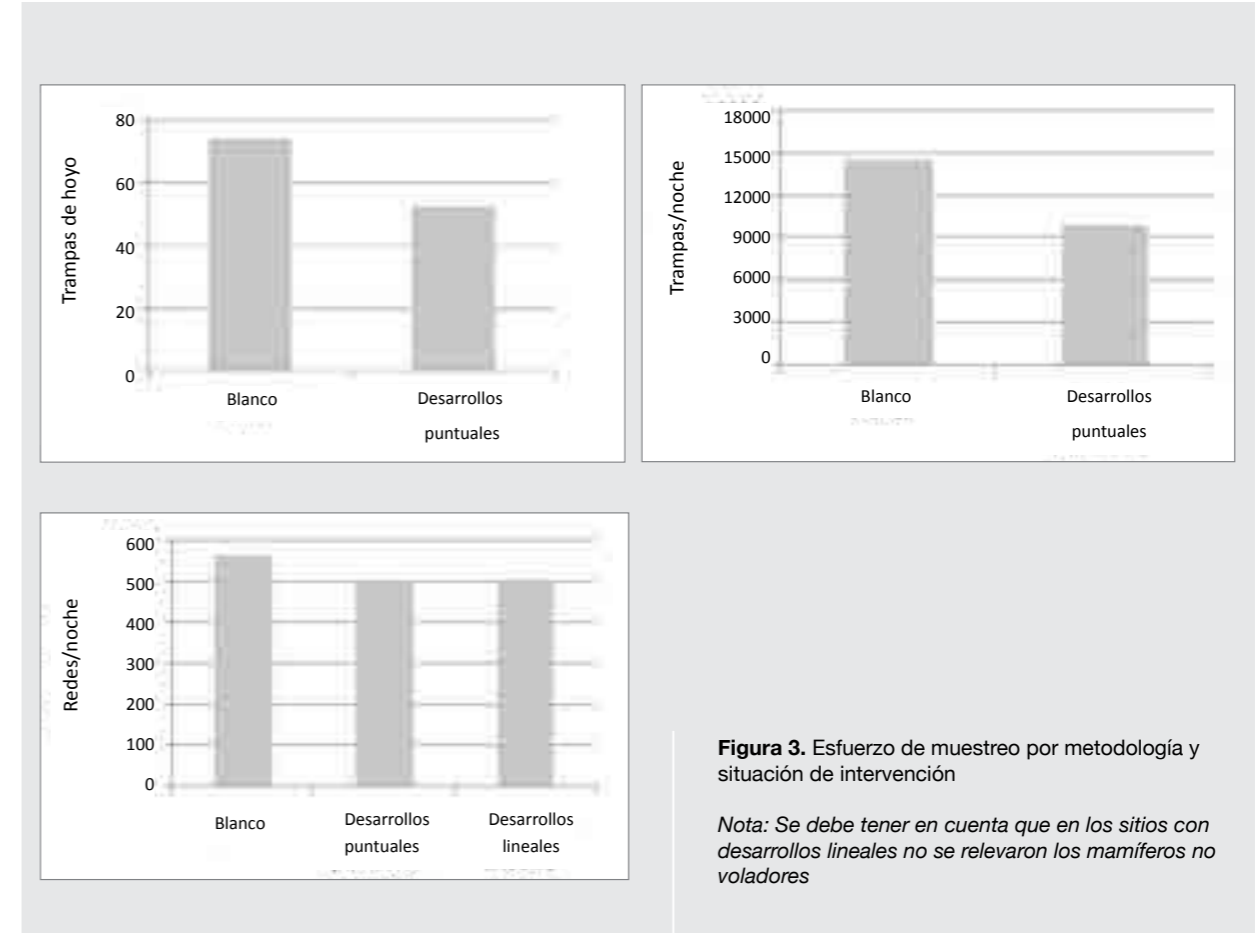
Al considerar las situaciones evaluadas (áreas blanco y áreas con intervención del PC), el esfuerzo es de 74 transectos de trampas de hoyo, 16 489 trampas-noche y 563 redes-noche para los sitios blanco en su conjunto; 52 transectos de trampas de hoyo, 10 108 trampas-noche y 493 redes-noche para los sitios con desarrollos puntuales (incluyendo a Malvinas); y 502 redes-noche para los sitios con desarrollos lineales (debe

recordarse que en estos sitios no se evalúan los mamíferos no voladores) (Figura 3).

El análisis del esfuerzo de muestreo para ambos grupos de mamíferos pequeños muestra que no se alcanza una asíntota en la mayoría de los casos. La Figura 4 presenta, a modo de ejemplo, algunas curvas de acumulación de especies de quirópteros registrados por sitios. En general se observa un crecimiento regular; pero aunque en algunos casos el incremento disminuye con los días, en otros se mantiene o incluso se hace más pronunciado. Esto revela claramente que con el aumento en el número de noches de muestreo, el número de registros por sitio sería mayor.

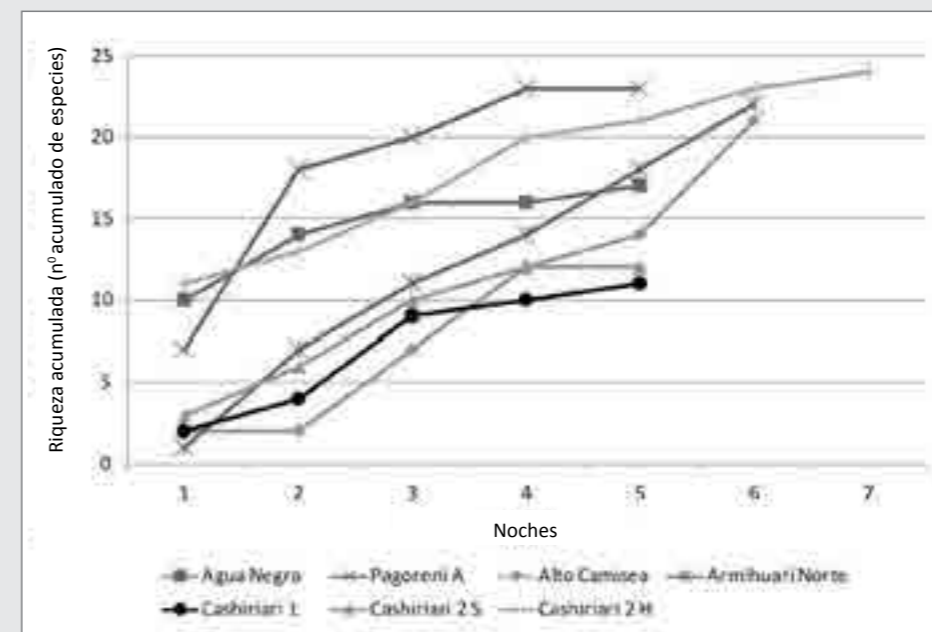
**Eficiencia del Muestreo**

En términos de la riqueza de especies, el PMB ha registrado hasta la fecha un total de 118 especies: 14 especies de marsupiales, 23 de roedores (incluyendo una especie introducida, *Rattus rattus*) y 81 de quirópteros. Estos valores superan a los reportados por Solari *et al.* (2001),



**Figura 2.** Representatividad espacial del esfuerzo de muestreo, por metodología y unidad de paisaje

**BAPD:** Bosque Amazónico Primario Denso  
**BAPS:** Bosque Amazónico Primario Semidenso  
**PBA:** Pacal de Bosque Amazónico  
**AI:** Área intervenida (Malvinas)



**Figura 4.** Curvas de acumulación de especies de los quirópteros para algunos de los sitios evaluados por el PMB

quienes registran un total de 103 especies. Debido a revisiones taxonómicas posteriores al 2001 (ver *Introducción* del presente capítulo) este valor se redujo a 101 especies distribuidas de la siguiente manera: 17 especies de marsupiales, 18 de roedores y 66 de murciélagos. No obstante esto, un gran número de especies fue registrado solo en uno u otro estudio (PMB o Solari *et al.*, 2001).

De este modo, 7 especies de marsupiales, 8 de roedores y 20 de murciélagos fueron registradas por Solari *et al.* (2001) pero no por el PMB, y 4 especies de marsupiales, 13 de roedores y 35 de murciélagos lo fueron por el PMB y no por el primer estudio. Esto es un indicio de la gran cantidad de especies raras o cuya probabilidad de captura es baja, pudiendo por tanto existir muchas especies aun no registradas en ninguno de los dos casos.

El número de especies registradas en cada sitio fue muy variable, siendo los pozos San Martín 1 y 3 los que mayor riqueza de mamíferos no voladores reportaron, mientras que la Planta de Gas Malvinas lo fue en relación a los quirópteros (Figura 4). Esto último podría deberse a que, a pesar de ser un área intervenida, presenta en sus alrededores parches de las 3 unidades de

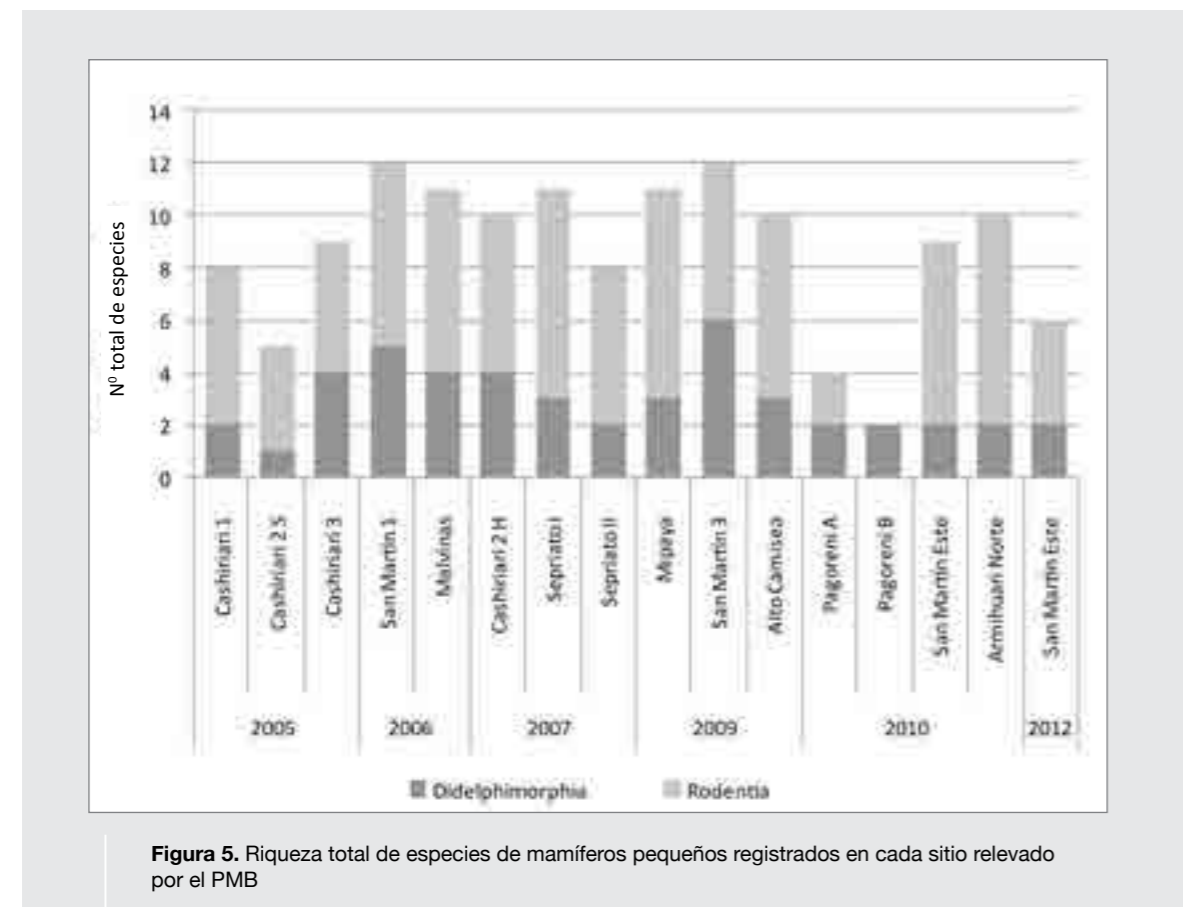
paisaje identificadas por el PBM (BAPD, BAPS y PBA) y, por ende, sectores de ecotono entre las unidades así como diferentes intensidades de intervención en cada unidad. Esta alta heterogeneidad se traduciría en un ensamble de mamíferos compuesto por especies propias de cada unidad y de las diferentes situaciones citadas.

La Figura 5 también permite observar una gran variabilidad temporal, lo que permite descartar cualquier posible efecto asociado al aprendizaje en la identificación de las especies, lo que se reflejaría en un incremento gradual en la riqueza registrada. Si bien algunas especies no fueron originalmente identificadas correctamente, esto pudo corregirse a posteriori en base a las notas de campo, los registros fotográficos y los especímenes colectados (ver Ventajas y desventajas de las metodologías utilizadas).

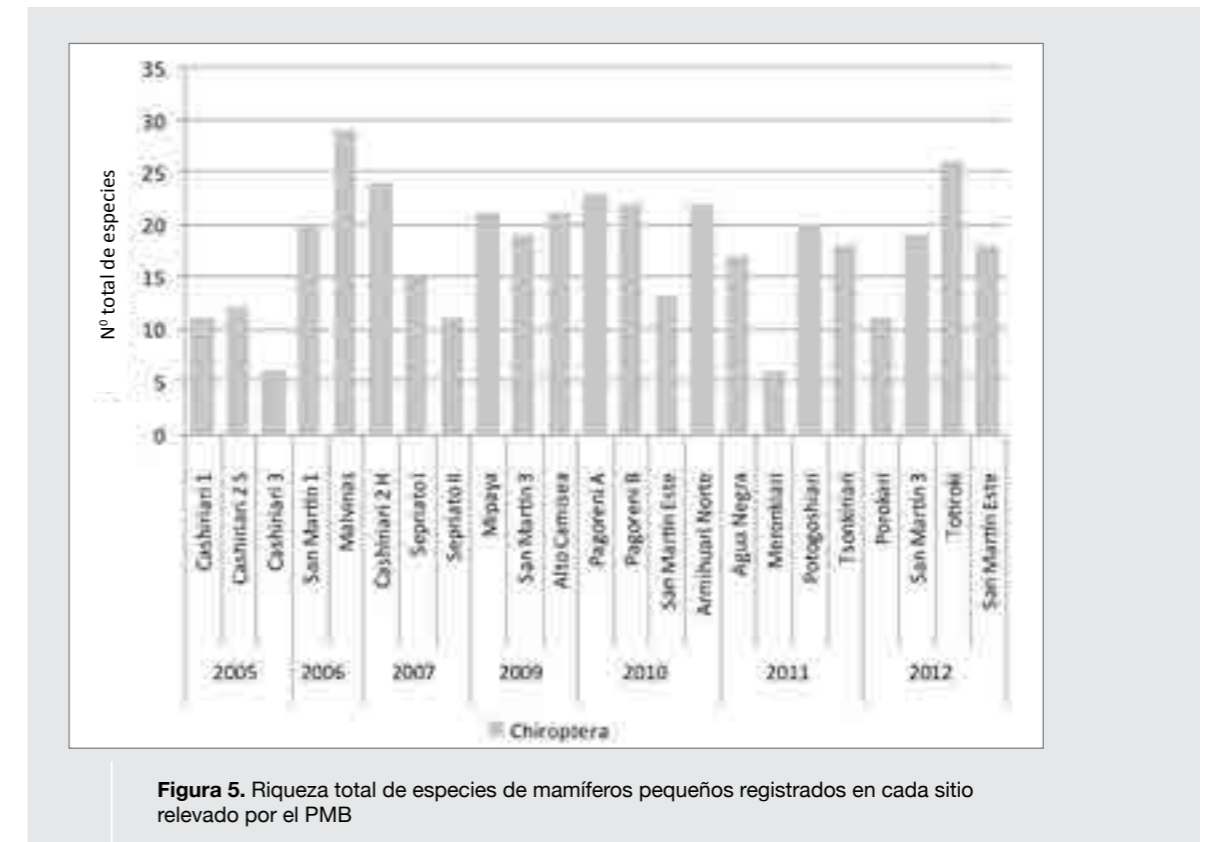
La riqueza tampoco mostró una relación lineal con el esfuerzo de muestreo empleado en cada sitio (Figuras 6 y 7), por lo que se hace necesario trabajar con valores estandarizados a 100 horas/red, 100 trampas/noche u otra unidad de referencia, al momento de realizar comparaciones de las riquezas y las frecuencias de captura. Esta misma variabilidad lleva a que sea

necesario comparar las riquezas a un mismo nivel de abundancias o número de capturas, para lo que se utilizan curvas de rarefacción (Colwell *et al.*, 2012).

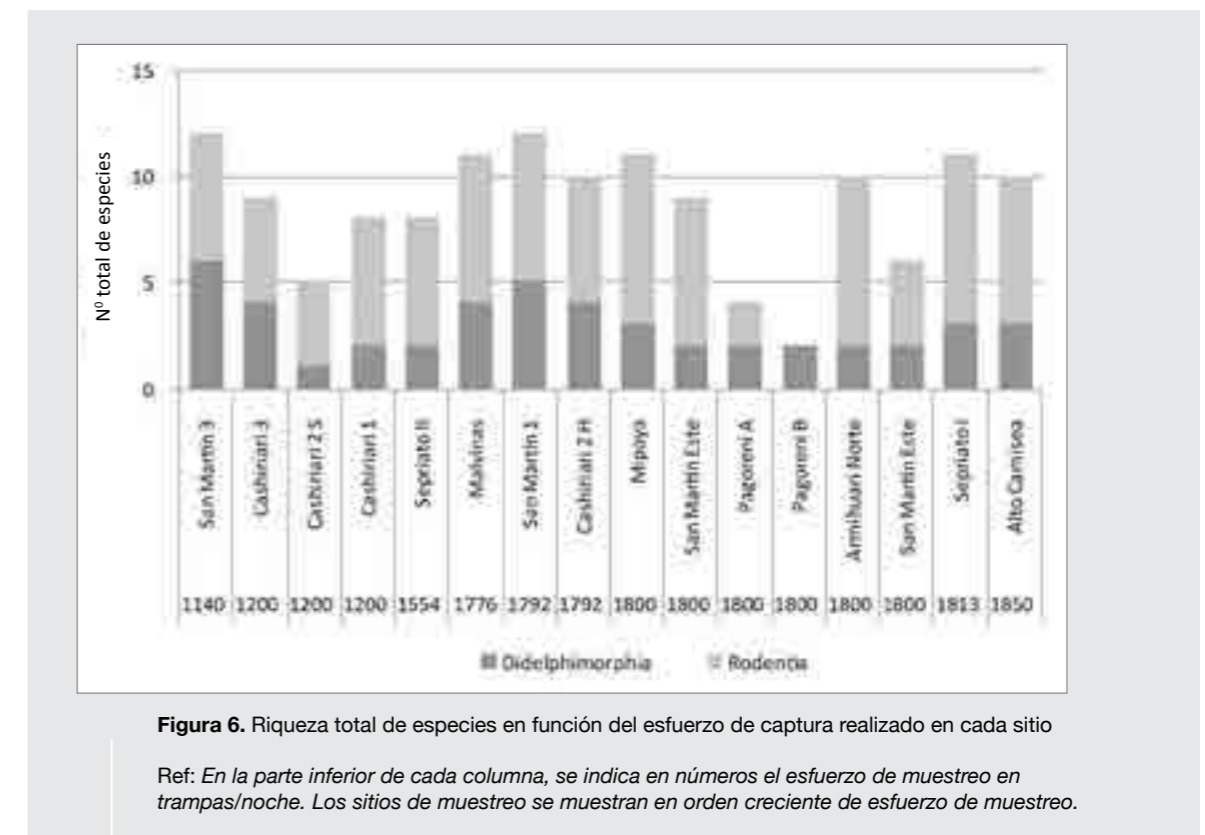
A nivel general, se puede observar que el PMB continua aportando información sobre este valioso grupo de mamíferos como lo muestran las curvas de acumulación de especies de



**Figura 5.** Riqueza total de especies de mamíferos pequeños registrados en cada sitio relevado por el PMB



**Figura 5.** Riqueza total de especies de mamíferos pequeños registrados en cada sitio relevado por el PMB



**Figura 6.** Riqueza total de especies en función del esfuerzo de captura realizado en cada sitio

Ref: En la parte inferior de cada columna, se indica en números el esfuerzo de muestreo en trampas/noche. Los sitios de muestreo se muestran en orden creciente de esfuerzo de muestreo.

la *Figura 8*, donde se observa que a pesar de la gran cantidad de relevamientos realizados, se continúan registrando nuevas especies.

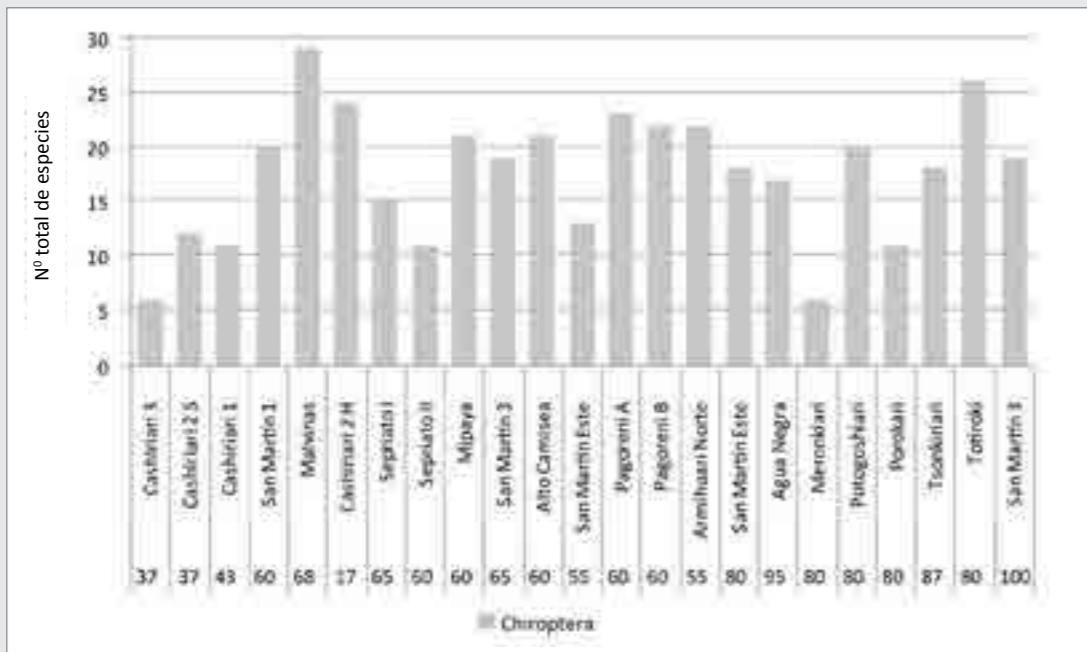
En el muestreo de pequeños mamíferos terrestres, se ha calculado el número de espe-

cies y el porcentaje de registros discriminando los marsupiales y los roedores, considerando la totalidad de los registros para las cuales se cuenta con el dato del tipo de trampa (*Figura 9*). Se observa que las trampas Víctor fueron las

más eficientes para ambas variables y ambos grupos, en tanto las trampas Sherman y Tomahawk registraron igual cantidad de individuos de marsupiales y semejante riqueza de especies de roedores; sin embargo, las trampas Sherman permitieron el registro de una mayor riqueza de especies de marsupiales y un mayor por-

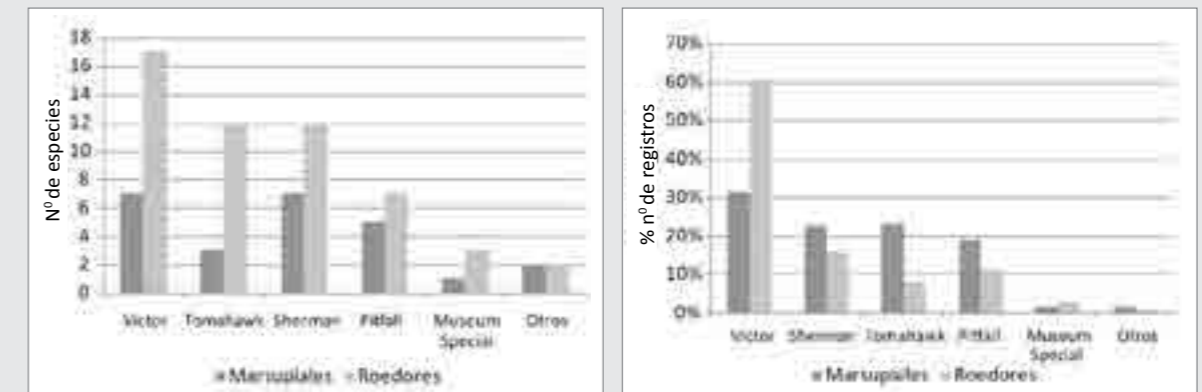
**Algunas ventajas y desventajas de las metodologías utilizadas**

Así como no existe un diseño de campo perfecto (P. Feinsinger, com pers.), tampoco encontraremos la metodología perfecta para un estudio y/o grupo de interés. Por ello, es necesario conocer los sesgos que cada meto-

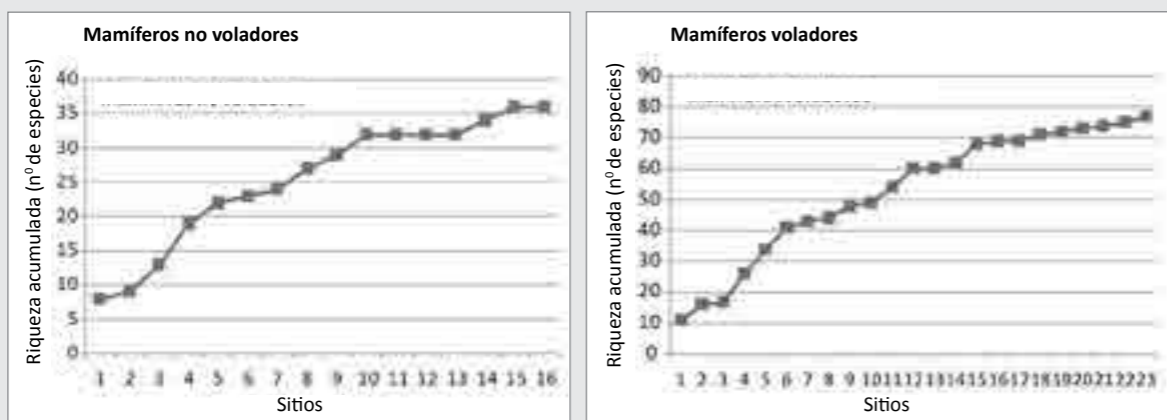


**Figura 7.** Riqueza total de especies en función del esfuerzo de captura realizado en cada sitio

Ref: En la parte inferior de cada columna, bajo el nombre de cada sitio, se indica en números el esfuerzo de muestreo expresado en redes/noche. Los sitios de muestreo se muestran en orden creciente de esfuerzo de muestreo.



**Figura 9.** Riqueza de especies y porcentaje de registros por tipo de trampas discriminando los marsupiales y los roedores



**Figura 8.** Curvas de acumulación de especies registradas por el PMB discriminando mamíferos pequeños voladores y no voladores

centaje de registros de roedores. Por otra parte, las trampas Museum Special figuran como poco efectivas, con un bajo registro de especies y número de individuos; sin embargo, debe aclararse que estas fueron utilizadas en pocas oportunidades. En cuanto a las columnas denominadas "Otros", debe mencionarse que las observaciones directas suelen ser raras en este grupo de mamíferos; encontrándose entre estas una captura manual y otra en una red de niebla para el caso de los marsupiales, y 4 observaciones directas para los roedores.

Al considerar la complementariedad de las diferentes trampas, encontramos que solo 2 especies fueron registradas exclusivamente por las trampas Víctor (una de marsupial y una de roedor), en tanto otras 3 lo fueron solo con trampas Tomahawk (una de marsupial y 2 de roedores), 2 marsupiales solo con trampas Sherman y otras 2 especies de marsupiales con trampas *Pitfall*. Los otros tipos de trampas no registraron especies exclusivas y existe un total de 9 especies que fueron capturadas en un solo tipo de trampa. En cambio, 10 especies de roedores (43%) y 5 de marsupiales (36%) fueron capturadas al menos en 3 tipos de trampas diferentes.

dología trae consigo y comprender las ventajas de la misma (Voss y Emmons 1996, Sutherland, 2006); lo primero constituye una ayuda al momento de interpretar los datos y lo segundo permite contar con las herramientas conceptuales necesarias para justificar su uso. Es importante recordar que el uso de una metodología determinada no debe estar amparado en el hecho de ser ampliamente utilizada, sino en su efectividad para nuestro sitio de estudio y los objetivos del trabajo realizado.

Las curvas de acumulación de especies registradas por el PMB, así como la complementariedad entre las evaluaciones del PMB y las presentadas por Solari *et al.* (2001) ponen de manifiesto la importancia de continuar estudiando la mastofauna en la RBU. La necesidad de aumentar el número de noches de muestreo por sitio, tanto para los mamíferos no voladores como para los voladores (si bien anteriormente solo se presentaron ejemplos para los segundos, *Figura 4*), implicaría hacer un cambio drástico en la logística de campo pues se intentó encontrar un tiempo de permanencia por sitio que sea adecuado a la mayoría de los grupos o taxón muestreados (aves, anfibios, reptiles, mamíferos grandes, artrópodos, vegetación). Por el momento se continuará con el esfuerzo presen-

tado, asumiendo los costos que esto representa y las limitaciones que los datos tienen, y tendrán, para su análisis e interpretación.

Particularmente, en el caso de los mamíferos no voladores el muestreo exhaustivo en los bosques neotropicales presenta gran dificultad, lo que requiere un gran esfuerzo logístico y una gran inversión de tiempo, debido a las bajas tasas de captura que presentan (esperándose un máximo de 6-10% de efectividad) (Voss y Emmons, 1996; Patton *et al.*, 2000). El análisis del muestreo realizado por el PMB hasta el momento deja en evidencia la ventaja de utilizar más de un tipo de trampas, dado el número de especies registradas en solo un tipo de trampas, así como sus efectividades diferenciales. Se considera válido entonces mantener el mayor espectro de trampas posibles por la alta probabilidad de que existan en la RBU especies aún no registradas.

Por su parte, es importante resaltar que los bajos números de capturas por sitio de los mamíferos no voladores (Figura 10) son menores a los esperados. Esto dificulta y limita las posibilidades de realizar comparaciones entre sitios. Con una media de  $6,41 \pm 6,39$  individuos/sitio para los marsupiales y  $21,41 \pm 20,21$  individuos/sitio para los roedores, es muy arriesgado intentar identificar tendencias y tomar decisiones, pues gran parte de las especies son captura-

das en una o dos oportunidades por sitio. No obstante, es necesario continuar realizando relevamientos en todas aquellas oportunidades en que sea logísticamente posible y, particularmente, en los sitios blanco, a fin de incrementar el conocimiento sobre la diversidad e historia natural de las especies de mamíferos no voladores en la RBU.

Las trampas Víctor han mostrado la mayor efectividad en el trapeo de mamíferos no voladores, no obstante implican la muerte de los animales capturados. La dificultad para la identificación correcta de los mamíferos pequeños de muchas especies es moneda corriente entre quienes estudian este grupo, debido a la complejidad del mismo, y a la gran heterogeneidad entre y dentro de las poblaciones. Esto lleva a que, con frecuencia, se observen traslapes en los caracteres morfológicos recomendables para su reconocimiento o bien, que al asignarles mayor peso a algunos de ellos, se llegue a identificaciones erróneas (Ramírez-Pulido *et al.*, 2001), siendo, por tanto, importante contar con ejemplares de referencia con los cuales corroborar y/o corregir las identificaciones realizadas en campo. Este es el principal motivo que ha llevado a que se realicen colecciones, sumado al hecho de la falta de conocimiento sobre la fauna de la RBU. Sin embargo, esto debe minimizarse

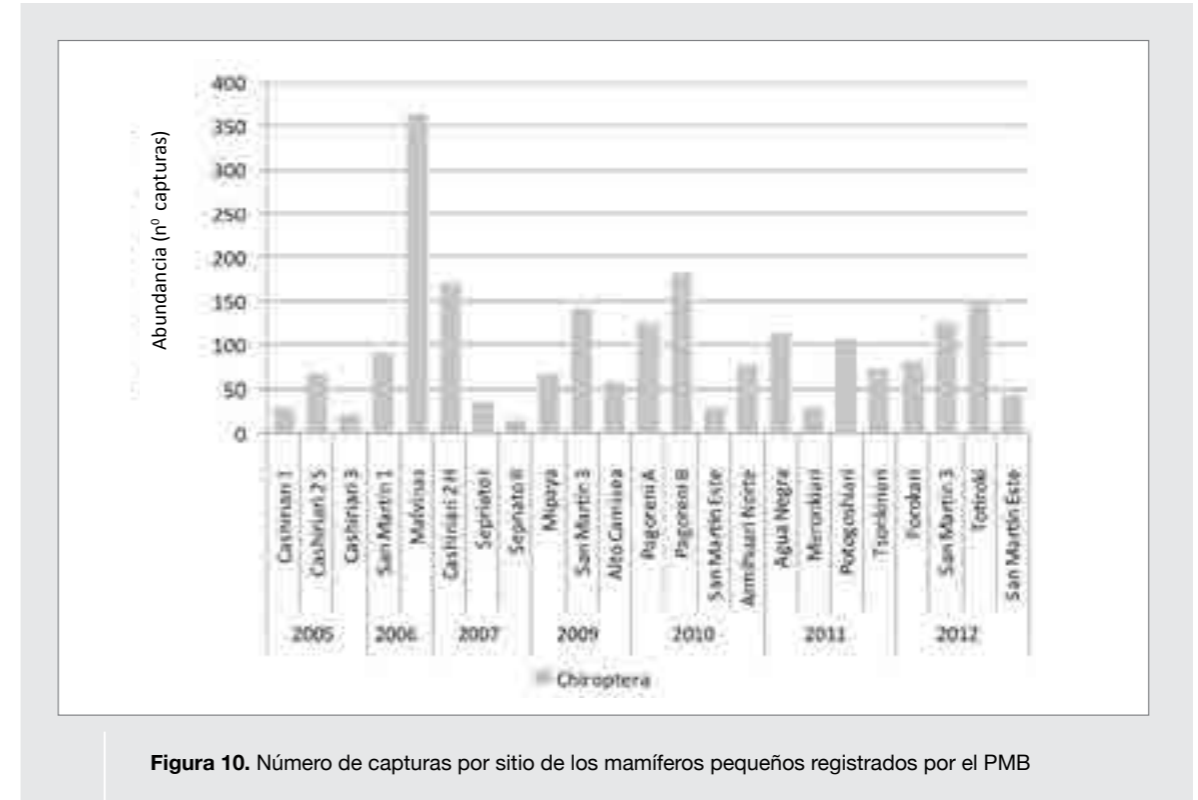


Figura 10. Número de capturas por sitio de los mamíferos pequeños registrados por el PMB

en cualquier estudio que apunta a la conservación y esta es la tendencia que ha adoptado el PMB, disminuyendo gradualmente el número de colectas a medida que las especies son mejor conocidas y sus identificaciones más certeras.

Respecto a la evaluación de mamíferos voladores, el uso de redes de niebla suele ser el método más utilizado para el estudio de este grupo (Voss y Emmons, 1996; Simmons y Voss, 1998; Aguirre, 2007). No obstante, es importante tener presente que su capturabilidad está sesgada a los estratos en que las redes son colocadas. En el caso del PMB las redes estarían logrando una buena caracterización del ensamblaje de murciélagos del sotobosque, considerando que la riqueza hallada no abarca algunas especies propias del dosel medio y alto que no pueden ser capturadas.

Adicionalmente, se considera que el muestreo con redes de niebla implica un sesgo en el ensamblaje de especies capturadas, ya que presentan una mayor dificultad para la captura de especies insectívoras de vuelo rápido, incluyendo diferentes familias como Emballonuridae, Mormoopidae, Vespertilionidae, Molossidae, etc. (Voss y Emmons, 1996; Simmons y Voss, 1998; Solari *et al.*, 2001). Si bien durante el PMB ha sido posible registrar especies de las familias Emballonuridae, Thyropteridae, Vespertilionidae

y Molossidae, se espera un mayor número de especies de estas familias en el área, así como la presencia de las familias Noctilionidae, Mormoopidae y Furipteridae.

**Comentarios Finales y Perspectivas Futuras**

Es posible obtener información sobre los mismos grupos, gremios, poblaciones, especies o variables partiendo de metodologías diferentes y es por ello que la elección de la metodología adecuada no debe tomarse a la ligera. En esta selección entran en juego una serie de variables como el tiempo disponible para su uso en campo, las posibilidades logísticas para su traslado (en caso de trampas, por ejemplo), el costo y la experiencia de los investigadores que harán uso de las mismas. A lo largo de los años, el PMB ha utilizado una combinación de metodologías y/o trampas para el relevamiento de los mamíferos pequeños.

A nivel de quirópteros, la metodología empleada ha mostrado un buen desempeño, a pesar de los sesgos propios del uso de redes de niebla principalmente en un solo estrato: el sotobosque (Voss y Emmons, 1996; Solari *et al.*, 2001). Sin embargo, con la premisa de mejorar la información sobre la historia natural de las especies ya registradas e incrementar la oportunidad de registrar otras especies que todavía no

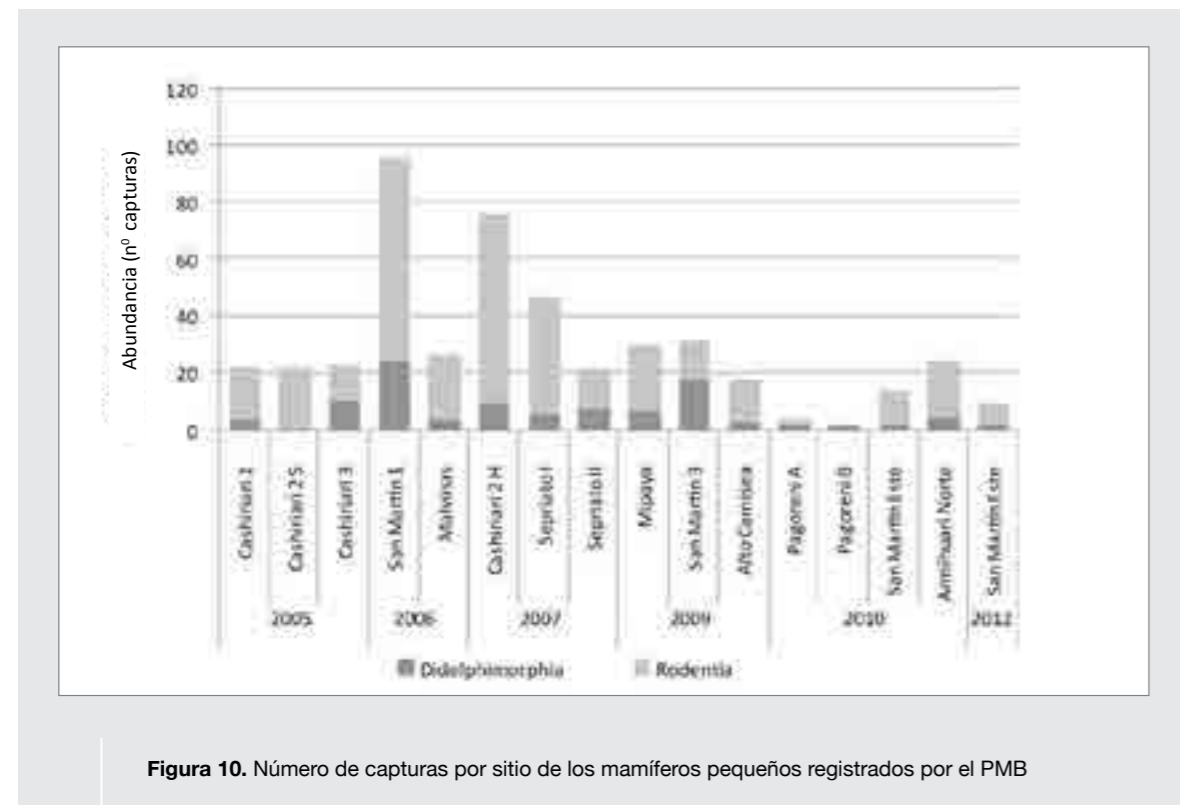


Figura 10. Número de capturas por sitio de los mamíferos pequeños registrados por el PMB

hayan sido capturadas, se sugiere continuar con la instalación ocasional de redes en el subdosel y dosel, así como considerar la posibilidad de implementar otros métodos como la búsqueda de refugios y el registro acústico, en forma sistemática.

En el caso de los mamíferos no voladores, el incremento del esfuerzo en términos de trampas-noche es necesario para mejorar los resultados; no obstante, representa dificultades logísticas y económicas que aún no es posible superar o asumir. Algunos aspectos relacionados a la efectividad del muestreo, como la baja tasa de captura, quedan pendiente de análisis; si los resultados reflejan verdaderamente una menor abundancia de la comunidad, si se correlaciona con algún factor ambiental (topografía, temperatura, precipitación etc.), o si responde a perturbaciones en el hábitat.

Para ninguno de los dos grupos de mamíferos (voladores y no voladores) se recomienda limitar el monitoreo a un grupo particular de especies objetivo, pues no se cuenta con metodologías específicas que permitan el muestreo

diferencial de solo algunas especies. Por ello, se recomienda continuar estudiando el ensamble de especies como un todo, aunque esto no signifique que luego puedan hacerse análisis específicos para algunas especies clave, propias de un tipo de intervención o situación, especies amenazadas, entre otras.

Finalmente, consideramos importante continuar con los estudios de los mamíferos pequeños, tanto voladores como no voladores, por su importante rol en los ecosistemas selváticos y por el escaso conocimiento de los mismos en la RBU. Tal vez los esfuerzos actuales no permitan, en el caso de los no voladores, obtener un cúmulo de datos que permita interpretaciones fuertes que nos lleven a recomendaciones de manejo y mitigación de impactos, pero el incremento en el conocimiento de su historia natural permitirá comprender mejor las interacciones y procesos en los cuales participan, redundando en beneficios para el PMB, la conservación del área y como base para identificar un cambio en el marco de un monitoreo de alerta.

## Bibliografía

- AGUIRRE, L. F. *Historia Natural, distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia*. Centro de ecología y difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz, Bolivia, 2007. 400 pp.
- ALBUJA, L. *Murciélagos del Ecuador*. 2da Edición. Cicetrónica Cía. Ltda. Offset. Quito, Ecuador, 1999. 288 pp.
- ALONSO, A., DALLMEIER, F., CAMPBELL, P y NOGUERON, R. *The Lower Urubamba Region, Peru*. Pp. 1-7, en: Dallmeier, F., A. Alonso y P. Campbell. (eds.). Urubamba: The Biodiversity of a Peruvian Rainforest. SI/MAB series 7. Smithsonian Institution, Washington, D.C., 2001.
- ANDERSON, S. *Mammals of Bolivia, taxonomy and distribution*. Bulletin of the American Museum of Natural History N° 231. New York, 1997. 652 pp.
- ARTEAGA, L. *Dispersión de semillas por murciélagos en ambientes fragmentados (contribución 4)*. Pp. 29-32, en: Aguirre, L. F. (ed.). Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia. Centro de Ecología y Difusión Simón I Patiño. Santa Cruz, 2007.
- BODDICKER, M., RODRÍGUEZ, J.J., AMANZO, J. *Assessment of the large mammals of the lower Urubamba region, Peru*. Pp. 183-193, en: Alonso, A., D. Dallmeier y P. Campbell (eds.). Urubamba: the Biodiversity of a Peruvian Rainforest. SI/MAB Series 7. 2001.
- BULES, D.W., BRIGHAM, R.M., RING, R.A. y REIMCHEN, T.E. *Diet of two insectivorous bats, Myotis lucifugus and Myotis keenii, in relation to arthropod abundance in a temperate Pacific Northwest rainforest environment*. Can. J. Zoo. 86: 1367-1375. 2008.
- COLWELL, R.K., CHAO, A., GOTELLI, N.J., LIN, S-Y., MAO, C.X., CHAZDON, R.L. y LONGINO, J.T. *Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages*. Journal of Plant Ecology 5(1): 3-21. 2012.
- CORNEJO-LATORRE, C., ROJAS-MARTÍNEZ, A.E., AGUILAR-LÓPEZ, M. y JUÁREZ-CASTILLO, L.J. *Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quirópteros en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México*. THERYA 2(2): 169-182. 2011.
- EMMONS, L., LUNA, L. y ROMO, M. *Mammals of the northern Vilcabamba mountain range, Peru*. Pp. 105-109 y 255-261, en: Alonso, L., A. Alonso, T. Schulenberg y F. Dallmeier (eds). Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru. RAP Working Papers 12 & SI/MAB Series 6. Conservation International, Washington, D.C., 2001.
- FLEMING, T.H. y SOSA, V.J. *Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants*. Journal of Mammalogy 75(4): 845-851. 1994.
- FORGET, P.-M. *Post-dispersal predation and scatterhoarding of Dipteryx panamensis (Papilionaceae) seeds by rodents in Panama*. Oecologia 94: 255-261. 1993.
- FORGET, P.-M. *Removal of seeds of Carapaprocera (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana*. Journal of Tropical Ecology 12: 751-761. 1996.
- GARDNER, A.L. (eds.). *Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, xenarthrans, shrews and bats*. The University of Chicago Press. Chicago and London. 2007. 669 pp.
- GENTRY, A. H. *Tree species richness of upper Amazonian forests*. Proceedings of the National Academy Science 85: 156-159. 1988.

GENTRY, A. H. Introduction. En: Gentry, A.H. (ed.). *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, CT y Londres, RU, 1990.

HICE, C. L. *The Non-Volant Mammals of the Estación Biológica Allpahuayo: Assessment of the Natural History and Community Ecology of a Proposed Reserve*, Texas Tech University, Texas, 2003.

JANOS, D.P., SAHLEY, C.T. y EMMONS, L.H. *Rodent dispersal of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Amazonian Peru*. *Ecology* 76(6): 1852-1858. 1995.

JONES, C., MCSHEA, W., CONROY, M. y KUNZ, T. Capturing mammals. Pp. 115-155, en: Wilson et al. (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity-Standard Methods for Mammals*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 1996.

JUÁREZ M., MANGE, G. y AGUERRE, G. (eds.). *Informe Anual 2010 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. Componente Upstream. 2011.

JUÁREZ, M., MANGE, G., AGUERRE, G. y FERRETI, V. (eds.). *Informe Anual 2011 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. Componente Upstream. 2012.

JUÁREZ, M., TRUCCO, C., AGUERRE, G., MANGE, G. y FERRETI, V. (eds.) *Informe Anual 2012 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. Componente Upstream. 2013.

LEITE PITMAN, M. R. P., BECK, H. y VELASCO, P. *Mamíferos terrestres y arbóreos de la selva baja de la Amazonía Peruana entre los ríos Manu y alto Purus*. En: Leite Pitman, M. R. P., N. C. A. Pitman y P. C. Alvares (eds.). *Alto Purus: Biodiversidad, Conservación y Manejo*. Center for Tropical Conservation and INRENA. Perú, 2003.

MEDELLIN, R. A. y GAONA, O. *Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats in Chiapas, Mexico*. *Biotropica* 31: 432-441. 1999.

MENA, J. L., SOLARI, S., CARRERA, J. P., AGUIRRE, L. F., y GÓMEZ, H. *Small mammal diversity in the tropical Andes: an overview*. Pp. 260-275, en: Herzog, S. K., R. Martinez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). 2011.

MUSSER, G. G., CARLETON, M. D., BROTHERS, E. M. y GARNER, A. L. *Systematic studies of oryzomyine rodents (Muridae, Sigmodontinae): diagnoses and distributions of species formerly assigned to Oryzomys "capito"*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 236: 1-376. 1998.

NAGORSEN, D. W. y PETERSON, R. L. *Mammal collector's manual: a guide for collecting, documenting, and preparing mammal specimens for scientific research*. Royal Ontario Museum, Toronto, 1980.

PACHECO, V. Mamíferos del Perú. Pp.503-549, en: Cevallos, G. y J. A. Simonetti (eds.), *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F., 2002.

PACHECO, V., CADENILLAS R., SALAS, E., TELLO, C. y ZEBALLOS, H. *Diversidad y Endemismo de los Mamíferos del Perú*. *Revista Peruana de Biología* 16(1): 5-32. 2009.

PACHECO, V., DE MACEDO, H., VIVAR, E., ASCORRA, C., ARABA-CARDO, R. y SOLARI, S. *Lista anotada de los mamíferos peruanos*. *Occasional Papers in Conservation Biology* 2: 1-35. 1995.

PACHECO, V., MÁRQUEZ, G., SALAS, E. y CENTTY, O. *Diversidad de mamíferos en la cuenca media del río Tambopata, Puno, Perú*. *Revista Peruana de Biología* 18(2): 231-244. 2011.

PACHECO, V., PATTERSON, B. D., PATTON, J. L., EMMONS, L. H., SOLARI, S. y ASCORRA, C. *List of mammal species known to occur in Manu Biosphere Reserve, Peru*. *Publicaciones del Museo de Historia Natural, UNMSM (A)* 44: 1-12. 1993.

PACHECO, V. y SOLARI, S. *Manual de murciélagos Peruanos con énfasis en las especies hematófagas*. Organización Panamericana de la salud, 1997. 74 pp.

PATTERSON, B. D., PATTON, J. L. y EMMONS, L. H. *Lista completa de especies de mamíferos que se sabe habitan en la Reserva de la Biosfera del Manu*. Pp. 125-128, en: MacQuarrie, K. (ed.). *Peru's Amazonian Eden: Manu National Park and Biosphere Reserve*. Francis O. Patthey e hijos. Barcelona, 1992.

PATTERSON, B. D., STOTZ, D. F. y SOLARI, S. (eds.). *Mammals and Birds of the Manu Biosphere Reserve, Peru*. *Fieldiana: Zoology, n.s.*, 110. 2006.

PATTERSON, B. D., WILLING, M. R. y STEVENS, R. D. *Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization*. Pp. 536-579, en: Kunz, T. H. y M. B. Fenton (eds). *Bat Ecology*. Univ. Chicago Press. 2003.

PATTON, J. L., DA SILVA, M. N. F. y MALCOLM, J. R. *Mammals of the Rio Juruá and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 244:1-306. 2000.

RAMÍREZ-PULIDO, J., CASTRO-CAMPILLO, A. y SALAME-MÉNDEZ, A. *Los Peromyscus (Rodentia: Muridae) en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAMI)*. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 83: 83-114. 2001.

RAMÍREZ-PULIDO, J., GAONA, S., MÜDESPACHER Z., C. y CASTRO-CAMPILLO, A. *Manejo y mantenimiento de colecciones mastozoológicas*. Universidad Autónoma Metropolitana. 1989. 127 pp.

REDFORD, K. H. y EISENBERG, J. F. *Mammals of the Neotropics: The Southern Cone. Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. University of Chicago Press, Chicago, IL., 1992.

RODRÍGUEZ, J. J. y AMANZO, J. M. *Medium and large mammals of the Southern Vilcabamba region, Peru*. Pp. 117-126, en: Alonso, L., A. Alonso, T. Schulten y F. Dallmeier (eds.). *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. RAP Working Papers 12 & SI/MAB Series 6. Conservation International, Washington, D. C., 2001.

SAZIMA, M, BUZATO, S. y SAZIMA, I. *Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil*. *Annals of Botany* 83: 705-712. 1999.

SIMMONS, N. B. y VOSS, R. S. *The mammals of Paracou, French Guiana: A neotropical lowland rainforest fauna Part 1: bats*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 237: 1-219. 1998.

SIMMONS, N. B., VOSS, R. S. y PECKMAN, H. C. *The bat fauna of the Saül region, French Guiana*. *Acta Chiropterologica* 2(1): 23-36. 2000.

SOAVE G.E., MANGE, G. y FERRETI, V. (eds.). *Informe Anual del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú, 2005.

SOAVE G. E., MANGE, G., FERRETI, V. y GALLIARI, C. A. (eds.). *Informe Anual 2006 del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea, Perú*. 2006.

SOAVE G. E., FERRETI, V., Galliari, C. A. y MANGE, G. (eds.). *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonia Peruana, Perú*, Informe Anual 2007. 2008.



SOAVE, G., FERRETTI, V., MANGE, G. y GALLIARI, C. (eds). *Diversidad biológica en la Amazonía peruana: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Perú*. 2009.

SOAVE G. E., JUAREZ, M. C., FERRETTI, V. y MANGE, G. (eds.). *Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea, Amazonia Peruana, Perú*, Informe Anual 2009. 2010.

SOLARI, S., PACHECO, V., LUNA, L., VELAZCO, P. M. y PATTERSON, B. D. *Mammals of the Manu Biosphere Reserve*. Pp. 13-22, en: Patterson, B. D., D. F. Stotz y S. Solari. (eds.) *Mammals and Birds of the Manu Biosphere Reserve, Peru Fieldiana: Zoology, new series 110*. 2006.

SOLARI S. y J. RODRÍGUEZ. *Small, non-volant mammals: Biodiversity assessment in the Lower Urubamba Region*. Pp. 281-289, en: Dallmeier F. y A. Alonso (eds.). *Biodiversity Assessment & Monitoring, SI/MAB Series #1*. 1997.

SOLARI, S., RODRÍGUEZ, J. J., VIVAR, E. y VELAZCO, P. M. *A framework for assessment and monitoring of small mammals in a lowland tropical forest*. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 89-104. 2002.

SOLARI S., VIVAR, E., RODRÍGUEZ, J. y MENA, J. *Small mammals: Biodiversity assessment in the Lower Urubamba Region*. Pp. 209-218, en: Alonso A. y F. Dallmeier (eds.). *Biodiversity Assessment & Monitoring, SI/MAB Series #3*. 1998.

SOLARI S., VIVAR, E., RODRÍGUEZ, J. y VELAZCO, P. M. *Small Mammals: Biodiversity Assessment at the Pagoreni Well Site*. Pp. 137-150, en: Alonso A. y F. Dallmeier (eds.) *Biodiversity Assessment & Monitoring, SI/MAB Series #3*. 1999.

SOLARI, S., VIVAR, E., VELAZCO, P. y RODRÍGUEZ, J. *Small mammals of the southern Vilcabamba-region, Perú*. Pp. 110-116, en: Alonso, L., A. Alonso, T. Schulenberg y F. Dallmeier (eds). *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru. RAP Working Papers 12 & SI/MAB Series 6*. Conservation International, Washington, D.C., 2001.

STAPP, P. *Habitat selection by an insectivorous rodent: patterns and mechanisms across multiple scales*. *Journal of Mammalogy* 78(4): 1128-1143. 1997.

SUTHERLAND, W. J. *Ecological Census Techniques*. A handbook. Second Edition. Cambridge University Press. 2006.

TIRIRA, D. *Mamíferos del Ecuador, Guía de Campo*. Publicación Especial 6. Ediciones Murciélagos Blanco. Quito. 2007. 576 pp.

VOSS, R. S. y EMMONS, L. H. *Mammalian Diversity in Neotropical Lowland Rainforests: A Preliminary Assessment*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 230: 1-115. 1996.

VOSS, R. S., TARIFA, T. y YENSEN, E. *An Introduction to Marmosops (Marsupialia Didelphidae), with the Description of a New Species from Bolivia and Notes on the Taxonomy and Distribution of other Bolivian Forms*. *American Museum of Natural History*. New York, 2004. Number 3466.

WILSON, D., BAKER, R., SOLARI, S. y RODRÍGUEZ, J. J. *Bats: Biodiversity assessment in the Lower Urubamba Region*. Pp. 293-301, en: Dallmeier, F. y A. Alonso (eds.). *Biodiversity Assessment & Monitoring, SI/MAB Series #1*. 1997.

WOODMAN, N., TIMM, R. M., ARANA-C., R., PACHECO, V., SCHMINDT, C. A., HOOPER, E. D. y PACHECO-A., C. *Annotated checklist of the mammals of Cuzco amazonico, Peru*. *Occasional Papers of the Museum of Natural History The University of Kansas* 145: 1-12. 1991.

## 9. MAMÍFEROS GRANDES

### Metodología de evaluación de censos por transectos

**Flor de M. Gómez M.**

Coordinadora de Mamíferos Grandes del Programa del Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea  
fgomezmosqueira@yahoo.com

#### INTRODUCCIÓN

Perú es uno de los cinco países tropicales con mayor diversidad de mamíferos del mundo (IUCN, 2010; Pacheco et al., 2009). Solamente considerando a los mamíferos mayores existen 161 especies registradas, que incluyen a las terrestres, acuáticas y marinas (Pacheco et al., 2009). Además, el Bosque Tropical Amazónico es considerado el ecosistema con mayor diversidad de especies de flora y fauna.

En los últimos años se han realizado en el país numerosos inventarios biológicos con diferentes metodologías por parte de diversas instituciones. Voss & Emmons (1996) al referirse a la necesidad de inventarios completos de mamíferos en el Neotrópico, mencionan que son indispensables para entender la organización ecológica de especies simpátricas, para la documentación de gradientes geográficos, y como base para calibrar protocolos de evaluación rápida de la mastozoofauna de una zona.

La importancia de los mamíferos mayores en estudios de biodiversidad radica en que son especies claves en el sostenimiento de la integridad de los ecosistemas, debido a que son responsables de polinizar plantas, dispersar semillas, controlar especies que podrían tornarse plagas a través de la depredación o especies que sirven de alimento para los depredadores, etc. Visto de esta manera, los mamíferos pueden tener grandes efectos en la estructura y composición de la vegetación y la productividad de las plantas (Boddicker et al., 2002).

Asimismo, su presencia y abundancia constituyen un indicador de la óptima calidad de un bosque primario, ya que los mamíferos grandes son los primeros en desaparecer de un bosque por ser presas de cacería (Aquino et al., 2001 y Aquino, Terrones, Navarro & Terrones, 2007). Del mismo modo, dentro del grupo de mamíferos mayores se encuentran algunas especies denominadas “paraguas”, caracterizadas por presentar rangos territoriales amplios, un tiempo de persistencia largo y ser generalistas con respecto al hábitat (Fleishman et al., 2001); así como especies “bandera”, las cuales poseen atractivos especiales desde el punto de vista humano (belleza) capaces de estimular la conciencia pública hacia la importancia de conservar la biodiversidad, y pueden llegar a liderar campañas de conservación.

El presente capítulo es producto de las experiencias de especialistas que trabajaron en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea (PMB) a lo largo de 5 años. Se describen las metodologías utilizadas y se analiza su efectividad, de modo que puedan ser tomadas como referencia en experiencias similares en áreas de selva.

#### METODOLOGÍA

La evaluación de mamíferos mayores se centra por lo general en especies que pueden ser identificadas sin ser capturadas, debido a que estas dejan indicios característicos y son reconocidas por los pobladores locales (Rumiz et al., 1998). Las especies mayores a 2 kg utilizan rangos territoriales de varias hectáreas (Silvius y

Fragoso, 2003) por lo que no es necesario tener un gran detalle en la estratificación de la cobertura vegetal para hacer un buen inventario de especies, sólo hay que seguir criterios básicos que permitan registrar la mayor cantidad de especies cubriendo la zona de estudio de manera uniforme procurando una frecuencia de repeticiones estandarizada que pueda ser replicada posteriormente.

El equipo de campo de mamíferos mayores del PMB consiste en uno a dos investigadores y un co-investigador nativo, de preferencia cazador o con experiencia en búsqueda de animales, los que recorren todas las trochas abiertas previamente en la zona de estudio, incluyendo transectos adicionales en quebradas y playas, si los hubiera, con el propósito de incrementar el área de muestreo.

El esfuerzo mínimo de recorrido, considerando la movilidad de los mamíferos mayores, es de 30 km censo/día y 10 km censo/noche durante 7 días de muestreo efectivo. El promedio diario de recorrido es de 5 km censo/día y 2 km censo/noche y un mínimo de 2 repeticiones por transecto en cada temporada de evaluación (época seca y época húmeda).

De acuerdo a Wilson *et al.* (1996) y Voss y Emmons (1996), para los fines de un inventario o evaluación base lo más importante es detectar a todas las especies posibles que habitan el área; sin embargo, la ausencia de detección no define la ausencia de la especie. Del mismo modo, es probable que algunas especies no registren datos debido a que la mayoría de las especies de mamíferos son difíciles de observar dado el denso follaje del sotobosque, el terreno inaccesible y el comportamiento frecuentemente discreto y reservado de estas especies, sin mencionar los extensos rangos territoriales de distribución, lo que los hace poco frecuentes. La presencia de comunidades nativas (CCNN) o pueblos aumenta la dificultad de detectarlas, debido a que las especies cazadas son muy recelosas de la presencia humana, por lo cual el apoyo de la población local es importante para poder determinar de qué especies se trata.

La metodología usada para relevar la presencia de especies de mamíferos mayores, su abundancia relativa y estimación de la densidad poblacional es la utilizada por Boddicker *et al.*, 2002. De esta forma, se recorren los transectos al menos una vez y se emplea una combinación de técnicas que permiten reunir evidencias para determinar las especies existentes en el área. Las evidencias registradas son: observación directa, vocalizaciones, rastros indirectos y reporte de pobladores locales (Wilson *et al.*, 1996), todos los que son georeferenciados con la ayuda de un GPS de alta sensibilidad en campo.

Durante los recorridos se debe prestar particular atención a las quebradas o lechos de río encontrados, pues éstos representan sectores con sustratos de arena y/o fango apropiados para la impresión de huellas. Del mismo modo, es relevante la identificación de zonas de visita frecuente como collpas<sup>1</sup>, revolcaderos u otros similares para su evaluación y georreferenciación.

Los datos obtenidos de cada censo incluyen: el registro de la hora de inicio y fin de los recorridos, hora y ubicación del registro realizado, género y especie (en lo posible), cantidad y tipo de evidencia, la distancia perpendicular animal-observador (considerando que el observador está en la línea del transecto), el comportamiento de la fauna registrada, el tipo de hábitat en el que se realizó el registro y cualquier otra observación adicional que ayude a entender y canalizar mejor el análisis de la data obtenida. En el caso de observaciones directas se incluyó, además, el número de individuos y la composición sexual y etaria cuando fue posible, así como la altura a la cual se observó el primer individuo o el centro del grupo en caso de especies sociales. En el caso de las huellas, cuevas y heces, se registra también las medidas de las mismas. Finalmente, cuando es posible se guarda un registro fotográfico realizado con el apoyo de una cámara digital. También se utilizan los registros obtenidos por otros grupos de investigación, siempre que las determinaciones específicas no tengan margen de error, los mismos que son considerados como registros asistemáticos (fuera de los censos) y sirven para estimar la riqueza de especies en la zona de estudio.

Las especies registradas fueron identificadas con la ayuda de la guía de campo de Emmons & Feer (1999), en donde se incluyeron las modificaciones empleadas por Pacheco *et al.*, 2009 y los restos fecales con la ayuda de la guía de identificación de Chame (Chame, 2003).

#### Observaciones Directas

La observación directa se realiza principalmente en recorridos diarios de ida y vuelta en el sistema de trochas habilitado en la zona de estudio a distintas horas del día durante la mayor actividad de las especies (no necesariamente todos los días en ambos horarios) en busca de indicios directos (avistamientos).

Los censos diurnos se realizan entre las 05:30 y las 11:00 horas y entre las 15:00 y las 18:00 horas y los nocturnos entre las 20:00 y las 24:00 horas. La velocidad promedio de recorrido es de aproximadamente 0.5 - 1 km/hora con paradas a intervalos de 100 a 200 m por 1 a 2 minutos para la exploración visual de los diferentes estratos del bosque (desde el suelo hasta la parte alta del dosel arbóreo), con la finalidad de detectar cualquier movimiento o ruido que permitan identificar la presencia de mamíferos en los alrededores y facilitar el avistaje de animales cercanos. En este caso la determinación de las especies registradas es visual, observando a los animales directamente.

Es importante mencionar que se debe evitar hacer estos recorridos bajo la influencia de lluvias, debido a que propician ruido, estorban la visibilidad y causan una menor presencia de animales representando un fuerte limitante en el avistaje de fauna y un riesgo para la seguridad del equipo evaluador. Del mismo modo, se deben realizar las repeticiones en cada una de las trochas, siempre dejando un tiempo razonable sobre una misma trocha (2 a 3 días) con la finalidad de que los animales no se alejen por continuas alteraciones (Wallace, 1999).

#### Vocalizaciones

El registro de vocalizaciones se realiza durante los recorridos y tiene mayor énfasis para las especies de primates. Se registran todas las vocalizaciones escuchadas en los alrededores de la zona de estudio, inclusive aquellas escuchadas a gran distancia del punto de registro, tratando siempre, en tal caso, de aproximar la dirección y acortar la distancia de donde provino el sonido. En caso de escuchar un sonido característico mediante el cual se pueda identificar la especie, se toma nota de al menos un individuo escuchado.

Para algunas especies de primates se utilizan métodos de play back con el fin de lograr su acercamiento mediante la imitación de sus voces por el investigador y/o co-investigador, lográndose al menos mantener al grupo observado alrededor de la zona de avistamiento por más tiempo, lo cual permite detallar el comportamiento de la fauna observada.

#### Rastros

Los rastros se registran a lo largo de los mismos transectos que se utilizan para las observaciones directas y corresponden a cualquier

evidencia de actividad que pudiera identificarse con certeza y cuyo registro demuestre la presencia de estas especies en la zona de estudio en forma regular como: huellas, comederos, cuevas, heces, madrigueras y refugios, revolcaderos y/o bañaderos, senderos, emanación de sustancias odoríferas, frutos, pelos y/o cerdas, huesos, despojos (cueros) y otros rastros (regurgitos, rasguños en troncos de árboles, etc.) que puedan ser claramente identificados por los evaluadores y sean asignables a estos animales de manera precisa. Luego de registrar la evidencia encontrada, ésta debe ser marcada de alguna manera para evitar registrarla posteriormente en una siguiente evaluación del transecto.

Si bien es cierto algunas huellas son fáciles de identificar, hay algunas otras que requieren de mayor cuidado y observación para ser identificadas correctamente, pues existen múltiples factores que afectan el aspecto general de las huellas y su permanencia en el sustrato conforme pasa el tiempo, como la anatomía de la pata y el tipo de locomoción del animal.

Por lo tanto, si bien el tamaño de huella puede ser variable aún para un mismo individuo debido a los factores mencionados anteriormente, las medidas facilitan la discriminación entre especies. Normalmente se mide el largo y ancho de la huella y en el caso de los felinos, también el largo y ancho de la almohadilla (véase *Figura 1*). En aquellas circunstancias que el sustrato lo permita, se debe fotografiar las huellas, dibujarlas en acetato y/o copiarlas en cera o yeso para

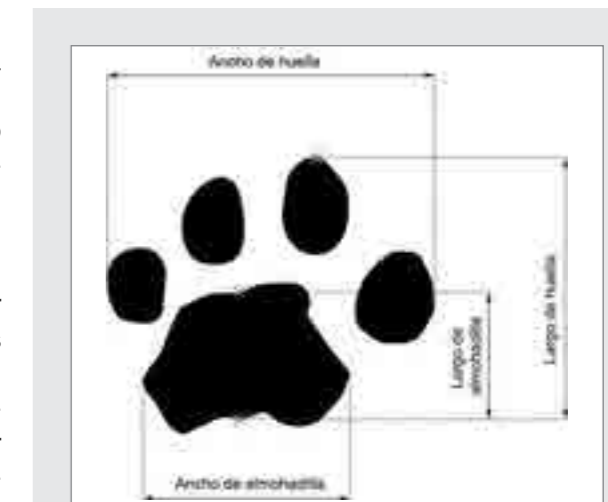


Figura 1. Patrones de Medida de Huellas.

Fuente: Elaboración propia  
Huella de *P. concolor*. Las X y las líneas punteadas indican los puntos exactos donde debe medirse.

<sup>1</sup> Collpas: Sitios de suelo desnudo en los que se congregan mamíferos y/ aves e ingieren arcillas que les proporcionan minerales y otros nutrientes para complementar su dieta, y les permiten detoxificar algunos componentes nocivos ingeridos en su dieta habitual; se bañan para disminuir su carga parasitaria etc.; y, por lo tanto, cumplen un rol ecológico fundamental.

su posterior revisión y constatación con el uso de guías de identificación para mamíferos neotropicales (Emmons y Feer, 1999 y Tirira, 1999; Simonetti y Huareco, 1999; Cuéllar y Noss, 2003 y las fotografías de Pardini *et al.*, 2004).

Del mismo modo, se localiza y registra el tamaño de las cuevas y comederos de Dasipódidos para poder identificar las diferentes especies y su preferencia de hábitat, tomando nota solo de aquellas que se encuentran activas.

### Entrevistas

Las encuestas realizadas a los co-investigadores asistentes de los diferentes grupos de evaluación se realizan con el objetivo de complementar la información para la elaboración del listado de especies potenciales, obtener los nombres comunes de las especies que habitan en el área de estudio en los diferentes idiomas locales, así como sus usos actuales y potenciales.

Las entrevistas se realizan a través de conversaciones informales con los pobladores locales que comparten las campañas de monitoreo, donde se obtiene valiosa información acerca de las especies de mamíferos mayores como: valor económico desde el punto de vista de su uso en la alimentación (valor de subsistencia y comercial), usos en medicina tradicional y en la confección de artesanías, uso de animales como mascotas y apreciación personal en cuanto al estado actual en que se encuentran estos animales. Para facilitar la identificación de las diferentes especies de mamíferos y evitar influenciar su opinión de alguna manera, se emplea el apoyo de las ilustraciones de Emmons y Feer (1999) y el de Aquino *et al.* (2001).

### Análisis en Gabinete

El trabajo de gabinete consiste en el análisis de resultados mediante el empleo de índices de diversidad y similitud y la categorización de especies amenazadas y endémicas mediante la comparación de los registros realizados en las diferentes épocas evaluadas en la zona de estudio con las listas actualizadas existentes según la Legislación Nacional vigente del D.S. 034-2004-AG (Ministerio de Agricultura, 2004) y las listas actualizadas de organizaciones internacionales como la Categoría de Amenaza de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales) y los Apéndices del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre).

La identificación de especies en gabinete no es necesaria debido a que la metodología de evaluación no contempla la captura de especímenes, siendo todos los registros identificados en el campo en su plenitud; sin embargo, ante la eventualidad asistemática del deceso de algún individuo, particularmente Sciuromorfo; se realiza el respectivo procesamiento y taxidermización de muestras.

### Análisis de la información relevada

Una vez finalizado el monitoreo, los datos deben ser ordenados para su análisis e interpretación y para comparar la diversidad entre las diferentes épocas evaluadas, para lo cual se emplean diferentes índices, cuyo cálculo se realiza mediante la aplicación del programa Past ver. 2.09 para Windows (Hammer *et al.*, 2001).

Los índices empleados en el análisis de la data obtenida son:

- Riqueza Específica.
- Índices de Diversidad de Shannon - Wiener.
- Índice de Dominancia de Simpson.
- Coeficiente de Similitud de Jaccard.
- Índices de Ocurrencia y Abundancia.
- Especies Clave.
- Índice de Valor Mastozoológico.
- Determinación de la Curva de Acumulación de Especies.

### Metodología complementaria a los Censos por Transectos - Trampas Cámara

En el año 2011, el PMB realizó un ajuste de la metodología empleada en la evaluación de mamíferos grandes complementándola con la incorporación de trampas cámaras para desarrollar un monitoreo constante de la población de mamíferos grandes y medianos. Debido a las características de este método, el monitoreo mediante cámaras no puede estar acotado a las instancias de monitoreo en el terreno que se realizan dos veces al año en el componente biota terrestre, por lo que se diseñó una metodología complementaria con el uso de trampas cámara desde una Estación de Biodiversidad del PMB, actualmente en construcción.

El uso de trampas cámara como metodología es recomendable pues es un método no invasivo que causa una perturbación mínima en las especies objetivo. Estas cámaras se pueden dejar en campo por tiempo prolongado y son ideales para el estudio de animales de difícil avistamiento, y/o con hábitos nocturnos o

crepusculares que por lo general evitan la presencia humana, lo que causa que su registro con otros métodos sea bastante reducido. Asimismo, el registro de ocurrencias por medio de fotografías proporciona la evidencia de la presencia e incluso identidad, así como patrones de actividad de muchas especies. Sin embargo, a pesar del relativo éxito con las especies que se puedan registrar, puede que algunas otras no sean detectadas aun después de un buen esfuerzo de trampas cámara (Tobler *et al.*, 2008a). Este hecho tiene una importante implicancia en el diseño de los estudios debido a que un buen esfuerzo de trampas cámara no garantiza un censo completo, así como la falta de detección de una especie no significa que esta se encuentre ausente. Por esta razón, las trampas cámara son usadas como un método complementario.

Aunque el uso de trampas cámara para la estimación de índices de abundancia y densidad es una actividad relativamente reciente formulada y de mayor aplicación en tigres asiáticos (Karanth, 1995; Karanth y Nichols, 1998 y 2002), su uso para fotografiar vida silvestre tiene más de 100 años (Sanderson, 2005). Los supuestos y métodos planteados para investigaciones de marcaje y recaptura, para poblaciones cerradas (Otis *et al.*, 1978), se aplican parcialmente por medio de trampas cámara en la medida en que la especie de interés pueda ser identificada a nivel de individuos a partir de fotografías (Silver *et al.*, 2004). Es así que esta metodología ha podido ser aplicada en especies con patrones diferenciados de coloración del pelaje, como tigres, jaguares y animales moteados en general, que permiten la identificación de individuos a partir de sus patrones bilaterales de manchas (Karanth y Nichols, 1998; Silver *et al.*, 2004; Maffei *et al.*, 2004). Sin embargo, el uso de este tipo de trampas también permite la estimación de índices de abundancia relativa de aquellas especies que no pueden ser identificadas individualmente (Sanderson, 2005; Maffei *et al.*, 2002).

Con el uso de esta metodología adicional, se puede complementar de manera sustancial la lista de especies obtenida con los censos, estimar parámetros demográficos como abundancia relativa, densidad, supervivencia y reclutamiento de las especies identificadas, así como obtener un patrón de actividad de los mamíferos grandes y medianos en función a sus horarios de actividad; etc. La gran ventaja del uso de trampas cámara comparado con otros métodos de muestreo es que se pueden registrar datos muy precisos sin

implicar la captura del animal o la presencia física del investigador a cargo, debido a que los registros fotográficos se mantienen en el equipo y pueden ser revisados en periodos largos de tiempo incluso por otros investigadores.

### DISCUSIÓN

Son pocas las estimaciones de abundancia de mamíferos medianos y grandes que existen para el Neotrópico y para este propósito se ha empleado principalmente la técnica de censos en transectos (Eisenberg y Thorington, 1973; Eisenberg *et al.*, 1979; Emmons, 1984; Glanz, 1990a). Eisenberg y Thorington (1973) comentan que la técnica de transectos es conveniente para especies de hábitos diurnos y de fácil detección, mientras que Emmons (1984) menciona que, a pesar de los sesgos inherentes, los censos con transectos son el mejor método para evaluar la densidad de mamíferos en el bosque húmedo tropical. Sin embargo, existen diversos factores, además de la abundancia, que determinan el número de especies registradas en un censo de transectos como el desarrollado en esta metodología, por ejemplo, el hecho de que la actividad de los animales está afectada por la hora del día, la disponibilidad de alimento, el estado del tiempo y las condiciones de la cobertura vegetal a la vera del camino (Davis & Windstead, 1987). Durante los censos realizados no se detectan algunos mamíferos que presentan baja abundancia, hábitos crípticos y/o especies nocturnas que, efectivamente, parecen tener una baja abundancia. Sin embargo, las observaciones directas en recorridos en transectos constituyen el método más eficiente dentro de las técnicas de detección directa existentes, porque al cubrir más área se incrementa la probabilidad de observar más animales, lo cual se demuestra en las curvas de acumulación de especies obtenidas como resultado de estas evaluaciones, las mismas que permiten dar confiabilidad a los inventarios biológicos y facilitar su comparación, así como cotejar lugares según una medida similar de esfuerzo, sea en número de individuos detectados o tiempo de evaluación (Moreno y Halffter, 2001).

Las evaluaciones realizadas por el PMB entre los años 2005 y 2010 en el Bajo Urubamba dieron resultados que nos permiten afirmar que la metodología empleada a lo largo de estos monitoreos arroja datos confiables para evaluaciones de esta índole.

En el caso particular del monitoreo de mamíferos grandes, se han desarrollado 16 evaluaciones: 7 para el Bosque Primario Amazónico Denso (BAPD), 7 para el Bosque Primario Amazónico Semidenso (BAPS), 1 para el Pacal de Bosque Amazónico (PBA) y 1 para la unidad denominada Áreas Intervenidas (AI), donde 11 sitios fueron blanco y 5 sitios fueron afectados o con intervención por parte del Proyecto Camisea (PC). El esfuerzo de muestreo total fue de 431,064 km y 605,42 horas/censo recorridas (véase *Tabla 1*).

Se registró un total de 44 especies de mamíferos grandes, distribuidos para cada unidad de paisaje de la siguiente manera: 39 especies de mamíferos grandes y medianos para el BAPD, 36 especies para el BAPS, 23 especies para el PBA y 20 especies para el AI.

La *Tabla 2* presenta una comparación de la riqueza obtenida por el PMB respecto a estudios previos realizados en la zona, así como en función a las especies potencialmente presentes. El cálculo de las especies potencialmente presentes en la zona (63 para el Bajo Urubamba) es el listado compilado de especies obtenidas por diferentes estudios previos, el cual es usado como base para registros esperados en estudios de monitoreo posteriores. Esta tabla presenta también el número de especies registradas de manera efectiva para cada estudio previo realizado y la riqueza resultado de 5 años de monitoreo del PMB (44 especies).

El total de especies registradas y confirmadas para el PMB representa el 69.84% de las especies potencialmente reportadas por los estudios previos; con lo cual se puede afirmar

que este estudio ha sido exitoso en función a registros obtenidos y es de importancia continuar su desarrollo pues existe un porcentaje de especies que aún no han sido registradas probablemente por su baja densidad poblacional en la zona u otras razones.

De la misma forma, las curvas de acumulación de especies registradas en estos estudios muestran la efectividad del desarrollo de los mismos. La siguiente figura (*Figura 2*), muestra las curvas de acumulación de especies por unidad de esfuerzo, medidas en días para 2 locaciones evaluadas durante ambas épocas de muestreo (época seca y húmeda).

A pesar de la diferencia del número de días de muestreo en las diferentes locaciones, se

observa el constante incremento del número de especies registradas diariamente a medida que se incrementa el esfuerzo. La *Figura 2* evidencia la diferencia durante las diferentes temporadas (seca y húmeda) en una misma locación; donde se observan variaciones en el número de especies registradas entre una época y otra, lo cual se debe probablemente a la característica migración estacional de las especies u otros factores.

Del mismo modo, la siguiente figura (véase *Figura 3*) muestra las curvas de acumulación de especies por unidad de esfuerzo, medidas en días para 4 diferentes unidades de vegetación evaluadas por el PMB en el Bajo Urubamba. Al igual que en la *Figura 2*, se observa el constante aumento del número de especies registradas

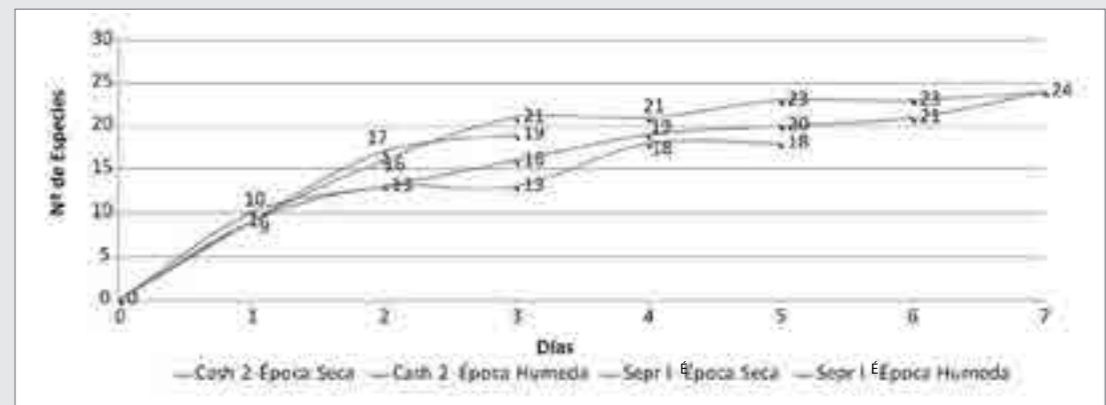
Esfuerzo	BAJO URUBAMBA											
	BAPD			BAPS			PBA			AI		
	Día	Noche	Total	Día	Noche	Total	Día	Noche	Total	Día	Noche	Total
Km	172,15	35,65	<b>207,80</b>	117,11	46,43	<b>163,54</b>	33,03	11,43	<b>44,46</b>	8,97	6,29	<b>15,26</b>
Horas	237,20	50,56	<b>287,76</b>	179,12	65,49	<b>244,61</b>	34,20	10,20	<b>44,40</b>	24,45	4,20	<b>28,65</b>

**Tabla 1.** Esfuerzo desarrollado por unidad de vegetación en las evaluaciones del Bajo Urubamba durante los años 2005 - 2010

**BAPD:** Bosque Amazónico Primario Denso    **BAPS:** Bosque Amazónico Primario Semidenso  
**PBA:** Pacal de Bosque Amazónico    **AI:** Área Intervenida

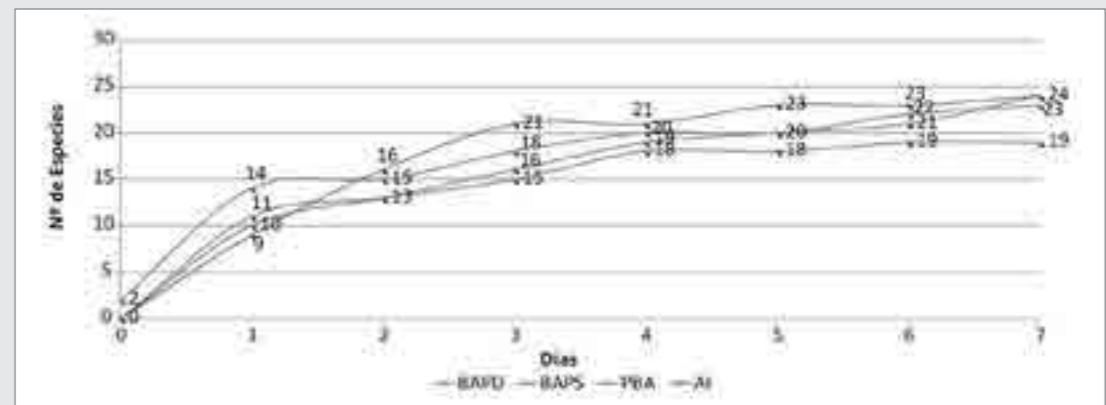
	REGISTROS								
	ESTUDIOS PREVIOS					PMB (2005 - 2010)			
	Alonso et al. (1997 - 1998) SI/MAB Series #1, 2 y 3	Boddicker et al. (2001 - 2002)	Santuario Nacional Megantoni (Figuerola, 2004)	ERM (2004)	ERM (2006)	BAPD	BAPS	PBA	AI
<b>TOTALES REGISTRADAS POR ESTUDIO</b>	52 Sp	54 Sp	34 Sp	51 Sp	53 Sp	44 Sp			
<b>Potenciales TOTALES</b>	63								
<b>Registradas CONFIRMADAS - PMB 2005 al 2010</b>	44								
<b>Porcentaje Registradas</b>	69,84%								

**Tabla 2.** Especies registradas en evaluaciones realizadas en el Bajo Urubamba durante los años 1997 - 2010



**Figura 2.** Curva de acumulación de especies

Fuente: Elaboración propia  
 Ejemplo de curva observada en la acumulación de especies de mamíferos mayores en la evaluación de Cashirari 2 y Sepriato 1 durante las épocas seca y húmeda en el período 2005 - 2007



**Figura 3.** Curva de acumulación de especies

Fuente: Elaboración propia  
 Ejemplo de curvas observadas en la acumulación de especies de mamíferos mayores en la evaluación de las diferentes unidades de vegetación encontradas en el Bajo Urubamba durante los años 2006 - 2007

día a día a medida que se incrementa el esfuerzo. La *Figura 3* muestra la diferencia en el número de especies registradas en evaluaciones de diferentes unidades de vegetación; donde se observan variaciones en el número de especies entre una unidad y otra, debido a múltiples factores como el tipo de vegetación, la disposición de alimento y refugio para las diferentes especies, etc.

Finalmente, ambas figuras precedentes permiten afirmar que el clímax de la asíntota en las curvas de acumulación de especies se establece alrededor del quinto o sexto día de evaluación, con lo cual 7 días efectivos de muestreo son suficientes para poder determinar la riqueza específica de una locación con bastante certeza. No obstante, existe la posibilidad de que estas curvas sigan creciendo con un incremento en el esfuerzo de muestreo en la evaluación, pues se presume que en las zonas de estudio existan especies que no han sido registradas debido a una baja densidad poblacional en una u otra temporada, migración estacional u otros factores.

Por otro lado, el complemento agregado con el registro de rastros, además de ser una evidencia clara y conspicua de la presencia de una especie en la zona de estudio, permite completar la composición de la fauna de mamíferos de una localidad al registrar algunas especies que no son observadas de otra manera y su correcta interpretación proporciona también importante información sobre el comportamiento, edad, estructura social, forma de locomoción y hábitos de forrajeo de los mamíferos (Aranda, 1981; Putman, 1984; Wemmer *et al.*, 1996). Esta es una técnica de fácil aplicación por personas familiarizadas con los rastros de los mamíferos, como los co-investigadores y, en algunos casos, la única aproximación posible para el estudio de ciertos mamíferos silvestres (Aranda, 1981; Wemmer *et al.*, 1996) y ha sido aprovechada en

varios trabajos con mamíferos medianos y grandes en otras partes del Neotrópico para el estudio de especies de difícil observación y para complementar inventarios (Woodman *et al.*, 1991). Así, el registro de huellas es de utilidad no solo porque reflejan cambios en la abundancia en diferentes épocas de evaluación o bajo tratamientos diferentes, sino también porque permiten detectar especies inconspicuas y se pueden registrar independientemente de la hora de actividad de los mamíferos (Carrillo *et al.*, 2000).

Del mismo modo, si bien las entrevistas a los pobladores locales permiten tener una visión histórica de lo que ha ocurrido a la fauna de una región a corto y largo plazo, y registrar la pérdida de algunas especies, especialmente aquellas de mayor talla y sujetas a algún tipo de influencia humana, también son bastante subjetivas ya que los reportes realizados por pobladores locales no discriminan a las especies encontradas solo en la zona de estudio, sino son siempre en forma generalizada para la región y muchas veces pueden llevar a sub o sobreestimaciones de la riqueza de especies (Fleck *et al.*, 1999). Esto sucede, por ejemplo, cuando usan un mismo nombre común para varias especies, como en el caso de los "tigrillos" que, en la región, estarían representados por *L. pardalis*, *L. tigrinus*, y/o *L. wiedii*, o cuando una especie recibe varios nombres comunes que, para los habitantes de la zona, podrían representar especies diferentes, o por la deficiencia de identificación que surge en algunas especies dentro de grupos de aspecto similar como armadillos, tigrillos, perezosos, erizos, etc. Aun así, esta identificación permite tener idea del uso actual y potencial de la fauna de mamíferos de una región y, por ello, es importante integrar a los habitantes al momento de definir acciones de protección y manejo de estos recursos naturales.

## Bibliografía

- ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (Eds.). *Biodiversity Assessment of the Lower Urubamba Region, Peru: San Martin-3 and Cashiriari-2 Well Sites*. SI/MAB Series #1, Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, DC., EE.UU., 1997.
- ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (Eds.). *Biodiversity Assessment of the Lower Urubamba Region, Peru: Cashiriari-3 Well Site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series #2, Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, DC., EE.UU., 1998.
- ALONSO, A. y DALLMEIER, F. (Eds.). *Biodiversity Assessment of the Lower Urubamba Region, Peru: Pagoreni Well Site: Assessment and Training*. SI/MAB Series #3, Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, DC., EE.UU., 1999.
- AQUINO, R.; BODMER, R.; GIL, J. G. *Mamíferos de la cuenca del río Samiria: Ecología Poblacional y Sustentabilidad de la Caza*. Imprenta Rosegraff. Lima, Perú, 2001. 108 pp.
- AQUINO, R.; TERRONES, C.; NAVARRO, R. y TERRONES, W. *Evaluación del impacto de la caza en mamíferos de la cuenca del río Alto Itaya, Amazonía peruana*. Revista Peruana de Biología, 14(2):181-186. 2007.
- ARANDA, J. *Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de Campo*. Xalapa (Veracruz, México): Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, 1981.
- BODDICKER, M., RODRÍGUEZ, J. J. y AMANZO, J. *Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework*. Environmental Monitoring and Assessment 76: 105-123. 2002.
- CARRILLO, E., WONG, G. y Cuarón, A. D. *Monitoring mammals population in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions*. Conservation Biology 14:1580-1591. 2000.
- CHAME, M. *Terrestrial Mammal Feces: A Morphometric Summary and Description*. Mem Inst Oswaldo Cruz, Río de Janeiro, Vol. 98 (Suppl. I): 71-94. 2003.
- CUÉLLAR E. y NOSS, A. *Mamíferos del Chaco y de la Chiquitania de Santa Cruz, Bolivia*. Wildlife Conservation Society. Editorial FAN (Fundación Amigos de la Naturaleza), Santa Cruz, Bolivia, 2003.
- DAVIS, D. y WINSTEAD, R. *Estimación de tamaños de poblaciones de vida silvestre*. Págs. 233-258 en: R. Rodríguez (ed.), Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Wildlife Society, Bethesda, Maryland, 1987.
- EISENBERG, J. F. y Thorington, R. W. Jr. *A preliminary analysis of a Neotropical mammal fauna*. Biotropica 5: 150-161. 1973.
- EISENBERG, J. F., O'Connell, M. A. y August, P. V. *Density, productivity, and distribution of mammals in two Venezuelan habitats*. Págs. 187-207 en: J. F. Eisenberg (ed.), Vertebrate ecology in the northern Neotropics. Smithsonian Institution, Washington, D. C., 1979.
- EMMONS, L. H. *Geographic variation in densities and diversities of nonflying mammals in Amazonia*. Biotropica 16: 210-222. 1984.
- EMMONS, L. E. y FEER, F. *Mamíferos de los Bosques Húmedos de América Tropical. Una guía de campo*. Santa Cruz de la Sierra: Editorial FAN (Fundación Amigos de la Naturaleza), 1999.

FLECK, D. W., VOSS, R. S. y PATTON, J. L. *Biological basis of saki (Pithecia) folk species recognized by the Matsigenka Indians of Amazonian Peru*. International Journal of Primatology 20: 1005-1028. 1999.

FLEISHMAN, E.; MURPHY, D. D. y BLAIR, R. B. *Selecting effective umbrella species*. Cons. Biol. Pract. 2: 17-23. 2001.

GLANZ, W. *Fauna de mamíferos terrestres de la Isla de Barro Colorado: censos y cambios a largo plazo*. Págs. 523-536 en: E. G. Leigh, Jr., A. S. Rand & D. M. Windsor (eds.), *Ecología de un bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Smithsonian Institution, Washington, D. C., 1990a.

HAMMER, O., HARPE, D.A.T. y RYAN, P.D. *PAST: Paleontological Statistics software Packaged for education and data analysis*. Paleontología Electrónica 4(1): 9 pp. 2001.

INRENA, Ministerio de Agricultura. 2004. D.S. 034-2004-AG. *Categorización de especies amenazadas de fauna silvestre*. Publicación en el diario oficial el Peruano (D.S. 034-2004-AG). Año XXI N° 8859, pp. 276854-276857. 2004.

IUCN, 2010. *IUCN Red List of Threatened Species. The IUCN species survival commission*. IUCN. The World Conservation Union. Version 2010.3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Descargada el 2 de Septiembre de 2010.

KARANTH, U. *Estimating tiger populations from camera-trap data using capture-recapture models*. Biological Conservation 71:333-338. 1995.

KARANTH, U. y Nichols, J. *Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures*. Ecology 79 (8):2852-2862. 1998.

KARANTH, U. y Nichols, J. *Monitoring tigers and their prey: A manual for researchers, managers and conservationists in Tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies. Bangalore, India, 2002. 293 p.

KREBS, C. H. J. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey. Educational Publishers, 1999. 620 pp.

MAFFEI, L; Cuellar, E; Noss, A. *Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitania*. Rev. Bol. Ecol. 11:55-65. 2002.

MAFFEI, L; CUELLAR, E; NOSS, A. *One thousand jaguars (Panthera onca) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-lyá National Park*. J. Zool. Lond. 262:195-304. 2004.

MORENO, C. E. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales & Tesis SEA, Vol. 1, Zaragoza, 2001. 84 pp.

MORENO, C y HALFFTER, G. *On the measure of sampling effort used in species accumulation curves*. Journal of Applied Ecology, 38: 487-490. 2001.

OTIS, D., BURNHAM, K., WHITE, G., ANDERSON, D. *Statistical inference from capture data on closed animal populations*. Wildlife Monographs 62: 1-135. 1978.

PACHECO, V., CADENILLAS, R., SALAS, E., TELLO, C. y ZEBALLOS, H. *Diversidad y Endemismo de los Mamíferos del Perú*. Revista Peruana de Biología 16 (1): 005-032. 2009.

PARDINI, R., DITT, E. H., CULLEN L. Jr., BASSI, C. y RUDRAN, R. *Levantamento rápido de mamíferos terrestres de médio e grande porte*. Pp. 181-201, en: *Métodos de estudos em Biologia da Conservação. Manejo da Vida silvestre (LC Cullen Jr, R Rudran y C Valladares-Padua, eds.)*. Editora da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil, 2004.

PUTMAN, R. J. *Facts from faeces*. Mammal Review 14: 79-97. 1984.

RODRÍGUEZ, J. J. y AMANZO, J. M. *Medium and large mammals of the Southern Vilcabamba region, Peru*. Pp. 117-126. En: Alonso, L.; Alonso, A.; Schulenberg, T. y Dallmeier, F. (Eds.). *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. RAP Working Papers 12 & SI/MAB Series 6. Conservation International, Washington, D. C., 2001.

RUMIZ D. I., EULERT, C. F. y ARIPE, R. *Evaluación de la diversidad de mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional Carrasco (Cochabamba-Bolivia)*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 4:77-90. 1998.

SANDERSON, J. *Tropical Ecology Assessment and Monitoring (TEAM) Initiative: Camera photo trapping monitoring protocol*. Conservation International. Washington, EE.UU., 2005. 13 p.

SIMONETTI, J. A. y HUARECO, I. *Uso de huellas para estimar diversidad y abundancia relativa de los mamíferos de la Reserva de la Biosfera - Estación Biológica del Beni, Bolivia*. Mastozoología Neotropical 6:139-144. 1999.

SILVER, S., OSTRO, L., MARSH, L., MAFFEI, L., NOSS, A., KELLY, M., WALLACE, R., GOMEZ, H., AYALA, G. *The use of camera traps for estimating jaguar Panthera onca abundance and density using capture/recapture analysis*. Oryx 38(2):1-7. 2004.

SILVIUS, K. y Fragoso, J. *Red-rumped Agouti (Dasyprocta leporina) Home Range Use in an Amazonian Forest: Implications for the Aggregated Distribution of Forest Trees*. Biotropica, 35:74-83. 2003.

TIRIRA, D. *Mamíferos del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, and SIMBIOE. Quito, Ecuador, 1999. 392 pp.

TOBLER, M.W., CARRILLO-PERCASTEGUI, S.E., PITMAN, R.L., MARES, R. y POWELL, G. *An evaluation of camera traps for inventoring large -and medium- sized terrestrial rainforest mammals*. Animal Conservation 11: 169-178. 2008a.

VOSS, R y EMMONS, L. *Mammals diversity in Neotropical lowland rainforest: A preliminary assessment*. Bulletin of the American Museum of Natural History 230:1-115. 1996.

WALLACE, R. *Transectas Lineales: Recomendaciones sobre Diseño, Práctica y Análisis*. En: *Técnicas de Investigación para el Manejo de fauna Silvestre*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 1999. Pg. 1-12.

WEMMER, C., KUNZ, T. H., LUNDIE-JENKINS, G. y MCSHEA, W. J. *Mammalian signs*. Págs.157-176 en: D. E. Wilson, F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran & M. S. Foster (eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 1996.

WILSON, D.E., COLE, F.R., NICHOLS, J.D., RUDRAN, R. y FOSTER, M. (Eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1996.

WOODMAN, N., TIMM, R. M., ARANA C., R., PACHECO, V., SCHMINDT, C. A., HOOPER, E. D. y PACHECO A., C. *Annotated checklist of the mammals of Cuzco amazonico, Peru*. Occasional Papers of the Museum of Natural History The University of Kansas 145: 1-12. 1991.

## 10. HIDROBIOLOGÍA

---

### Plancton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

Iris Samanez<sup>1</sup> y Luisa Chocano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docente-Investigadora Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM. Departamento de Limnología MHN – UNMSM  
isamanezv@unmsm.edu.pe

<sup>2</sup> Departamento de Ictiología MHN-UNMSM  
elchocano@gmail.com

#### INTRODUCCIÓN

El plancton es una comunidad acuática que agrupa organismos tanto vegetales como animales, mayormente microscópicos, con escaso o nulo movimiento, que viven suspendidos y a merced de los movimientos del agua.

Los organismos vegetales (fitoplancton) están constituidos por microalgas pertenecientes a varios grupos (algas verdes, cianobacterias, fitoflagelados, diatomeas, etc.). El componente animal (zooplancton) está conformado por organismos invertebrados (rotíferos, microcrustáceos y protozoarios).

Ambos componentes de esta comunidad se encuentran mejor representados en ambientes acuáticos que no poseen corriente (lénticos) como lagunas y lagos; sin embargo, se les puede encontrar también, aunque en menor diversidad, ocupando la zona de remansos y recodos de ambientes lóticos (ríos, arroyos).

Dentro de los ecosistemas acuáticos, el fitoplancton es el que inicia la cadena trófica (productor primario), constituyendo el alimento para el zooplancton y para los estadios iniciales de los peces.

Las algas del fitoplancton se consideran indicadores del estado trófico de los ecosistemas acuáticos, de allí el cuidado de mantener un equilibrio en la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos), evitando el aporte extra de estos por acción antrópica (contaminación orgánica).

Por otro lado, algunos componentes del fitoplancton (cianobacterias) pueden incrementar sus poblaciones por un aumento de temperatura en el agua, dando como resultado, en ocasiones, floraciones que podrían producir toxinas y afectar a otras formas de vida acuática.

El zooplancton tiene igual importancia; es considerado productor secundario y/o consumidor primario en los ecosistemas acuáticos y es el intermediario entre los productores (fitoplancton) y los grandes consumidores (peces).

El objetivo implica relacionar el rol del plancton dentro de los ecosistemas con la calidad de los ambientes acuáticos evaluados, tomando en cuenta la influencia directa e indirecta del Proyecto Camisea (PC), en relación, a su vez, con la continuidad de las actividades de subsistencia realizadas por las comunidades nativas (CCNN).

---

#### DISEÑO METODOLÓGICO

El monitoreo incluye la cuenca baja del río Urubamba desde Sepahua hasta Timpía, considerándose a dos CCNN bajo la influencia directa del proyecto: Shivankoreni y Kirigueti, ubicadas

aguas abajo de Malvinas; dos comunidades más distantes, Miaría y Sepahua, también aguas abajo, bajo influencia indirecta; y un testigo o zona blanco, Timpía, localizada aguas arriba de Malvinas, donde el PC no tiene influencia.

### **Materiales y métodos de colecta del plancton** **Equipos y materiales (colecta de aguas superficiales en zonas de orilla)**

De protección personal:

- Ropa adecuada (zapatillas, pantalón y camisa de largo entero)
- Guantes de látex
- Chaleco salvavidas

Para la colecta de muestras:

- GPS
- Ficha de campo
- Lápices y marcadores de tinta indeleble
- Etiquetas de papel resistente al agua
- Frascos de 50, 100 y 200 ml para las muestras
- Red de plancton (35 micras de abertura de poro)
- Baldes de 5 litros de capacidad

Para la determinación de la fisicoquímica del agua *in situ*:

- Disco de Secchi (para medir la transparencia del agua)
- Equipo multiparámetro portátil (parámetros fisicoquímicos)

Reactivo para la fijación de muestras:

- Solución de formol al 5% (ampliamente utilizada)

### **Técnicas de colecta de plancton**

Para la localización del área de muestreo, se deben fijar las coordenadas (GPS) y tomar en cuenta lo siguiente:

- Descripción de la morfología y morfometría del ambiente acuático
- Observación y descripción de cobertura vegetal (macrófitos)
- Fijación de estaciones de muestreo, las cuales deben estar ubicadas en las orillas y en partes de remanso y de fácil acceso
- Antes de la colecta de muestras, se deben medir los parámetros fisicoquímicos (transparencia, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH), datos importantes que servirán en la interpretación de los resultados

### **Colecta de muestras**

Muestras concentradas, mediante filtrado de un volumen conocido de agua a través de la red de plancton (Branco, 1978). La cantidad de agua filtrada dependerá del estado trófico del

ecosistema (el Bajo Urubamba es considerado como meso a eutrófico y se filtran 20 litros). Se puede estandarizar el método de modo que los resultados sean semicuantitativos (en porcentaje de abundancia) conociendo el volumen filtrado.

### **Número de muestras**

La colecta de muestras debe tener réplicas que, además de brindar información representativa del ambiente evaluado, permitan la aplicación de análisis estadísticos. Cuanto mayor sea el número de muestras por estación (mínimo 3), mejor representada estará la comunidad. Además, este procedimiento permite tener material suficiente para asegurar su correcta identificación y para que pueda ser consultado con otros especialistas (si existen dudas sobre la identificación). Del mismo modo, el contar con varias muestras, permite su certificación por otras instituciones especializadas si se requiere un control de calidad.

### **Periodos de muestreo**

Para el caso del monitoreo, el muestreo es semestral, asociado a los periodos de seca (generalmente entre agosto y setiembre) y húmedo o época de lluvias (entre marzo y abril).

Para el estudio taxonómico de línea de base en un inicio se realizó una evaluación trimestral. Luego se adoptó el muestreo estacional.

### **Preservación y Etiquetado**

#### **Muestras preservadas**

Una vez colectadas las muestras, se vierten en frascos de 200 ml, los cuales son llenados hasta las  $\frac{3}{4}$  partes; luego se añade el preservante hasta completar el volumen total, se agita la muestra y se homogeniza para así evitar el enquistamiento de algunos organismos. Se recomienda que las muestras fijadas se guarden en lugares frescos y protegidos de la luz.

#### **Etiquetado**

Todas las muestras son etiquetadas (usando papel resistente al agua) con datos o código de procedencia, colector, fecha y hora, tipo de muestra (cualitativa o cuantitativa) y método de colecta empleado. Estos mismos datos son anotados en la libreta de campo.

Finalmente, se procede al cierre hermético y la protección adecuada de cada una de las muestras para su transporte.

### **Identificación**

*El trabajo de identificación debe ser realizado por personal especializado (con formación acreditada y experiencia comprobada). Para la identificación de muestras de referencia se recomienda contar con el apoyo de expertos.*

### **Técnicas específicas de acuerdo al taxón**

Dependiendo de los grupos presentes y el nivel taxonómico requerido a identificar (familia, género, especie) es preciso aplicar diferentes técnicas de tinción con colorantes específicos como azul de metileno, lugol, tinta china. Algunos grupos de algas, como las diatomeas requieren tratamientos especiales de limpieza de estructuras y se montan en una resina de alto índice de refracción para poder determinar la especie.

### **Técnicas de Análisis**

#### **Cualitativa:**

La identificación de los taxones se realiza consultando claves y guías.

Se pueden hacer observaciones al microscopio con lámina-laminilla y realizar tratamientos específicos para cada grupo. Se recomienda hacer revisiones completas de cada lámina con un mínimo de 3 repeticiones por muestra (las repeticiones dependerán de la densidad de la muestra).

Es importante comprobar las descripciones escritas de las especies (no solo compararlas con dibujos o fotos) y tener en cuenta la información ecológica (distribución, hábitat, requerimientos, etc.).

#### **Cuantitativa:**

Se recomienda realizar previamente una visualización de la muestra antes de iniciar el recuento, con la finalidad de confeccionar una lista de los taxones presentes en la muestra y tener una idea general de la densidad de organismos.

La cuantificación del fitoplancton es realizada en la cámara de Sedgwick-Rafter, que mide 50 mm de largo por 20 mm de ancho y 1 mm de altura con capacidad para 1 mL de muestra y por aproximación estadística, ya que no es posible contar todos los individuos que se encuentran en la muestra; sin embargo, cuando la densidad de algas es baja (condición frecuente en las muestras del Bajo Urubamba - BU), se utiliza el método de recuento de la cámara completa.

El recuento de organismos puede hacerse por campos y/o por franjas. Se sugiere abarcar el mayor número de celdas para que los resultados sean confiables. Los resultados se dan en número de individuos/mL (APHA-AWWA-WEF; Branco, 1978).

### **DISCUSIÓN**

En relación al plancton, la metodología empleada tanto para la colecta como para la identificación y cuantificación de las especies registradas es estandarizada. Igualmente, la frecuencia del monitoreo es la adecuada toda vez que se consideran las dos estaciones relacionadas con el régimen de lluvias por las variaciones que se pueden observar principalmente en la renovación de nutrientes, los cuales generalmente tienden a incrementarse por el aporte alóctono. En cuanto a los resultados obtenidos en el PMB, se han registrado 170 especies cuya composición varía estacionalmente. Relacionando la diversidad planctónica con la influencia directa e indirecta del proyecto, los resultados indican que existe una mayor diversidad en la zona de influencia indirecta, posiblemente porque existe una mayor heterogeneidad de ecosistemas acuáticos, tal como sucede en la zonas de Miaría y Sepahua donde los ambientes evaluados corresponden a quebradas y arroyos ubicados a menor altitud de corriente leve y elevada transparencia, con influencia directa del bosque, desde el cual proviene un mayor aporte de nutrientes. En Kirigueti y Timpía, en cambio, las condiciones ambientales son diferentes a las anteriores, lo que se refleja en una menor riqueza y abundancia de plancton.

La riqueza y abundancia de las microalgas no reflejan grandes variaciones entre las estaciones seca y lluviosa, pudiendo considerarse que el aporte de nutrientes durante la época lluviosa es aprovechada casi de inmediato por las algas, lo que se manifiesta en una diversidad moderada. En la época seca, la corriente disminuye marcadamente, evidenciándose más lugares de remansos que ayudan a que los nutrientes permanezcan más tiempo disponibles y sean mejor aprovechados por un mayor número de algas, lo que se manifiesta, por lo tanto, en una mayor riqueza de estos organismos.



**Bibliografía**

- ANAGNOSTIDIS, K. y KOMÁREK, J. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 3-Oscillatoriales*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 80 (1-4): 327-472. 1988.
- APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. 2005. 1368 pp.
- AZIM, M.E., VERDEGEM, M.C.J., VN DAM, A.A. y BEVERIDGE, M.C.M. *Peryphyton: Ecology, Exploitation and management*. Oxfordshire, Cambridge. Cabi International. 2005. 319 pp.
- BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D., y STRIBLING, J.B. *Rapid bioassessment protocols for use in Streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2nd ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., 1999.
- BELLINGER, E.G. y SIGEE, D.C. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell, Great Britain. 2010. 271 pp.
- BICUDO, C.E y SORMUS, L. *Desmidiolorula paulista II: gênero Micrasterias C. Aghard ex Ralfs*. Bibliotheca Phycologica. Band. 57. J. Cramer, Berlin Stuttgart. 1982. 230 pp.
- BICUDO, C.E. y MENEZES, M. *Gêneros de algas de Águas Continentais Do Brasil*. Segunda Edición. Rima Editora. 2006. 502 pp.
- BIGGS, B.J.F. y KILROY, C. *Stream Periphyton Monitoring Manual*. NIWA, P.O. Box 8602, Christchurch, New Zealand. 2000. 216 pp.
- BRANCO, S.M. *Hidrobiología Aplicada a Engenharia Sanitaria*. CETESB. Sao Paulo, Brasil. 1978. 620pp.
- CAMBURN, K.E. y CHARLES, D.F. *Diatoms of Low-Alkalinity Lakes in the Northeastern United States*. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Special Publication 18, 2000. 152 pp.
- CIUGULEA, I. y TRIEMER, R.E. *A Color Atlas of Photosynthetic Euglenoids*. Michigan State University Press. 2010. 232 pp.
- DÜRRSCHMIDT, M. *Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen des Bañado Cruces Provinz Valdivia, Chile*. En Bibliotheca Phycologica Band 73. J. Cramer, Berlin Stuttgart. 1985. 138 pp.
- DE LA FUENTE M.J., A. (Ed.) *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton, fitobentos (microalgas bentónicas), macrofitos, invertebrados bentónicos, ictiofauna*. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. 2007. 232 pp.
- ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H., MOLLENHAUER, D. *Chlorophyta I: Phytomonadina*. En: *Pascher A (eds.)*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 9. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1983.
- FÖRSTER, K. *Conjugatophyceae Ordnung: Zygnematales und Desmidiaceae*. 8. Teil, 1. Hälfte. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 1982. 543 pp.
- FOTT, D.B. *Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Tetrasporales*. 6. Teil. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 1972.
- GEITLER, L. *Cyanophyceae*. En: Rabenhorst (ed.) *Kryptogamen-flora*. Reprint 1985. Koeltz Scientific Books. 1932. 1196 pp.
- GRAAM, J.L., LOFTIN, K.A., MEYER, M.T. y ZIEGLER, A.C. *Cyanotoxin mixtures and taste-and-odor compounds in cyanobacterial blooms from the Midwestern United States*. Environmental Science and Technology 44 (19): 7361-7368. 2010.
- GRAHAM, J.L., ZIEGLER, A.C., LOVING, B.L. y LOFTIN, K.A. *Fate and transport of cyanobacteria and associated toxins and taste-and-odor compounds from upstream reservoir releases in the Kansas River, Kansas, September and October 2011*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2012-5129, 65 p. (Revisado en noviembre de 2012). 2012.
- JHON, D.M., WHITTON, B.A. y BROOK, A.J. *The Freshwater Algal flora of the British Isles*. Second edition. Ed. Cambridge Univ. Press, Nueva York, 2011. 896 pp.
- HEGELWALD, E. y SILVA, P.C. *Annotated Catalogue of Scenedesmus and Nomenclaturally Related Genera, Including Original Descriptions and Figures*. En Bibliotheca Phycologica Band 80. J. Cramer, Berlin Stuttgart. 1988. 587 pp.
- Integrated Taxonomic Information System*. 2013. ITIS. World-wide electronic publication, <http://www.itis.gov>
- ISLAM, A. *A rev. of Genus Stigeoclonium*. Nova. Hedwigia, Beih.10. Paper bd. 1963.
- KOMÁREK J., F., PRAHA, DB. *Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales*. 7. Teil, 1. Hälfte. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 1983. 1044 pp.
- KOMÁREK, J. y ANAGNOSTIDIS, K. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 4-Nostocales*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 82 (3): 247-345. 1989.
- KOMÁREK, J. y ANAGNOSTIDIS, K. *Cyanoprokaryota 1. Teil/1st Part: Chroococcales*. En: Büdel B et al (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band/Volume 19/1*. Jena. 1999. 548 pp.
- KOMÁREK J., ANAGNOSTIDIS, K. *Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales*. En: Büdel B. et al (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band/Volume 19/2*. Jena. 2005. 759 pp.
- KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae', en Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 4 Achnantheaceae, Navicula s. Str., Gomphonema. 2004. 468 pp.
- KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae', en Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 2, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 2008. 611 pp.
- KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae', en Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 1, Naviculaceae. 1997. 876 pp.
- KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae', in Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 2000. 576 pp.
- KRAMMER, K. *Die Cymbelloiden Diatomeen Eine monographie der weltweit bekannten taxa*. Teil 2, Encyonema part., Encyonopsis and Cymbelloopsis. J. Cramer, Berlin, Stuttgart. 1997. 469 pp.

KRAMMER, K. The genus *Pinnularia*. En: H. Lange-Bertalot (Ed.). *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Volume 1. ARG Gantner Verlag K.G. 2000. 703 pp.

MAGURRAN, A.E. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedra, Barcelona, España. 2004. 200 pp.

MARGALEF, R. *Limnología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona, 1983. 1010 pp.

M.D. y GUIRY, G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. 2013.

METZELIN, D. y LANGE-BERTALOT, H. *Tropische Diatomeen in Südamerika I'*. En: Lange-Bertalot, H. (ed.): *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Diversity-Taxonomy-Biogeography*. Vol. 5, Koeltz Scientific Books, Königstein. 1998. 695 pp.

METZELIN D. y LANGE-BERTALOT, H. *Tropische Diatomeen in Südamerika II' Special Remarks on biogeographic disjunction*. En: Lange-Bertalot, H. (ed.): *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Diversity-Taxonomy-Biogeography*. Vol. 18. A.R.G.Gantner, Ruggell, Lichtenstein. 2007. 877 pp.

MORALES, E.A. y LE, M. *A new species of the diatom genus Adlafia (Bacillariophyceae) from the United States*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 154: 149–154. 2005.

MORALES, E.A. y VIS, M. *Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 126: 123–155. 2007.

ORTEGA, H., SAMANEZ, I., CASTRO, E., HIDALGO, M. y SALCEDO, N. *Protocolos Sugeridos para la Evaluación y Monitoreo de Sistemas Acuáticos del Bajo Urubamba, Perú*. *Biodiversity Assessment & Monitoring, Smithsonian Institution/MAB Series #2*: 278-280. 1998.

ORTEGA, H., CHOCANO, L., PALMA, C. y SAMANEZ, I. *Biota Acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali)*. *Rev. peru. biol.* Lima, Perú. Vol.17 (1):029-035. 2010.

LOUDRA, B., LOUDIKI, M., VASCONCELOS, V., SABOUR, B., SBIYYAA, B., OUFDOU, K. y MEZRIOUI, N. *Detection and quantification of microcystins from cyanobacteria strains isolated from reservoirs and ponds in Morocco*. *Environmental Toxicology* 17: 32-39. 2002.

PRESCOTT, G.W. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Revised ed. Iowa. W.M. C. Brown Company Publisher. 1975. 977 pp.

RAMANATHAN, K.R. *Ulotrichales*. I.C.A.R. Monographs on Algae. New Delhi, 1964. 188 pp.

REYNOLDS, C. *Ecology of phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Ed. Cambridge Univ. Press, New York. 2006. 535 pp.

ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. y MANN, D.G. *The Diatoms: Biology & Morphology of the Genera*. 1ra ed. New York. Cambridge University Press. 2007.

SAMANEZ, I. *Algas continentales del Perú II: Pucallpa y alrededores*. Museo de Historia Natural Serie B No 10. 1979. 52 pp.

SANT'ANNA, C.L. *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de Sao Paulo, Brasil*. En *Bibliotheca Phycologica* Band 67. J. Cramer, Vaduz, 1984. 348 pp.

STEVENSON, M., BOTHWELL, I. y LOWE, R.L. *Algal Ecology: Freshwater benthic ecosystems*. Elsevier, USA. 1996. 753 pp.

SUTHERS, I.M y RISSIK, D. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. Published by CSIRO PUBLISHING. Collingwood VIC 3066. Australia, 2008.

THÉREZIEN, Y. *Algues d'eau douce de la partie Amazonienne de la Bolivie*. 1. Cyanophycées, Euglénophycées, Chrysophycées, Xanthophycées Dinophycées. 2. Chlorophycées: Troisième contribution. En: *Bibliotheca Phycologica* Band 82. J. Cramer, Vaduz. 1989. 136 pp.

THOMSON REUTERS. *Index to Organism Names. World Wide Web electronic resource*. [www.organismnames.com](http://www.organismnames.com); searched on November 2012. 2009.

WEHR, J.D. y SHEATH, R.G. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Londres, París, Nueva York. Academic Press. 2003. 918 pp.

WHO. *Toxic cyanobacteria in water: a Guide to their public health consequences, monitoring and management*. ISBN 0-419-23930-8 © 1999.

WETZEL, R.G. *Limnología*. Omega, Barcelona, 1991. 679 pp.

WETZEL, R.G. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third Ed. Academic Press, San Diego. xvi, 2001. 1006 pp.

## Macroinvertebrados bentónicos en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

Hernán Ortega<sup>1</sup>, Carlos Palma<sup>2</sup> y Jerry Arana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Docente-Investigador Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Ictiología Museo de Historia Natural, UNMSM // Coordinador del Grupo Hidrobiología del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea hortega.musm@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Limnología, MHN – UNMSM cpalma\_g@yahoo.com.mx

<sup>3</sup> Departamento de Limnología, MHN - UNMSM jerryarana@yahoo.com

### INTRODUCCIÓN

Se consideran macroinvertebrados bentónicos a todos los organismos invertebrados relacionados a la superficie y/o que se encuentran dentro del sustrato del ambiente acuático y tienen un tamaño superior a 500  $\mu$ . Constituyen el grupo dominante en los ríos, quebradas y arroyos; siendo especialmente importantes aquellos órdenes de insectos (Efemeróptera, Plecóptera y Tricópteros), y todas las familias cuya presencia masiva o consistente nos indicaría que los cuerpos de agua presentan buena, mediana o mala calidad.

Los macroinvertebrados que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes phila, clase, órdenes y familias, aunque la diversidad de los ambientes naturales y en condiciones normales siempre será dominada por los artrópodos, principalmente de la clase Insecta.

### DISEÑO METODOLÓGICO

El principal objetivo comprende el seguimiento de la calidad de los ambientes acuáticos en función de la influencia directa o indirecta del Proyecto Camisea (PC) y en relación a la continuidad de la obtención de recursos hidrobiológicos de subsistencia, que incluyen crustáceos y moluscos, por parte de las comunidades nativas (CCNN) del área.

El diseño metodológico incluye la cuenca baja del río Urubamba desde Sepahua hasta Timpía, considerándose dos CCNN bajo influencia directa: Shivankoreni y Kirigueti, ubicadas aguas abajo de Malvinas; dos comunidades más distantes, también aguas abajo, bajo influencia indirecta (Miaría y Sepahua), y una zona blanco o testigo donde el PC no tiene influencia, localizada aguas arriba de Malvinas: Timpía.

### Metodología de colecta

Al igual que las anteriores comunidades la metodología de colecta se define en base a los objetivos del estudio y en base a los sustratos disponibles en los diferentes ecosistemas acuáticos.

### Equipos y Materiales

- Protección personal (traje adecuado para agua, chalecos salvavidas, línea de vida, etc.)
- Red Surber de muestreo
- Bandejas blancas (20 x 30 cm)
- Pinzas entomológicas
- Frascos de plástico con tapón hermético de 250 ml, como mínimo
- Viales de plástico o vidrio (para el recojo de ejemplares aislados)
- Bolígrafo o rotulador permanente (para etiquetar las muestras).

- Etiquetas de papel resistente a la humedad
- Lápiz, tijeras, cinta aislante
- Cámara digital
- Alcohol 70%
- Hojas de campo, cartografía

#### Técnicas de colecta

El objetivo fundamental del muestreo consiste en recolectar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados. Para ello se explora cuidadosamente cada uno de los hábitats posibles en todos los lugares de muestreo; esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales, diques, etc.).

Para obtener resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área aproximada de 100 m<sup>2</sup> y haber empleado 20 o 30 minutos en las actividades de colecta.

**Muestreo en aguas poco profundas:** La red Surber es la ideal para obtener la mayor diversidad posible en estos hábitats. Para las orillas es recomendable la red D-net (cualitativo).

En función de la experiencia adquirida, se proponen las siguientes consideraciones para los muestreos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos:

- a) No se debe muestrear después de lluvias intensas pues puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente.
- b) En grandes ríos debe muestrearse en ambas orillas pues la fauna puede ser diferente debido a la sombra, meandros, composición del fondo y eventual contaminación.
- c) No debe muestrearse en la confluencia inmediata de dos ríos, sino más abajo de la zona de mezcla.
- d) Se debe recolectar plantas flotantes o sumergidas para posterior análisis en el laboratorio.

#### Métodos de recolección para análisis cualitativos

**Red tipo D-net:** Esta red se usa para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas o recodos de la corriente donde no es posible llegar con la red de pantalla. Tiene la ventaja de que su forma triangular se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas. Su uso debe ser intensivo hasta cubrir un área representativa del lugar de

muestreo (10 m a lo largo de ambas orillas). El material recolectado se vacía sobre un cedazo, o simplemente sobre una red, para lavar el exceso de lodo o arena; luego se guarda en una bolsa plástica o un recipiente de plástico con alcohol al 70% para ser examinado posteriormente en el laboratorio.

#### Métodos de recolección para análisis cuantitativos

**Red Surber:** consta de un marco metálico de 30 x 30 cm, al cual está sujeta una red de unos 80 cm de longitud y con una abertura de malla de aproximadamente 500 µ. El marco se coloca sobre el fondo, en contra de la corriente, y con las manos se remueve el material del fondo; de esta forma quedan atrapados los organismos en la red. Esta operación se repite al menos 3 veces en cada estación de muestreo, pudiéndose calcular el número de organismos por m<sup>2</sup>. El material colectado se vacía luego en un recipiente con alcohol al 70% para ser separado en el laboratorio. El material biológico recolectado también se convierte en peso seco y expresado en g/m<sup>2</sup>.

#### Preservación y etiquetado

Las muestras se conservan en alcohol etílico al 70%; la cantidad utilizada del preservante debe ser la suficiente para que cubra toda la muestra colectada. Los frascos se rotulan, y las etiquetas deben contener datos de localidad, cuenca, fecha, tipo de sustrato, colector.

#### Identificación y análisis de las muestras

##### Equipo y material de laboratorio

- Equipos de protección personal (guantes, mascarilla, gafas)
- Bandejas blancas de plástico (mínimo 30 x 20 cm)
- Tamices de 5 mm, 1 mm y 0,5 mm (Metodología Multimétricos)
- Placas Petri
- Pinzas entomológicas y/o aspirador entomológico
- Viales de plástico y otros recipientes con tapones herméticos
- Estéreo-microscopio
- Rotulador resistente al agua
- Etiquetas
- Formularios previamente preparados para anotar la identificación y recuentos
- Guías de identificación: adecuadas al ámbito de estudio

#### Técnicas de Análisis

Las muestras colectadas se colocan en bandejas blancas, bien iluminadas; con la ayuda de pinzas de aluminio de punta fina se procede a la separación de los organismos. El sedimento se va removiendo cuidadosamente de un extremo a otro de la bandeja, hasta asegurarse de que no queden organismos. Debe tenerse en cuenta que cuando no se tiene suficiente experiencia, muchos organismos pueden pasar inadvertidos bien sea por su tamaño o por estar camuflados con los restos de vegetación o sustratos minerales. Este trabajo debe ser realizado o supervisado por personas debidamente capacitadas.

**Análisis Cualitativo:** La identificación de los organismos tiene que realizarse hasta el nivel taxonómico más bajo posible, pero en la mayoría de casos se ha identificado hasta Familia y/o Género.

**Análisis cuantitativo:** Luego de la identificación se realiza un conteo de todos los organismos de la muestra, teniendo en cuenta el área total de la colecta.

**Análisis semicuantitativo:** Eventualmente se utilizan placas con divisiones para hacer un conteo aproximado teniendo en cuenta porcentajes de abundancia relativa o la utilización de escalas subjetivas de abundancia como referencia (muy abundante, abundante, frecuente, escasa).

#### Comprobación de la calidad en la colecta, identificación y análisis de la muestra

- Hábitat definido
- Personal capacitado
- Etiquetado correcto
- Manejo adecuado de muestras en el laboratorio mediante un protocolo interno.
- Capacitación constante.

#### DISCUSIÓN

Los macroinvertebrados del bentos constituyen una comunidad muy relacionada al sustrato y cuerpo de agua que habitan, presentan una alta variedad de especies con sus representantes que siguen siendo muy informativos en el PMB debido a la diversidad, fluctuaciones estacionales y variaciones entre las zonas de influencia y en especial cuando se utilizan algunos grupos de organismos indicadores como ordenes de insectos que son característicos de

aguas limpias o de buena calidad.

Igual que el análisis de las otras comunidades, se confirma que los macroinvertebrados registrados durante el monitoreo biológico en la zona de influencia indirecta presentan los mayores valores de diversidad (riqueza y abundancia) en comparación con lo que se registra en la zona de influencia directa y la que se considera sin influencia.

La mejor explicación estaría relacionada con la teoría del “río Continuo” expresado por Vannote *et al.* (1980), quien afirma que en la distribución longitudinal de los ríos, en las partes superiores existen menos ventajas ambientales y, por lo tanto, la diversidad y abundancia serán menores que en las partes bajas porque a menor altitud existen mejores condiciones (microhábitats, recursos que provienen de la vegetación ribereña y menor velocidad de corriente, etc.).

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos con alta diversidad y frecuentes en los cursos lóticos que viene evaluando el PMB. Las fluctuaciones ante su presencia podrían estar relacionadas a las épocas climáticas (seca y húmeda), pero siempre están presentes los principales órdenes.

La presencia y número registrados confirma que la mayoría de los cuerpos de agua evaluados se encuentran entre condiciones aceptables y buenas. Esto está relacionado a la presencia y abundancia de los representantes de las otras comunidades biológicas (plancton, perifiton y peces) y además, a los parámetros limnológicos registrados paralelamente.

**Bibliografía**

APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. 2005. 1368 pp.

DE LA LANZA, G.S., PULIDO, H. y CARVAJAL, J.L.P. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdez / Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP/ Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 2000. 633 pp.

DOMÍNGUEZ, E. y FERNÁNDEZ, H. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 2009. 656 pp.

FERNÁNDEZ, H.R. & DOMÍNGUEZ, E. *Guía para la Determinación de Artrópodos Bentónicos Sudamericanos*. Serie: Investigaciones de la UNT, Subserie Ciencias Exactas Naturales. Tucumán. Argentina. 2001. 282 pp.

MAGURRAN, A.E. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedra, Barcelona, España, 2004. 200 pp.

MARGALEF, R. *Limnología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona, 1983. 1010 pp.

ORTEGA, H., SAMANEZ, I., CASTRO, E., HIDALGO, M. y SALCEDO, N. *Protocolos Sugeridos para la Evaluación y Monitoreo de Sistemas Acuáticos del Bajo Urubamba, Perú*. Biodiversity Assessment & Monitoring, Smithsonian Institution/MAB Series #2: 278-280. 1998.

ORTEGA, H., RENGIFO, B., SAMANEZ, I. y PALMA, C. *Diversidad y Estado de conservación de cuerpos de agua amazónicos en el nororiente del Perú*. Rev. peru. biol. Lima, Perú. Vol.13 (3):185-194. 2007.

ORTEGA, H., CHOCANO, L., PALMA, C. y SAMANEZ, I. *Biota Acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali)*. Rev. peru. biol. Lima, Perú. Vol.17 (1):029-035. 2010.

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. y ABRAIN, R. *Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico*. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 2010. 68pp. NIPO 783-10-001-8.

ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J.J. *Fundamentos de limnología neotropical*. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 2008. 440 pp.

ROLDAN, G. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquia*. Fondo FEN- Colombia, Ed. Presencia Ltda. Bogotá, 1988. 217 pp.

ROLDAN, G. *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Colección Ciencia y Tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia, 2003. 170 pp

STEVENSON, M. I., BOTHWELL, R. y LOWE, L. *Algal Ecology: Freshwater benthic ecosystems*. Elsevier, EE. UU. 1996. 753 pp.

SUTHERS, I.M y RISSIK, D. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. Published by CSIRO PUBLISHING. Collingwood VIC 3066. Australia, 2008.

VANNOTE, R., MINSHALL, G., CUMMINS, K., SEDELL, J. y CUSHING, C. *The river continuum concept*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37, 130–137. 1980

WELCOMME, R. L. *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. Longman: Londres, 1979.

WETZEL, R.G. *Limnología*. Omega, Barcelona, 1991. 679 pp.

WETZEL, R.G. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third Ed. Academic Press, San Diego, 2001. xvi, 1006 pp.

## Perifiton en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

Vania Rimarachín<sup>1</sup> e Iris Samanez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Limnología, MHN – UNMSM  
vaniarch5@gmail.com

<sup>2</sup> Docente - Investigadora. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM Departamento de Limnología, MHN - UNMSM  
isamanezv@unmsm.edu.pe

### INTRODUCCIÓN

Perifiton es una matriz de algas y microorganismos heterótrofos adherida a estructuras sumergidas en casi todos los ecosistemas acuáticos. Son productores primarios y, por lo tanto, sensibles al cambio ambiental en ambientes lóticos. Se utilizan como bioindicadores debido a que miden y cuantifican la magnitud del estrés, las características del hábitat y la respuesta ecológica al daño de un ecosistema (De la Lanza *et al.*, 2000). Las microalgas que lo conforman son sensibles a las fluctuaciones internas del cuerpo de agua y a las condiciones ambientales que prevalecen, de manera que su composición, abundancia y distribución pueden verse afectadas por ellas (Margalef, 1983).

El trabajo con la comunidad de perifiton tiene como características las que se nombran a continuación.

- Presenta un gran número de especies de manera natural.
- La identificación de especies tiene lugar a un nivel preciso o comprobado por los biólogos.
- Tiene como ventaja la facilidad de la toma de muestras.

137

### DISEÑO METODOLÓGICO

El principal objetivo comprende el seguimiento de la calidad de los ambientes acuáticos en función de la presencia del perifiton, tomando en consideración la influencia directa o indirecta del Proyecto Camisea (PC) y en relación a la continuidad de la obtención de recursos hidrobiológicos de subsistencia realizada por las comunidades nativas (CCNN).

El diseño metodológico incluye la cuenca baja del río Urubamba desde Sepahua hasta Timpía, considerándose dos CCNN bajo influencia directa: Shivankoreni y Kiriguetei, ubicadas aguas abajo de Malvinas; dos comunidades más distantes, también aguas abajo, bajo influencia indirecta (Miaría y Sepahua) y una zona blanco donde el PC no tiene influencia, localizada aguas arriba de Malvinas: Timpía.

Debido a que esta comunidad se adhiere a los

diferentes tipos de sustrato, se puede integrar de forma física y química a las afectaciones en la corriente, sus componentes y los nutrientes.

#### Metodología de colecta

La colecta se realiza sobre los sustratos duros disponibles en el área evaluada. En época seca predomina el epilíton (roca) y en época de lluvia se evalúa, en la mayoría de los casos, sobre sedimento superficial (episámico o epilímnico) o sobre la corteza externa de la vegetación (epifítico en arbustos o árboles). Para ambas épocas se debe tener en cuenta que:

- La zona sea accesible, estable y que no exista riesgo del personal que realiza el muestreo. Son preferibles las zonas sin sombra.
- Las muestras tienen que ser obtenidas de preferencia del punto más cercano al medio del río, y que tenga transparencia.

**Equipos y materiales. Básico**

- Protección personal (botas, traje para agua, chalecos salvavidas, línea de vida, etc.)
- Espátula
- Cuchillas tipo “cutter”
- Cepillo
- Tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro por 10–15 cm de largo
- Formol 4-5%
- Lugol 1%
- Agua destilada (calcular al menos medio litro por cada estación ya que hay que enjuagar los materiales de colecta)
- Bandeja
- Pipetas de plástico
- Frascos de plástico de boca ancha con doble tapa de 250 ml
- Etiquetas
- Cinta de embalaje 3M
- Libreta de campo
- Jeringa de succión

**Técnica de colecta**

Los sustratos elegidos deben haber estado en zonas ya inundadas para el momento de la colecta y no presumiblemente inundadas recientemente. Esto se puede corroborar de manera indirecta por la línea de nivel de agua. En cada estación se toma un registro fotográfico del sustrato.

**Colecta por tipo de sustrato**

**Sustratos duros removibles:** rocas, cantos rodados.

Ubicar las piedras o rocas para colecta, ponerlas en la bandeja limpia y proceder al raspado de la superficie con una cuchilla o espátula (dependiendo del nivel de desarrollo de la comunidad). Se recomienda realizar este procedimiento sobre todo en sustratos con superficie rugosa. Proceder a realizar un cepillado suave de la zona muestreada luego del raspado y enjuagar con agua destilada, con la ayuda de una pipeta ya que algunas microalgas pueden haberse quedado en las hendiduras. Colectar el raspado directamente al frasco de plástico y agregar agua destilada.

**Sustratos duros no removibles:** rocas mayores a 256 mm, árboles, arbustos, raíces.

Se raspa una porción de la roca. Para el caso de tallos gruesos o raíces largas se retira la parte superficial de tejido asegurándose de

que esta haya estado sometida a la humedad, (se observa la huella de humedad) y se toman 10 cm por debajo. Si la inundación ha sido reciente no se observa la huella de humedad en el árbol o arbusto y se corre el riesgo de que se colecte una comunidad que recién se está estableciendo.

**Preservación y Etiquetado****Preservación de la muestra**

Cambiar por: Cada muestra por estación se deposita en un frasco de boca ancha con doble tapa de 250 ml; se cubre la muestra con el doble de volumen de agua destilada. Previamente se fija con lugol al 1% (5 a 15 gotas dependiendo de la cantidad de material), se agita y luego de 5 minutos se agrega formol al 4% (3-5 ml, dependiendo del volumen de material colectado).

**Etiquetado**

Se procede a etiquetar cada frasco, consiguiendo en la etiqueta:

- Código de la estación de muestreo
- Nombre del cuerpo de agua
- Tipo de sustrato
- Fecha de la recolección
- Datos del Colector

Posteriormente se sella la muestra para su transporte.

**Identificación y Análisis de las muestras****Identificación**

La identificación de los componentes de esta comunidad se realiza siempre que sea posible, a nivel de especie, aunque hay organismos que solo pueden ser identificados a nivel de género; cuando esto sucede seguirá la clasificación alterna incluyendo después de sp. el código de la muestra y el número correlativo (p. ej., sp.HB01-1, sp.HB01-2).

**Equipo y material de laboratorio**

- Microscopio compuesto equipado con oculares de 10 o 12,5, y objetivos de 10X, 40X y 100X.
- Cámara digital acoplada al microscopio
- Láminas y laminillas de 22 x 40
- Goteros
- Pipetas
- Estiletes y pinzas
- Placas Petri de diferentes tamaños.
- Colorantes (Lugol, Azul de metileno, Rojo de Bengala, etc.)
- Formularios para anotar la lista de taxón

- Bibliografía taxonómica especializada. Se presenta una relación de las referencias específicas para cada grupo de algas que se han estado utilizando para la zona; esta siempre puede aumentar en número de acuerdo a los avances en el conocimiento de las especies.

**Técnicas de Análisis**

**Cualitativo:** Se realiza la identificación de los taxones presentes en la muestra sin importar su cantidad. Se pueden realizar observaciones al microscopio con lámina-laminilla y tratamientos específicos para cada grupo según se requiera. La bibliografía toma en cuenta claves regionales y mundiales con el cuidado de que no todas las algas son cosmopolitas y que existen especies propias para la Amazonía.

**Semicuantitativo:** Este análisis se expresa en densidad relativa y se obtiene por el cálculo del número de individuos de la especie A/número total de todos los individuos de todas las especies presentes. La metodología de la SMEWW 21st Ed. 2005. Part 10300E. APHA-AWWA-WEF -Periphyton Sample Analysis- menciona que no existe un método universalmente aceptado. Sin embargo, empleamos aquí un preparado sobre una lámina y una laminilla y se procede a la identificación de organismos que incluye a los menores a 200 µm, los que son más abundantes en el perifiton.

**DISCUSIÓN**

La metodología empleada para la colecta e identificación de esta comunidad es internacionalmente estandarizada, tal como se mencionó en párrafos anteriores.

La evaluación de esta comunidad ha sido recientemente incorporada en el monitoreo del PMB, tomando en consideración que es una comunidad residente, fijada al sustrato y está sujeta directamente a los efectos o las características fisicoquímicas del entorno y, por lo tanto, tiene la capacidad de reflejar rápidamente los problemas que se pudieran manifestar en los cuerpos de agua, como por ejemplo, la producción de toxinas provocada por proliferación de algunas microalgas. Tal es el caso de las Cyanophyta, principalmente cuando hay transparencia total y un incremento excesivo de la temperatura en la temporada seca. Estos eventos son capaces de producir mortalidad masiva de peces y les otor-

gan sabor y olor fuerte al pescado porque se alimentan precisamente del perifiton (Cyanophyta).

El PMB incorporó el estudio de esta comunidad en la temporada seca del año 2012, por lo que los análisis comparativos a largo plazo nos darán una mejor idea de cómo varía la diversidad y/o proporción de especies, así como su relación con los factores fisicoquímicos y las demás comunidades de macroinvertebrados y peces.

El análisis de las muestras se basó en la metodología de la SMEWW 21st Ed. 2005 APHA-AWWA-WEF. Si bien el análisis de perifiton (Part 10300C. Pág 10-34. Periphyton Sample Analysis) requiere el uso de una cámara Sedgwick - Rafter, se tuvo en cuenta que esta cámara se recomienda para organismos por encima de 200 micras y que en estudios previos realizados en la Amazonía peruana se ha observado que los organismos más abundantes en el perifiton son de menor tamaño. Por esta razón, se decidió hacer un preparado en húmedo sobre una lámina y una laminilla, y proceder a la identificación amparándonos en la sección 10300E del SMEWW 21st Ed. 2005 APHA-AWWA-WEF, donde se menciona que no existe un método universalmente aceptado para lo que, en este caso, se utilizaron las recomendaciones de la EPA 841-B-99-002 observando a la muestra sin tratamientos especiales por grupo algal.

Sobre los resultados obtenidos en el PMB, las estaciones de Shivankoreni, Sepahua y Miría, se observa que en estos 2 últimos, los ambientes evaluados corresponden a quebradas y arroyos, ubicados a menor altitud de corriente leve, de elevada transparencia y notoria influencia del bosque (aporte de nutrientes) en los que destacan en diversidad y riqueza, especies pertenecientes principalmente a las Bacillariophyta (diatomeas), seguidas de las Cyanophyta y las algas verdes (Chlorophyta).

Como resultado de las 2 evaluaciones, se observan variaciones entre las 2 épocas, correspondiendo la mayor diversidad y riqueza a la época seca, cuando la transparencia del agua es mayor. Esta última y la disponibilidad de nutrientes serían los principales factores que determinan esta alta diversidad.

Por otro lado, la disminución de la riqueza en la época de lluvia podría estar relacionada con la turbidez del agua y la corriente fuerte que, en ocasiones, podría arrastrar a las algas adheridas sobre el sustrato.

**Bibliografía**

ANAGNOSTIDIS, K. y KOMÁREK, J. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 3-Oscillatoriales*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 80 (1-4): 327-472. 1988.

APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. 2005. 1368 pp.

AZIM, M.E., VERDEGEM, M.C.J., VAN DAM, A.A. y BEVERIDGE, M.C.M. *Peryphyton: Ecology, Exploitation and management*. Oxfordshire, Cambridge. Cabi International. 2005. 319 pp.

BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D. y STRIBLING, J.B. *Rapid bioassessment protocols for use in Streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2nd ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., 1999.

BELLINGER, E.G. y SIGEE, D.C. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell, Great Britain. 2010. 271 pp.

BICUDO, C.E. *Desmidiomorula paulista II*. Bibliotheca Phycology Vol.57. 1982.

BICUDO, C.E.M. *Metodologia para o estudo qualitativo das algas do perifiton*. Acta Limnologica Brasiliense, v. 3: 477-491. 1990.

BICUDO, C.E. y MENEZES, M. *Gêneros de algas de Águas Continentais Do Brasil*. Segunda Edición. Rima Editora. 2006. 502 pp.

BIGGS, B.J.F. y KILROY, C. *Stream Periphyton Monitoring Manual*. NIWA, P.O. Box 8602, Christchurch, Nueva Zelanda. 2000. 216 pp.

BRANCO, S.M. *Hidrobiología Aplicada a Engenharia Sanitaria*. CETESB. Sao Paulo, Brasil. 1978. 620 pp.

BUCHHEIM, M., BUCHHEIM, J., CARLSON, T., BRABAND, A., HEPPERLE, D., KRIENITZ, L., WOLF, M. y HEGEWALD, E. *Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): inferences from rDNA data*. Journal of Phycology 41: 1039-1054. 2005

CAMBURN, K.E. y CHARLES, D.F. *Diatoms of Low-Alkalinity Lakes in the Northeastern United States*. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Special Publication 18, 2000. 152 pp.

CARVALHO TORGAN, L. y BAHÍ DOS SANTOS, C. *Diadsmis confervacea (Diadsmiaceae-Bacillariophyta): morfologia externa, distribuição e aspectos ecológicos*. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre 63(1): 171-176. 2008.

CIUGULEA, I. y TRIEMER, R.E. *A Color Atlas of Photosynthetic Euglenoids*. Michigan State University Press. 2010. 232 pp.

DÜRRSCHMIDT, M. *Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen des bañado Cruces Provinz Valdivia, Chile*. En Bibliotheca Phycologica Band 73. J. Cramer, Berlin Stuttgart, 1985. 138 pp.

ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNING, H. y MOLLENHAUER, D. *Chlorophyta I: Phytomonadina*. En: Pascher A (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 9. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1983.

FÖRSTER, K. *Conjugatophyceae Ordnung: Zygnematales und Desmidiales*. 8. Teil, 1 Halfte. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 1982. 543 pp.

FOTT, D.B. *Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Tetrasporales*. 6. Teil. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 1972.

GEITLER, L. *Cyanophyceae*. En: Rabenhorst (ed.) *Kryptogamen-flora*. Reprint 1985. Koeltz Scientific Books. 1932. 1196 pp.

GRAHAM, J.L., LOFTIN, K.A., MEYER, M.T. y ZIEGLER, A.C. *Cyanotoxin mixtures and taste-and-odor compounds in cyanobacterial blooms from the Midwestern United States*. Environmental Science and Technology 44 (19): 7361-7368. 2010.

GRAHAM, J.L., ZIEGLER, A.C., LOVING, B.L. y LOFTIN, K.A. *Fate and transport of cyanobacteria and associated toxins and taste-and-odor compounds from upstream reservoir releases in the Kansas River, Kansas, September and October 2011*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2012-5129, 65 p. (Revised November 2012). 2012.

JHON, D.M., WHITTON, B.A. y BROOK, A.J. *The Freshwater Algal flora of the British Isles*. Second edition. Ed. Cambridge Univ. Press, Nueva York, 2011. 896 pp.

HEGEWALD, E. y SILVA, P.C. *Annotated Catalogue of Scenedesmus and Nomenclaturally Related Genera, Including Original Descriptions and Figures*. En Bibliotheca Phycologica Band 80. J. Cramer, Berlin Stuttgart. 1988. 587 pp.

*Integrated Taxonomic Information System*. ITIS. World-wide electronic publication, <http://www.itis.gov>. 2013.

ISLAM, A. *A rev. of Genus Stigeoclonium*. Nova. Hedwigia, Beih.10. Paper bd. 1963.

KOMÁREK J, FOTT DB, Praha. *Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales*. 7. Teil, 1. Hälfte. En: G. Huber-Pestalozzi (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 1983. 1044 pp.

KOMÁREK, J. y ANAGNOSTIDIS, K. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 4-Nostocales*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 82 (3): 247-345. 1989.

KOMÁREK J. y ANAGNOSTIDIS, K. *Cyanoprokaryota 1. Teil/1st Part: Chroococcales*. En: Büdel B et al. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa Band/Volume 19/1. Jena, 1999. 548 pp.

KOMÁREK J. y ANAGNOSTIDIS, K. *Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales*. En: Büdel B. et al (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa Band/Volume 19/2. Jena. 2005. 759 pp

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae'*, in Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2: Teil 4 Achnanthaceae, Navicula s. Str., Gomphonema. 2004. 468 pp.

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae'*, in Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2: Teil 2, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 2008. 611 pp.

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae'*, in Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2: Teil 1, Naviculaceae. 1997. 876 pp.

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H. *'Bacillariophyceae'*, in Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2: Teil 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 2000. 576 pp.



KRAMMER, K. *Die Cymbelloiden Diatomeen Eine monographie der weltweit bekannten taxa*. Teil2, Encyonema part., Encyonopsis and Cymbelloopsis. J. Crammer, Berlin, Stuttgart, 1997. 469 pp.

KRAMMER, K. *The genus Pinnularia*. En: H. Lange-Bertalot (Ed.). *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Volume 1. ARG Gantner Verlag K.G. 2000. 703 pp.

M.D. y GUIRY, G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>2013.

METZELIN, D. y LANGE-BERTALOT, H. '*Tropische Diatomeen in Südamerika I*'. En: Lange-Bertalot, H. (ed.): *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Diversity-Taxonomy-Biogeography*. Vol. 5, Koeltz Scientific Books, Königstein, 1998. 695 pp.

METZELIN, D. y LANGE-BERTALOT, H. '*Tropische Diatomeen in Südamerika II*' Special Remarks on biogeographic disjunction. En: Lange-Bertalot, H. (ed.): *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Diversity-Taxonomy-Biogeography*. Vol. 18. A.R.G. Gantner, Ruggell, Lichtenstein, 2007. 877 pp.

MORALES, E.A. y LE, M. *A new species of the diatom genus Adlafia (Bacillariophyceae) from the United States*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 154: 149-154. 2005.

MORALES, E.A. y VIS, M. *Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 126: 123-155. 2007.

OUDDRA, B., LOUDIKI, M., VASCONCELOS, V., SABOUR, B., SBIYYAA, B., OUFDON, K. y MEZRIOUI, N. *Detection and quantification of microcystins from cyanobacteria strains isolated from reservoirs and ponds in Morocco*. *Environmental Toxicology* 17: 32-39. 2002.

PRESCOTT, G.W. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Revised ed. Iowa. W.M. C. Brown Company Publisher. 1975. 977 pp.

RAMANATHAN, K.R. *Ulotrichales*. I.C.A.R. Monographs on Algae. Nueva Delhi, 1964. 188pp.

ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. y MANN, D.G. *The Diatoms: Biology & Morphology of the Genera*. 1ra ed. Nueva York. Cambridge University Press, 2007.

SANT'ANNA, C.L. *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de Sao Paulo, Brasil*. En *Bibliotheca Phycologica* Band 67. J. Cramer, Vaduz. 1984. 348 pp.

STEVENSON, M., BOTHWELL, I. y LOWE, R.L. *Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems*. Elsevier, EE.UU. 1996. 753pp.

THÉRÉZIEN, Y. *Algues d'eau douce de la partie Amazonienne de la Bolivie*. 1. Cyanophycées, Euglénophycées, Chrysophycées, Xanthophycées Dinophycées. 2. Chlorophycées. Troisième contribution. En: *Bibliotheca Phycologica* Band 82. J. Cramer, Vaduz, 1989. 136 pp.

THOMSON REUTERS. *Index to Organism Names*. World Wide Web electronic resource. [www.organismnames.com](http://www.organismnames.com); searched on November 2012. 2009.

Tree of Life Web Project. Amoebozoa. Version 28 October 2009 (temporary). <http://tolweb.org/Amoebozoa/121165/2009.10.28> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/> 2009.

THORP, J.A y COVICH, A.P. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Londres, París, Nueva York. Academic Press, 2001. 1038 pp.

VERB, R.G. y VIS, M.L. *An examination of macroalgal communities from an acid mine drainage impacted watershed*. *Aquatic Botany* 71: 93-107. 2001.

WEHR, J.D. y SHEATH, R.G. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Londres, París, Nueva York. Academic Press. 2003. 918 pp.

WHO. *Toxic cyanobacteria in water: a Guide to their public health consequences, monitoring and management*. ISBN 0-419-23930-8 ©. 1999.

---

## Peces en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú

**Hernán Ortega<sup>1</sup>, Max Hidalgo<sup>2</sup> y Ericka Correa Roldán<sup>3</sup>**

1 Docente-Investigador Facultad de Ciencias Biológicas // Departamento de Ictiología Museo de Historia Natural, UNMSM // Coordinador del Grupo Hidrobiología del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea hortega.musm@gmail.com

2 Docente-Investigador Facultad de Ciencias Biológicas // Departamento de Ictiología Museo de Historia Natural, UNMSM mhidalgod@unmsm.edu.pe

3 Departamento de Ictiología Museo de Historia Natural, UNMSM evanessa.correa@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los peces de aguas continentales de América del Sur representan a una comunidad de alta diversidad, particularmente la existente en la cuenca amazónica, que es la principal en el mundo (Albert *et al.*, 2012). Para las aguas peruanas, de acuerdo a la más reciente lista anotada de peces de aguas continentales, la gran diversidad de especies válidas llega a 1064 (Ortega *et al.*, 2012). Así, los peces están representados en las 3 regiones del país, destacándose la riqueza que existe en nuestra Amazonía, así como las formas endémicas de las cuencas alto andinas y en los ríos de la costa norte. Los estudios sobre peces en nuestro país abarcan aspectos sistemáticos, taxonómicos y ecológicos. En el Bajo Urubamba, la experiencia de los estudios realizados por este equipo comenzó con una evaluación entre Atalaya y Sepahua, en 1988. Continuó con una parte de los ríos Camisea y Cashiriari (Ortega, 1996); luego de manera continua desde 2003, primero como línea de base y diagnóstico de la pesca comunal con Pluspetrol, y desde el año 2005 en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad (PMB) hasta el presente. Así, en esta zona se ha registrado una ictiofauna que representa el 20% del total reconocido para nuestro país.

El principal objetivo de los estudios realizados para el PMB comprende el seguimiento de la calidad de los ambientes acuáticos, la composición y la distribución de los peces en función de la influencia del Proyecto Camisea (PC), en relación a la continuidad de la pesca de subsistencia realizada por las comunidades nativas (CCNN) del área.

El diseño metodológico incluye la cuenca baja del río Urubamba desde Sepahua hasta Timpía, considerándose dos CCNN bajo influencia directa: Shivankoreni y Kirigueti, ubicadas aguas abajo de Malvinas; dos comunidades más distantes, también aguas abajo, bajo influencia indirecta (Miaría y Sepahua); y una zona blanco sin influencia, localizada aguas arriba de Malvinas: Timpía.

La colecta de peces es muy importante, como lo es contar con información descriptiva del ambiente acuático que debe incluir datos fisicoquímicos básicos, los que deben ser tomados al momento de las colectas de peces. Esta información se debe relacionar con la composición, abundancia, distribución espacio - temporal de los peces y se complementa con el estudio paralelo de las otras comunidades acuáticas.

---

## DISEÑO METODOLÓGICO

### Materiales y métodos

#### Equipos y Materiales

Elementos y material necesario para el trabajo de campo en general:

- Permisos de colecta pertinentes, carta de presentación, etc.
- Equipo de protección personal, indumentaria adecuada para el lugar y clima
- Cintas métricas (50 m mínimo)
- Redes de arrastre de malla fina (5 x 2,5 m y 10 x 3 m, malla 5 mm)
- Redes de cerco para delimitar los tramos (para estimar abundancia)
- Redes de lance (atarrayas)
- Redes de mano, "pusahua" o cal-cal
- Baldes de plástico de 20 L
- Ictiómetro
- Balanza de campo
- Formularios de campo (papel resistente al agua)
- Alcohol etílico al 70% y 96%
- Reactivo químico para fijación (formol)
- Anestésico para peces (p. ej. Euglenol).
- Bolsas de plástico de tamaño variado (Ziploc)
- Guantes descartables
- Guantes gruesos para manipulación de muestras sumergidas en soluciones de fijación
- Pinzas medianas y largas (15 a 30 cm)
- Rotulador de etiquetas plásticas y lápices
- Cuerdas y flotadores para fijar transectos
- Cinta métrica lastrada para medir profundidades
- Cámara fotográfica sumergible (opcional)

#### Metodologías de colecta

La captura básica de peces se realiza empleando métodos físicos (redes y trampas) y se pone énfasis en la idea de estandarización para obtener datos biológicos comparables en los estudios. Es importante determinar las dimensiones de las redes y malla que se emplearán y precisar el número de lances o el tiempo/esfuerzo empleado en las colectas, el cual debe ir de acuerdo al propósito de la evaluación. En el PMB se emplean redes de arrastre de 5 x 2,5 m y 10 x 3 m, con malla de 5 mm y se aplican 6 intentos cada vez para las estimaciones cuantitativas.

Se resalta que no debe emplearse ningún método de colecta que implique el vertimiento de sustancias al hábitat acuático, las que incluyen tanto las usadas en métodos de pesca tradicional (barbasco, huaca o cualquier otra planta) como químicos (rotenona, insecticidas, etc.).

Estos métodos no son selectivos y sus efectos permanecen en el ecosistema por más tiempo y dejan efectos negativos, fuertes y directos en el tamaño poblacional de la mayoría de las especies acuáticas (incluyendo peces).

En las evaluaciones del PMB el objetivo del muestreo es estimar la composición (riqueza), abundancia y distribución de los peces a lo largo del monitoreo establecido, en relación a los posibles efectos a la vida acuática y disponibilidad de recursos pesqueros en la región de influencia del PC. Por tanto, se tienen en cuenta las épocas de evaluación (seca y húmeda), las localidades seleccionadas entre Timpía y Sepahua (una extensión de aproximadamente 150 km, con una diferencia de altitud de 120 m), la superficie evaluada y los protocolos a seguir, que deben ser similares para las comparaciones de los resultados.

Si se considera el tamaño poblacional de la comunidad de peces que se encuentran en el área de estudio así como la obtención de información sobre el estado de salud de las comunidades, la estrategia de muestreo a seguir tiene relación con las características del hábitat acuático a muestrear, con la época de muestreo y la comunidad biológica en particular.

#### Selección del tramo de estudio

En la selección del tramo de estudio para la caracterización de la ictiofauna se ha procurado que el tramo de estudio incluya todos los hábitats donde se distribuyen las especies de peces dominantes, sin descartar hábitats potenciales (p. ej., troncos sumergidos). Sin embargo, dada la alta movilidad de los peces, para garantizar una buena representatividad de la comunidad hay que respetar una superficie mínima de muestreo, la cual varía en función de las características de la sección escogida para evaluar.

La longitud mínima del tramo de la toma de muestras en el que se va a realizar la pesca se establece en función del ancho del río, siguiendo un criterio que debería ser como mínimo 10 veces el ancho promedio del curso de agua. En las evaluaciones del PMB, en las quebradas se emplean tramos de entre 60 y 80 m, y en ríos, entre 120 y 150 m.

#### Objetivos de la colecta

##### **Muestreo cuantitativo estandarizado para el Bajo Urubamba**

Protocolo para la pesca de arrastre:  
En el método de pesca con red de arrastre, que

es el más utilizado, la red está provista de unas líneas de plomo y otra de flotadores, de manera que permanece vertical y la operación de pesca tendrá lugar según se explica a continuación:

1. Participan como mínimo 2 personas para redes de 10 m de largo y 3 m de alto. Una ingresa al cuerpo de agua llevando la red adherida al sustrato; avanzando hacia el centro y aprovechando la corriente, forma un semicírculo (se requiere que la profundidad no sea mayor a la altura del pecho para facilitar la maniobrabilidad de la red).

2. La segunda persona permanece relativamente inmóvil al inicio, pero avanza despacio hacia la orilla tras la primera, quien lleva la red en la parte de mayor profundidad.

3. Coordinando ambos, con más rapidez, recogen la red y la arrastran hacia la orilla con la línea pesada, siempre pegada al piso y reduciendo en la red, alternadamente, la sección de los plomos y flotadores, hasta concentrar los peces en la parte media.

4. Los peces son colocados en un recipiente plástico con agua si van a ser evaluados previamente (medición, determinación de sexo, etc.) o liberados (para identificación y fotografiado solamente), o colocados en reactivo fijador previa anestesia. El objetivo del estudio determinará el proceso que se seguirá.

Es el caso de las expediciones dirigidas a zonas escasamente evaluadas también puede aplicarse metodologías estandarizadas para estimaciones cuantitativas (colecta con número de lances o capacidad de esfuerzo debidamente registrados). Las evaluaciones especiales incluyen las colectas con métodos físicos en eventos de migración de peces o "mijanos" (cardúmenes multiespecíficos) que se presentan al inicio de la época lluviosa (noviembre-diciembre) para confirmar procesos reproductivos y procesos alimenticios (julio-agosto), y colectas de individuos cuando han ocurrido floraciones de microalgas tóxicas (cianofitas) que causan contaminación del agua y, eventualmente, podrían producir mortalidad masiva de peces.

#### **Evaluaciones rápidas para eventuales estudios de impacto ambiental**

Son colectas especiales, en los casos en que ocurren eventos que incluyen señales de mortalidad espontánea de peces (p. ej., producidos

por afloramientos de Cyanophyta del perifiton) y se ejecutan en el contexto de evaluaciones hidrobiológicas. Para la pesca se emplean, igualmente, redes de arrastre de 10 x 3 m y de malla fina (5 mm). Se realizan 6 lances en la zona ribereña de los ríos, a todo lo ancho de las quebradas y en diversos sectores de las lagunas, con lo que se llega a abarcar una superficie aproximada de 100 m<sup>2</sup>.

Paralelamente, deben registrarse datos geográficos (coordenadas), ecológicos, y características físicas y químicas de los ambientes acuáticos. Se deben incluir también registros fotográficos.

#### **Frecuencia de muestreo en los monitoreos ambientales**

En los últimos 9 años, el monitoreo hidrobiológico efectuado en el marco del PMB ha coincidido con las épocas climáticas marcadas. Lo recomendable es que estas evaluaciones se realicen simultáneamente con los monitoreos de calidad de agua (que son de requerimiento obligatorio por parte de las autoridades correspondientes en temas ambientales). Esto permitirá contar con datos fisicoquímicos seguros que se correspondan con los resultados obtenidos para peces.

#### **Preservación y Etiquetado**

Las muestras colectadas en el PMB eventualmente son fotografiadas en fresco, utilizando acuarios o directamente sobre una superficie plana con una escala de medida como referencia. Luego, dependiendo de los objetivos, si es posible, se identifican o se cuentan, se miden y se pesan, y se separan para ser preservadas de manera adecuada: los peces menudos en alcohol al 70% y los mayores a 7 cm (LT) con una solución de formol al 10%. Eventualmente, la otra parte es devuelta al medio natural.

Todas las muestras deben estar adecuadamente etiquetadas con un código de muestra que registre su procedencia, fecha y nombre del colector. Es conveniente que cada ejemplar o lote colectado disponga de una etiqueta insertada en la boca o en el opérculo y otra etiqueta en el contenedor de la muestra (bolsa, gasa).

Los ejemplares para análisis histológicos o de agentes infecciosos se mantienen vivos hasta su llegada al laboratorio o, como mínimo, se conservan en hielo entre 2° y 5°C (nunca congelados). Para mantenerlos vivos se transportan

en recipientes con agua, con inyección de aire o de oxígeno puro.

### Identificación y Análisis de las muestras Equipo y Material de laboratorio

- Ictiómetro con precisión de 1 mm
- Calibrador con precisión al 0,1 mm
- Estereoscopio
- Cámara digital
- Bandejas de aluminio o hierro enlozado diferente tamaño
- Pinzas, estiletes, etc.
- Lapiceros tinta indeleble, lápices, etc.
- Papel vegetal para etiquetas
- Formularios de identificación
- Programa informatizado para datos
- Bibliografía especializada
- Colección ictiológica de referencia

Es importante comprobar el uso de las especies por la población ribereña y también el registro, en el área de estudio, de especies endémicas, raras o reconocidas en alguna categoría de conservación (IUCN). En tal caso, se debe tener el conocimiento necesario para distinguirlas antes de salir al campo, o se toman fotografías para poder proceder a su posterior identificación.

La medida de la longitud que se toma en los peces es la estándar (LE), desde el inicio de la cabeza (hocico) hasta la base de la caudal (cuerpo de la última vertebra); y la total (LT), desde el extremo del hocico hasta el final de la aleta caudal. Estas medidas se realizan por medio de un ictiómetro de 50 cm, con una precisión de 1 mm o un calibrador con precisión de 0,1 mm, dependiendo de los objetivos.

Además de estimar estos parámetros ecológicos, también se procede al registro y análisis de posibles anomalías externas en los individuos. Se recomienda tomar fotografías representativas de los ejemplares capturados. Todos los datos registrados en el campo tienen que anotarse en formatos adecuados.

Con ayuda de especialistas, claves taxonómicas, descripciones originales o revisiones recientes, se procura realizar la identificación hasta el menor nivel taxonómico posible. Se emplean los datos morfológicos, morfométricos, merísticos y osteológicos necesarios, usando planillas adecuadas y se procesan en porcentajes relacionados a la longitud estándar (LE) o longitud de la cabeza (LC), según sea el caso. Al final se

obtiene una diagnosis para sustentar la posible identidad.

### Técnicas de Análisis

Los resultados obtenidos con los inventarios de pesca descritos sirven para proporcionar información sobre la composición, distribución y el estado actual de la comunidad de peces. Para esto, los datos recogidos suelen presentarse en forma de los siguientes parámetros:

- estructura de la comunidad
- composición por especies
- abundancia
- índices de diversidad

La composición por especies consiste en proporcionar una lista, relación o un inventario taxonómico de los ejemplares capturados en cada ambiente o punto de muestreo del estudio.

### Comprobación de la calidad en colecta, identificación y análisis de la muestra

Se requiere lo siguiente:

- Hábitat definido
- Personal capacitado
- Etiquetado correcto
- Descripción y/o fotografía del espécimen fresco
- Manejo adecuado de muestras en el laboratorio según protocolo interno
- Uso de claves para familias, géneros y especies
- Capacitación constante demostrada del personal

### Manejo estadístico de la información ictiológica

Identificadas las especies, se obtendrían las listas de composición taxonómica, la clasificación en taxones superiores y la distribución por ambientes acuáticos, lo cual nos permitirá el conocimiento de la riqueza y abundancia de los peces, además de los índices comunitarios y biológicos, determinándose así, el estado de la biota acuática.

Los índices biológicos (riqueza, abundancia y diversidad) serían calculados previa realización de la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov, que se utiliza para conocer si la muestra tomada sigue una distribución normal. Luego se decidirá a qué tipo de estimadores o pruebas se recurrirá para el análisis de los datos. Según los datos resulten normales o no, se utilizarían los índices mostrados en la siguiente tabla:

ÍNDICES	PARAMÉTRICOS	NO PARAMÉTRICOS
Riqueza	Índice de Margalef	Índice de Margalef
Abundancia	CPUE: individuos/lance	CPUE: individuos/lance
Densidad	Individuos/área	Individuos/área
Diversidad	Índice de Shannon -Wiener	Índice de Shannon -Wiener
Equidad	Pielou	Pielou
Dominancia	Simpson	Simpson

### Estadística Paramétrica Índices Comunitarios

Riqueza de Margalef:

$$(Dmg = S-1/LnN)$$

Donde: S es el número de especies y N el número total de individuos.

El resultado del cálculo realizado supone una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988).

### Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

Se comprobará la calidad de los ambientes acuáticos relacionando los valores comunitarios, resultantes del índice de Shannon-Wiener con base 2 para peces, según la Clasificación del Estado de Conservación de los Cuerpos de Agua de Wilhm y Dorris (1968). Su cálculo se daría según la expresión siguiente:

$$H' = \sum (pi) (\log_2 pi)$$

Dónde: H' = contenido de información de la muestra (bits / individuo).

S = número de especies

pi = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i.

### Estadística No Paramétrica Índice de Riqueza de Chao 1

Es la estimación de la riqueza, basada en la incidencia y número de individuos. Como se sabe, existen muchas especies que está representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), en comparación con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos.

El estimador de Chao 1 se basa en la presencia de las primeras, es decir, se requiere saber cuán-

tas especies están representadas por solo un individuo en la muestra (singletons) y cuántas especies están representadas por exactamente 2 individuos (doubletons):

$$S_{est} = S_{obs} + F2/2G,$$

Donde:  $S_{est}$  es el número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer;  $S_{obs}$  es el número de especies observado en una muestra; F es el número de singletons; y G es el número de doubletons. (Escalante, 2003).

El paquete estadístico a utilizarse sería Estimate S.

### Índice de Chao 2

Es un estimador basado en la incidencia. Significa que se necesitan datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra dada, es decir, solamente si está la especie y cuántas veces está esa especie en el conjunto de muestras:

$$S_{est} = S_{obs} + (L2/2M),$$

Donde: L es el número de especies que ocurren solo en una muestra (especies "únicas"), y M es el número de especies que ocurren en exactamente 2 muestras (especies "dobles" o "duplicadas"). El software a utilizarse también será Estimate S.

En ambos casos (Chao 1 y Chao 2) se podrán observar curvas de acumulación de especies para luego analizar la correspondencia entre el número de especies observadas y esperadas.

### Índice de Rarefacción

Consiste en calcular la riqueza de especies basada en submuestras de individuos al azar. Luego las muestras grandes, ahora 'rarificadas' mediante una ecuación, son comparadas directamente con las muestras más pequeñas, ya que la riqueza de especies de ambas colecciones se basan en este punto en un número idéntico de individuos. Así, las curvas de rarefacción pueden ser ploteadas en un gráfico. La ecuación sería la siguiente:

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left\{ 1 - \frac{(N-m_i)}{n} \right\} \binom{N}{n}$$

Donde: N es el número total de individuos en la muestra; S es el número total de especies en la muestra;  $m_i$  es el número de individuos de la especie i en la muestra; y n es el número de individuos en la submuestra.

El software utilizado para estimar la diversidad es el Primer 5.

Para el caso de Abundancia, Equidad y Dominancia, los índices a utilizarse serían los mismos que para la estadística no paramétrica.

#### Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Se calcula en términos absolutos y relativos, considerando el número total de individuos capturados y la captura por unidad de esfuerzo (individuos/lance, individuos/estación de muestreo e individuos/época).

#### Densidad

Con la información del número de especies, número de ejemplares, número de lances ejecutados, área evaluada y de la red, se puede obtener además la densidad total y por especie, y la abundancia relativa total y por especie.

#### Estado de conservación

De los resultados que se obtengan y de acuerdo a la estacionalidad, se determinaría el estado de conservación de los hábitats basado en la comunidad de peces, bentos, perifiton y plancton. El estado de conservación se estima por los índices biológicos o estimadores ambientales: el IBI basado en peces que se describe a continuación:

#### Índice de Integridad Biológica (IBI)

El Índice de Integridad Biológica permite evaluar el estado de conservación de los hábitats acuáticos. Originalmente diseñado para el hemisferio norte (Karr, 1991; citado en Ortega *et al.*, 2007) fue adaptado para aguas amazónicas peruanas (Ortega *et al.*, 2007 y Ortega *et al.*, 2010). Mide hasta qué grado el hábitat mantiene “una comunidad equilibrada, integrada y adaptada de organismos que tienen una composición, diversidad y organización funcional de especies comparables a los del hábitat natural de la región”.

Este índice evalúa 12 medidas biológicas (métricas) que reflejan el estado de conservación del ambiente acuático evaluado a través de la riqueza y composición de las especies de peces, así como su estructura trófica, abundancia y condición de estado y sanidad.

Para calcular el valor del IBI para un sitio, se le otorga un puntaje a cada medida, y la sumatoria para las 12 medidas es el valor total IBI. Una medida obtiene 1, 3 o 5 unidades entre los valores no deseables, intermedios o deseables. El mínimo es 12 (severamente impactado) y el máximo es 60 (ambiente prístino). La tabla de

RANGO DE VALORES	CALIFICACIÓN
12 - 20	Condición deteriorada
21 - 30	Condición afectada
31 - 40	Condición aceptable
41 - 50	Condición buena
51 - 60	Condición excelente

#### DISCUSIÓN

Los peces registrados durante las evaluaciones hidrobiológicas en el Bajo Urubamba representan una comunidad de considerable diversidad -más de 200 especies en pocas centenas de km<sup>2</sup> (Ortega *et al.*, 2001; Ortega *et al.*, 2010), una condición limnológica estable y de buena referencia para señalar el estado de conservación de los ambientes acuáticos en evaluación. En comparación, en una evaluación similar en el Noreste, se registraron 152 especies entre Tarpoto y Yurimaguas, a una altitud entre 500 y 200 m (Ortega *et al.*, 2007) y con mayor diversidad en Yuruá, entre 250 y 300 m, en Alto Purús (Carvalho *et al.*, 2009).

En el Bajo Urubamba, los ambientes evaluados son mayormente quebradas, ríos medianos y puntos del mismo río Urubamba. La mayor riqueza se encuentra en la sección norte, justamente en la zona de influencia indirecta del PC, la cual comprende las localidades de Sepahua y Miaría. La zona de influencia directa presenta una riqueza intermedia y en la zona de control, Timpía, la riqueza es menor.

Lo anterior es congruente con una distribución normal entre aguas altas y aguas bajas, aunque la diferencia de nivel es aproximadamente de 120 m, donde se aplica el concepto de “río continuo” (Vannote *et al.*, 1980), que explica una mayor diversidad de hábitats y disposición de espacios y nutrientes. En él existe menos corriente y más interacción con la vegetación ribereña que en las partes superiores, donde el caudal es mayor y la velocidad de corriente, y menor la disponibilidad de recursos para las comunidades (Ortega *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2011).

Los órdenes dominantes (Characiformes y Siluriformes) se registran de manera constante en cada cuerpo de agua evaluado, al igual que

cualquier otro ecosistema amazónico de Madre de Dios, Loreto o San Martín, o de países vecinos como Brasil o Colombia en sus áreas amazónicas (Ortega *et al.*, 2012).

En conclusión, respecto a la comunidad de peces, la diversidad es apreciable y representa el 20% del total registrado en el país. Es representativa en el PMB pero no refleja necesariamente lo que sucede con los peces de consumo que utilizan los pobladores ribereños. Son indicadores indirectos mediante las formas menu-

das que habitan las partes superficiales y orillas.

Finalmente, es destacable que los resultados del monitoreo hidrobiológico señalan la ausencia de efectos negativos del PC sobre los ambientes acuáticos evaluados y en las comunidades biológicas analizadas periódicamente. Esto se demuestra, asimismo, mediante los índices ecológicos seleccionados para el bentos y los peces. Adicionalmente, en algunas comunidades continúan surgiendo nuevos registros.

**Bibliografía**

ALBERT, J., REIS, R., CARVALHO, T., RENGIFO, B., CHUCTAYA, J., ORTEGA, H. *Fishes of Fitzcarrald*. Peruvian Amazon, 2012.

CARVALHO, T.P., ESPINO, J., MAXIME, E., QUISPE, R., RENGIFO, B., ORTEGA, H. y ALBERT, J.S. *Fishes from the lower Urubamba, near to Sepahua, Amazon basin, Peru*. Check List 7(4): 413–442, 2011. ISSN: 1809-127X. 2011.

CARVALHO, T.P., TANG, S. J., FREDIEU, J. I., QUISPE, R., CORAHUA, I., ORTEGA, H. y ALBERT, J.S. *Fishes from the upper Yuruá river, Amazon basin, Peru*. Check List 5(3): 673–691, 2009. ISSN: 1809-127X. 2009.

CHERNOFF, B., WILLINK, P., SARMIENTO, J., MACHADO-ALLISON, A., MENEZES, N. y ORTEGA, H. *Geographic and Macrohabitat Partitioning of Fishes in the Tahuamanu and Manuripi Region, Upper Orthon Basin, Bolivia*. In: A biological assessment of the upper río orthon basin, Pando, Bolivia. Eds. B. Chernoff and P. Willink. AquaRAP Program. Bulletin of Biological Assessment 15:51-67. 1999.

DE LA FUENTE, A. M.J. (Ed.) *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton, fitobentos (microalgas bentónicas), macrofitos, invertebrados bentónicos, ictiofauna. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. 2007. 232pp.

MAGURRAN, A.E. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedra, Barcelona, España, 2004. 200 pp.

MARGALEF, R. *Limnología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona, 1983. 1010 pp.

ORTEGA, H y M. HIDALGO. *Freshwater fishes and aquatic habitats in Peru: Current knowledge and conservation*. Aquatic Ecosystem Health & Management 11 (3):257-271. 2008.

ORTEGA, H. *Evaluación preliminar de la Ictiofauna del Río Camisea, Bajo Urubamba, Cusco*. En: Actas del Taller sobre Diversidad Biológica y Cultural del Bajo Urubamba, Perú. Smithsonian Institution, Washington, D.C., 1996. (83-90).

ORTEGA, H., CHOCANO, L., PALMA, C. y SAMANEZ, I. *Biota Acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali)*. Rev. peru. biol. Lima, Perú. Vol.17 (1):029-035. 2010.

ORTEGA, H., HIDALGO, M., CORREA, E., TREVEJO, G., MEZA, V., CORTIJO, A.M. y ESPINO, J. *Lista Anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú*. Segunda Edición. Ministerio del Ambiente - Museo de Historia Natural. Lima, Perú. 2012. 56 pp.

ORTEGA, H., HIDALGO, M., SALCEDO, N., CASTRO, E. y RIOFRIO, C. *Diversity and Conservation of Fish of the Lower Urubamba Region, Peru*. In: Alonso, A., F. Dallmeier & P. Campbell (Eds.) URUBAMBA: The Biodiversity of the Peruvian rainforest, SI/MAB Series 7. Smithsonian Institution, Washington, D.C., 2001.

ORTEGA, H., SAMANEZ, I., CASTRO, E., HIDALGO, M. y SALCEDO, N. *Protocolos Sugeridos para la Evaluación y Monitoreo de Sistemas Acuáticos del Bajo Urubamba, Perú*. Biodiversity Assessment & Monitoring, Smithsonian Institution/MAB Series #2: 278-280. 1998.

ORTEGA, H.; RENGIFO, B., SAMANEZ, I. y PALMA, C. *Diversidad y Estado de conservación de*

*cuerpos de agua amazónicos en el nororiente del Perú*. Rev. peru. biol. Lima, Perú. Vol.13 (3):185-194. 2007.

RÖMER, U. y HAHN, I. *Apistogramma barlowi sp. n. Description of a new facultative mouth-breeding cichlid species (Teleostei: Perciformes: Geophaginae) from Northern Peru*. Vertebrate Zoology, 58(1): 49 – 66. 2008.

VARI, P. R. y Ortega, H. *Attonitus a new genus of sexually dimorphic characiforms Ostariophysii: Characidae) from western Amazonia; a phylogenetic definition and description of three new species*. Ichthyological Exploration of Freshwaters, Vol 11 pp. 113- 140. ISSN 0936-9902. 2000.

WEITZMAN, S. y ORTEGA, H. *A new species of Tyttocharax (Teleostei: Characidae: Glandulocaudinae: Xenobryconini) from the Rio Madre de Dios basin of Peru*. Ichthyological Exploration of Freshwaters, Vol.6, No.2. 1995. pp.129-148

WELCOMME, R. L. *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. Longman: Londres. 1979.

WILLINK, P. W., CHERNOFF, B., ORTEGA, H., BARRIGA, R., MACHADO-ALLISON, A., SÁNCHEZ, H. y SALCEDO, N. *Fishes of the Pastaza River Watershed: Assessing the Richness, Distribution and Potential Threats*. En: A Rapid biological assessment of the aquatic ecosystems of the Río Pastaza river basin, Perú and Ecuador. Eds. P. Willink. B. Chernoff and J McCullough. Rapid Assessment Program. RAP Bulletin of Biological Assessment No.33. Washington, D.C., 2005.

### **Acceso y uso de recursos naturales por las comunidades nativas del Bajo Urubamba**

**Martha Rodríguez Achung**

Doctora en CC. SS. (Desarrollo, Población, Medio Ambiente) Universidad Católica de Lovaina, Bélgica // Magister en Sociología con mención en Estudios de Población // Licenciada en Sociología // Profesora Principal del Departamento de CC. SS. de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) // Directora Científica Componente uso de RRNN y Miembro del Comité Científico PMB.  
mrodrig@pucp.pe

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se sistematiza y presenta el enfoque metodológico utilizado en la investigación sobre “Acceso y uso de recursos de biodiversidad por las comunidades nativas del Bajo Urubamba”<sup>1</sup>. Esta es una investigación básica que busca descubrir los mecanismos y los procesos de cambio en el acceso a los recursos de la biodiversidad por parte de las familias y las comunidades del área de influencia del Proyecto Camisea (PC).

El área donde se desarrolla este megaproyecto se caracteriza por estar ocupada históricamente por población matsigenka (machiguenga), una de las culturas ancestrales americanas que aún mantiene vínculos estrechos, tanto para la sobrevivencia física como sociocultural de sus miembros, con su entorno, el cual se caracteriza por su alta biodiversidad. Por ello es altamente sensible a los cambios que puedan ocurrir en las condiciones de la biodiversidad de este espacio y a los procesos que pueden producirse por la presencia de diversos agentes, en particular de las actividades del PC en los Lotes 88 y 56.

La investigación también tiene por objetivo validar y proponer un conjunto de indicadores claves para futuros monitoreos (investigación aplicada) que puedan realizarse de manera participativa con los miembros de las comunidades nativas (CCNN), de tal manera que pueda ser un instrumento tanto para gestión del PC como para las CCNN. Para el primero, incorporando en su diseño de gestión mecanismos de prevención y rediseño para evitar o mitigar los impactos en la biodiversidad y, por lo tanto, en la calidad de vida de las personas, familias y comunidades locales, y, para estas, convirtiéndose en un instrumento que les permita observar los cambios que se están procesando y buscar las posibles explicaciones de ello, así como poder exigir al PC medidas de regulación y prevención en cumplimiento de los estándares socioambientales comprometidos en el marco de respeto a los derechos de los pueblos indígenas.

La investigación se ejecutó en dos momentos: un primero de 4 años para el registro y análisis de información cuantitativa (julio 2008-junio 2012), y un segundo para el análisis, incorporando información cualitativa (julio 2012-junio 2013), de tal manera que se pueda dar cuenta de los procesos de cambio o permanencia en el acceso de las familias a los recursos naturales.

Previamente, se realizó una prueba piloto -entre julio del 2006 y junio del 2007- con el objetivo de verificar tanto el enfoque como el diseño metodológico y los instrumentos de recolección de información. Los resultados de esta prueba permitieron hacer ajustes básicamente en dos componentes del diseño:

- El número de comunidades con las que se trabajaría y su ubicación espacial.
- El número de días necesarios para realizar el registro de datos.

Estos aspectos se presentan con mayor detalle en la sección respectiva.

---

<sup>1</sup> Esta investigación se desarrolla de manera independiente desde junio del 2008 en el Centro de Investigaciones Sociológicas, Económicas, Políticas y Antropológicas. CISEPA-PUCP, en el marco del convenio entre la PUCP y Pluspetrol (2008-2011) y en los últimos 2 años mediante convenio entre la PUCP y ERM, acuerdos ambos que reconocen la independencia en el desarrollo, ejecución y los resultados de la investigación del CISEPA-PUCP. La investigación es realizada bajo la dirección de la autora y es parte del componente (social) del Programa de Monitoreo de Biodiversidad de Camisea (PMB).

## DISEÑO METODOLÓGICO

Diseñar y ejecutar una investigación básica desde las ciencias sociales sobre la biodiversidad es un reto metodológico y conceptual; obliga a dialogar con otras disciplinas que se ubican en el campo de las ciencias naturales y crear nuevos acercamientos para dar cuenta de la complejidad socioambiental. Lo que aquí se desarrolla y presenta es el resultado de este esfuerzo, de cómo un diseño metodológico permitió transitar de manera fluida en el registro de la información requerida, acercarse de manera sistemática y rigurosa a develar la situación y los cambios que se puedan estar operando en el acceso a los recursos de la diversidad ambiental, particularmente a recursos alimenticios, así como la participación y compromiso de las familias de varias comunidades en la investigación a lo largo de varios años.

Los estudios de biodiversidad (o diversidad biológica) y uso de recursos naturales pueden ser agrupados de manera simplificada en dos grandes estrategias metodológicas: a) el estudio de componentes o elementos de la biodiversidad como fauna, flora, y de manera muy específica, determinadas especies (mamíferos, insectos; especies maderables, etc.) con métodos e instrumentos propios para cada una de ellas<sup>2</sup>; b) estudiar la diversidad a partir de los resultados de encuestas (a pobladores) o registros de capturas realizadas por ciertas personas en particular (el mejor cazador, pescador, etc.). Estas estrategias ponen el énfasis en la diversidad para dar cuenta de las especies existentes, su número, estimar volúmenes de captura, etc.

En el campo de estos estudios son pocas las investigaciones que analizan más de una de las actividades de subsistencia de los pueblos indígenas en la cuenca amazónica, pero hay ejemplos de ellos, aunque los métodos e instrumentos utilizados no son necesariamente iguales. Avecita Chicchón refiere a su investigación realizada en 1989 en tres asentamientos chimanes en Bolivia: “La información cualitativa y cuantitativa se recopiló durante quince meses de trabajo de campo (Chicchón, 1992). Se registraron los resultados de expediciones de caza y pesca durante cinco periodos de 30

días cada uno...en total se recopiló información de 16 cazadores y sus respectivas familias...” (Chicchón 1994:708). Por su parte, Wendy R. Townsend cuantificó el aprovechamiento de la pesca y la cacería en la Comunidad de Ibiato del pueblo sirionó, ubicado en las tierras bajas de Bolivia, entre 1991 y 1992: “...En total se registró la captura de fauna terrestre y acuática durante 360 días” (Townsend, 1996:36). A partir de los datos “...se seleccionan las diez especies más importantes, para un análisis detallado de sus tasas de extracción...” “Se capturaron los animales en una superficie de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>...” (Townsend, 1996:v).

Es más frecuente que las investigaciones se focalicen en el estudio de una de las actividades realizadas por los pueblos indígenas. En el caso de la caza hay cierta coincidencia en el uso de metodologías; por ejemplo, Jeffrey P. Jorgenson estudió los cambios en los patrones de subsistencia tomando como caso a los cazadores maya en México a través de “la observación directa y los avisos de los cazadores para tomar la medida de los animales cazados y entrevistar al cazador personalmente” (Jorgenson, J-P., 1997:33). En Perú, Richard Bodmer, viene investigando la fauna y su uso sostenible en comunidades del área de la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (RNPS) desde hace varias décadas: “...el personal del proyecto colectó datos de caza, luego procedió al contacto individual con los cazadores y sus familias para discutir en forma más profunda la metodología a utilizarse...”; “El método específicamente pregunta a los cazadores si desean verse involucrados en la investigación colectando los cráneos de los animales que cazan...” (Bodmer *et al.*, 1999:10).

Víctor Pacheco y Jéssica Amanzo refieren al registro de datos sobre cacería desde noviembre del 2000 a julio del 2001, realizado por el equipo técnico de ADAR (Asociación de Desarrollo de la Amazonia Rural) [“...registró datos regulares sobre los animales cazados en las comunidades Cashinahua de Nuevo Belén y Pikiniki...en el río Alto Purús” (Pacheco y Amanzo, 2003:217)], pero no dan mayor información ni detalle de toda la metodología utilizada. Para estudiar el consumo de carne de monte en Jenaro Herrera, Loreto, Iquitos, José Saldaña y

Tereza Rojas realizaron encuestas: “la intensidad de muestreo fue de 40% teniendo como referencia actualmente 531 viviendas...encuestándose a 213 viviendas.” (Saldaña y Rojas, 2004:487). Aparentemente, el uso de este tipo de metodología e instrumento signó muchos de los trabajos de investigación puntual de jóvenes investigadores en la Amazonia peruana.

En relación a los estudios sobre la pesca en comunidades indígenas, también se utilizan varios métodos, que van desde la observación directa y mediciones de la producción de uno o varios pescadores destacados de la comunidad, los talleres de evaluación y las encuestas. Así por ejemplo, varios de los artículos del libro “El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica” (editado por Pinedo, D. y C. Soria; IBC, 2008) permite tener conocimiento de algunos de los métodos utilizados. Edgardo Castro, Stéphanie Borios y Percy Summers estudian la pesca en el río Pachitea combinando un conjunto de instrumentos para obtener la información a lo largo de varios años:

“...la información fue recogida utilizando encuestas familiares durante las épocas de vaciante, creciente e intermedias en los años 2005 y 2006, y considerando variables como el tipo de población (indígena o colona), el tipo de acceso al poblado (río o carretera), y el tipo de asentamiento (urbano o rural). En cambio, la descripción de los recursos acuáticos procede de aquella información obtenida en las colectas científicas de pesca a lo largo de la cuenca entre los años 2001 y 2006, capturas permanente de peces en estaciones preestablecidas de los ríos Pichis, Palcazú y Pachitea desde el año 2001, entrevistas personales a pescadores locales y talleres participativos de validación del conocimiento local entre los años 2005 y 2007” (Castro *et al.*, 2008:45-46/333 versión en línea).

Por su parte, el artículo de Danny Pinedo, en el mismo volumen, contiene información de su estudio realizado en la subcuenca del río Neaguache, en la cabecera del río Pichis (selva central del Perú) donde estudia dos comunidades indígenas asháninkas, un asentamiento indígena asháninka y otra de colonos (andinos y costeños). Trata de responder a interrogantes sobre cambios en los patrones de uso y la presencia o ausencia de normas de uso. Para ello utiliza análisis bibliográfico, pero también realiza 20 encuestas para tener una visión de “la percepción sobre cantidad y calidad de ese recurso”; el autor es consciente de que su “muestra” es

reducida pero justifica la validez de sus resultados (Pinedo, 2008: 89/333).

El trabajo de Carlos Soria y Vanesa Rodríguez sobre el mismo espacio y población que el estudio anterior está orientado a ver “El marco legal y consuetudinario de la pesca de subsistencia en el río Pichis, Perú”. Muestra el uso de varios instrumentos de levantamiento de información en campo: observación directa, entrevistas y encuestas realizadas para estudiar las normas y reglas que rigen la actividad de la pesca en cada uno de los cuatro asentamientos y comunidades estudiadas: “Se empleó una muestra de 110 encuestas, a razón de 23 por comunidad y 18 entrevistas con autoridades políticas, pescadores artesanales que habitan en el distrito.” (Soria y Rodríguez, 2008: 136/333; versión en línea).

En el caso de la presente investigación, el diseño metodológico tuvo como primer acercamiento el capítulo 9 del documento Sillero Z., C; Albrechtsen, L.; Ferretti, V.; Marino, J.; Packer, M.J.; Palmada, F.M.; Rodríguez Achung, M. y Soave, G.E. (2002), *Monitoring Biodiversity in Camisea: Scoping Study Report. Environmental Resources Management. Argentina*, Bs. As., Argentina. 497pp. Sin embargo, al diseñar la ejecución se optó por un enfoque más integrado, antes que por el estudio de las actividades de caza, pesca y recolección por separado, de tal manera que mostrara un panorama que diera cuenta de la dinámica de la unidad doméstica en cuyo seno se llevan a cabo las decisiones sobre las actividades de subsistencia.

### Dimensiones y perspectiva para la definición de la metodología y el análisis

Toda investigación en el campo socioambiental requiere necesariamente considerar dos dimensiones básicas para el análisis:

- **La temporalidad:** es decir cuándo suceden los hechos o eventos, lo que remite también a definir el tiempo necesario en que deben ser registrados los datos.
- **La espacialidad:** dónde suceden los hechos y sus características biofísicas, socioculturales, económicas y políticas. En el caso de este diseño se ha privilegiado el lugar de acuerdo a las categorías establecidas.

Adicionalmente, para poder entender las dinámicas de cambio en un periodo determinado, se debe incorporar una perspectiva generacional (grupos de edad), así como una perspectiva

<sup>2</sup> El propio Programa de Monitoreo de Biodiversidad de Camisea (PMB) lleva adelante investigaciones en estos campos, incluida la de cambios en el paisaje. En los años noventa, este tipo de investigaciones fueron realizadas por el Biodiversity Program de la Smithsonian Institution (SI/MAB) con apoyo financiero de la Shell Foundation en el contexto del Proyecto de Gas de Camisea operado por la Compañía Shell.



de género en tanto el acceso a los recursos naturales y de la biodiversidad se hace de manera diferencial por género y generación; por ello, la toma de datos debe registrar información de edad y sexo, que permita luego incorporar al análisis estas variables.

### El campo de observación

Siendo el objetivo de la investigación estudiar el proceso de cambios o permanencias en el acceso a los recursos naturales, y debido a lo señalado anteriormente, se optó por el registro del ingreso de especies de la biodiversidad a la canasta familiar. Este “ingreso” es producido mediante la actividad de los miembros de las familias u hogares que componen la comunidad. Se estudiaron simultáneamente tres actividades principales que son complementarias y a través de las cuales los pueblos indígenas en general, y los Matsigenkas en particular, acceden a la biodiversidad: la caza, la pesca y la recolección<sup>3</sup>. El punto de partida es el acceso y el destino de los productos extraídos, no los productos (especies) en sí, sino como resultado de la actividad humana en un contexto de relaciones y dinámicas familiares; en consecuencia, en tanto estas actividades son realizadas por individuos pero vinculados a la estructura familiar, tomamos al Hogar como unidad de selección de “la muestra” (ver sección “Selección de la muestra: Tipología de Hogares, más adelante).

Si bien las actividades de caza, pesca y recolección proveen recursos para la subsistencia, el acceso a los recursos de la biodiversidad está mediado por la cultura. Se accede a lo que es posible pero también a lo que culturalmente está permitido (ya sea por las creencias, los gustos y preferencias, las oportunidades u oferta ambiental, etc.), razón por la que la actividad misma está regulada y mediada por un conjunto de normas sociales que van más allá de la existencia o no de tal o cual especie en la naturaleza, normas que rigen la vida cotidiana, se aprenden en el hogar y se practican en la vida comunal. Esta dimensión cualitativa también es considerada en el análisis final.

### La delimitación espacial

La investigación se realiza en el área de influencia del PC, cuenca del río Urubamba. Se ha

tomado como criterio la cuenca y la ubicación de obras del Proyecto en territorio de las CCNN, así como la disposición y acuerdo voluntario de las comunidades y las familias para participar en el proyecto de investigación. El área de influencia directa de los diferentes componentes del PC alcanza a casi todas la CCNN del Bajo Urubamba desde Timpía (aguas arriba del Urubamba pero antes del Pongo de Mainique), en el distrito de Echarate-Cusco, hasta Sepahua, aguas abajo, que pertenece a la administración de la Provincia de Atalaya, Distrito de Sepahua de la región Ucayali, más las CCNN que se ubican en los afluentes principales, sumando un total de quince CCNN ubicadas en un amplio territorio, todas ellas con población del grupo Arawac y en su absoluta mayoría, de la familia *Matsigenka*.

Criterios de selección de las CCNN:

a) Ser parte del área de influencia del PC (dos de influencia directa y otra en el área de influencia indirecta)

b) Mayor o menor cercanía al río principal y al dinamismo comercial relativo en el Bajo Urubamba.

c) Tener el permiso y acuerdo con las autoridades comunales respectivas y la voluntad e interés de participación de las familias (de acuerdo a la tipología propuesta)

En relación a la Prueba Piloto, se decidió incrementar el número de comunidades (de dos a tres) con cuyas familias se realizaría la investigación, de modo que una comunidad estuviera ubicada lo más distante posible del río Urubamba (por donde circula el transporte principal) y estuvieran distantes entre ellas dentro del área de influencia del PC:

a) Río Cashiriari: se incluyó a la Comunidad Nativa Cashiriari por ser la comunidad más alejada del área y estar muy próxima a la Reserva Territorial Kugapakori, Nahua, Nantis y otros (RTKNN y otros). Su territorio limita con esta reserva; aunque no tiene desarrollo de plataformas y pozos del PC en él, sí se han ido desarrollando ductos de conexión que lo atraviesan. Esta comunidad está considerada dentro del área de influencia directa del Lote 88. Sus autoridades, familias y la Asamblea Comunal mostraron una gran disposición para participar en la investigación. Población total: 209 personas (53% hombres).

b) Río Camisea: se ha mantenido el estudio en la Comunidad Nativa Shivankoreni ya que en su territorio se ejecutan las plataformas y pozos Pagoreni del Lote 56, y por el deseo expreso de las familias participantes en la prueba piloto así como la aceptación de las autoridades de la comunidad de continuar en la investigación. Población total: 346 habitantes (53% hombres).

c) Río Urubamba: se incorporó la Comunidad Nativa Chokoriari- Ticumpinía, ubicada sobre la margen del río Urubamba, aunque aguas arriba de la comunidad donde inicialmente se realizó la prueba piloto<sup>4</sup>. Esta se encuentra ubicada frente a la Planta de Gas Malvinas, de ahí que presenta

mayor influencia derivada del transporte fluvial (netamente de aquella relacionada al PC) y sea parte del área de influencia indirecta de los Lotes 88 y 56 por tener, en la parte sur de su territorio, el paso del gasoducto que parte de Malvinas hacia la costa, así como por contar con la aceptación de las autoridades y la Asamblea Comunal. Población total: 324 habitantes (48% hombres)<sup>5</sup>.

En resumen, las tres CCNN incluidas en el área de estudio fueron: Cashiriari, Shivankoreni y Chokoriari-Ticumpinía (ver Figura 1 - Mapa del área de investigación).

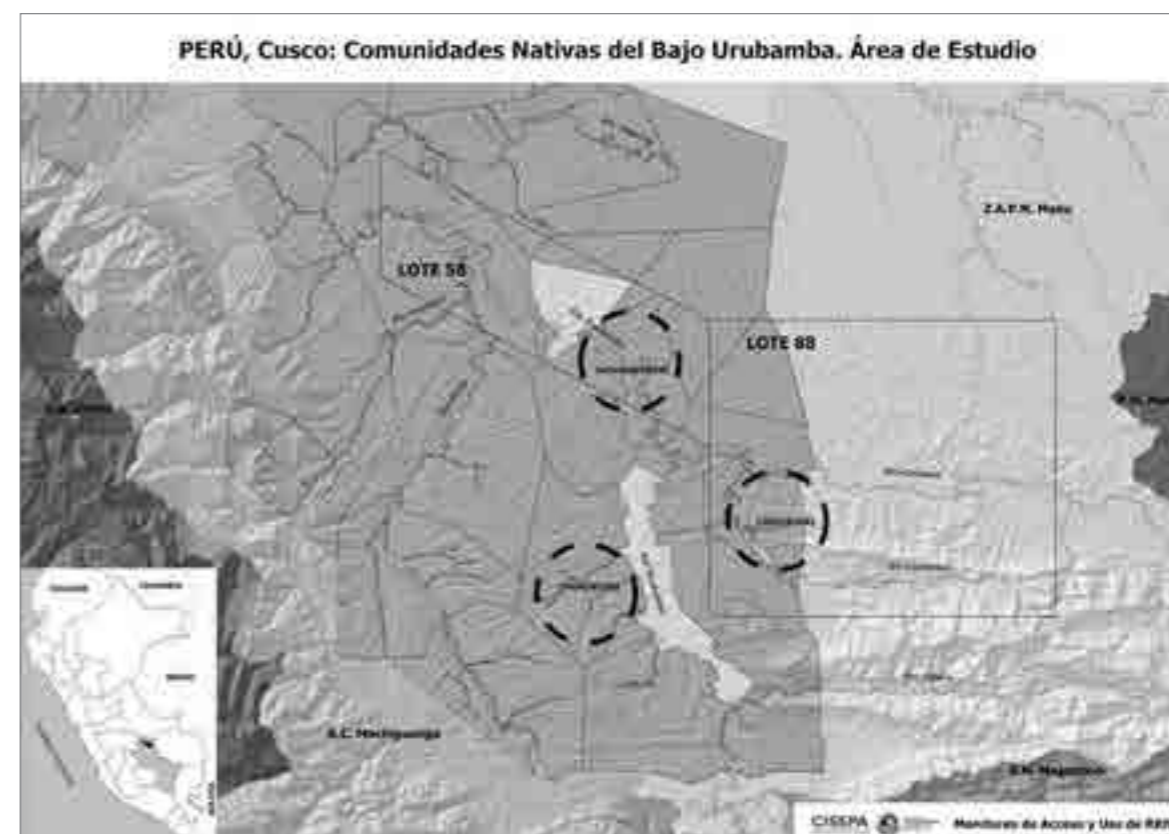


Figura 1. Mapa del área de investigación

<sup>4</sup> A finales de la prueba piloto, la Comunidad Nativa Nueva Vida (donde inicialmente se realizó el estudio) empezó a recibir la influencia directa de las actividades realizadas en el Lote 57 a cargo de la Compañía Repsol; adicionalmente no se encontraron mayores diferencias relacionadas a la comercialización de productos provenientes de la caza, la pesca y la recolección con las que se presentaron en Shivankoreni. El criterio inicial para seleccionar Nueva Vida (el de su cercanía a un mercado más dinámico como es Sepahua) no tendría mayor influencia en la comercialización de sus productos debido básicamente a que se trata de productos perecibles y no cuentan con tecnología de preservación. En el caso de Nueva Vida, ninguna de las tres actividades tuvo como destino de sus productos la venta; esta fue menor al 1%, mientras que Shivankoreni –más alejada del mercado de Sepahua– vendió el 3% de la caza y menos del 1% de la pesca y la recolección, especialmente a los comerciantes que permanecen en las comunidades, quienes adquieren estos productos como complemento a su alimentación. Ambas comunidades mostraron mantener aún una producción y organización de acceso a los recursos naturales orientados básicamente al autoconsumo.

<sup>5</sup> Los datos de población de cada comunidad corresponden a los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda Perú - INEI 2007.

<sup>3</sup> Si bien en la estrategia de vida de los *Matsigenkas*, fundamentalmente como estrategia para asegurar su dote de alimentos y una canasta más variada, también se encuentra la actividad agrícola “la chacra”, esta no ha sido considerada en esta investigación en tanto excede los alcances de la misma.

### Categorías espaciales

La dimensión espacial representó un reto metodológico para la investigación: ¿Cómo definir áreas y subáreas para cada actividad? ¿Cómo hacer comprensible y “rescatar” de la cultura *matsigenka* sus propias definiciones y comprensiones sobre el uso de su espacio y territorio?

#### a. Lugares de uso

Son los lugares donde la población *matsigenka* realiza sus actividades de subsistencia (caza, pesca y recolección). La mayor cantidad de lugares de uso está referida a las quebradas, y también a varios puntos a lo largo de los ríos principales. Los cuerpos de agua son fundamentales para estas poblaciones; tanto los ríos principales como las quebradas que son tributarios de estos son importantes fuente de recursos para su seguridad alimentaria, así como vías que permiten llegar a lugares estratégicos en el monte (monte de la comunidad), por ejemplo a las collpas<sup>6</sup>.

#### b. Zonas de caza

Los diversos puntos donde se realiza la actividad de caza se agrupan en dos grandes categorías, tomando como criterio la distancia, el acceso, el grado de intervención del bosque y la forma de denominación propia que la población le otorga:

- **Monte:** Es el gran espacio poco intervenido. En él se ubican diversos puntos como las collpas y las quebradas, aunque también la población toma como referencia algún punto del río principal. En este espacio hay dos subcategorías o subespacios; una específica para definir el “monte de la comunidad”, referida fundamentalmente a collpas, y otras específicas, relacionadas a cuerpos de agua.

- **Chacra:** Es el espacio intervenido (agricultura de roza y quema) e incluye también el monte de la chacra o el perímetro de esta (purmas<sup>7</sup>, por lo general) que se encuentran a poca distancia de las viviendas y cuyo acceso es relativamente fácil para los miembros de la familia. Por ello, esta categoría abarca también la caza que eventualmente pueden realizar en el perímetro del centro poblado.

#### c. Zonas de pesca

Se diferencian dos espacios claramente definidos para esta actividad:

- **Río:** En este cuerpo de agua existen varios lugares donde los miembros de las comunidades realizan la actividad de pesca: en general son el puerto principal (punto fluvial “oficial” de acceso al centro poblado), el puerto familiar (cuando las viviendas se encuentran al borde o muy próxima a la orilla del río, la familia tiene su “propio puerto”), pozos, islas y varaderos (lugares específicos en el río denominados así por ser espacios que facilitan la pesca). En el caso del presente estudio nos referimos al río Urubamba para la Comunidad Nativa Chokoriari; el río Camisea y eventualmente el río Urubamba para Comunidad Nativa Shivankoreni; el río Cashiriari y eventualmente el río Camisea para Comunidad Nativa Cashiriari.

- **Quebrada:** son los cuerpos de agua de poco caudal que por lo general desembocan en el río principal.

#### d. Zonas de recolección

Para esta actividad se utilizan las mismas categorías espaciales que para la caza (monte y chacra) y se realiza fundamentalmente haciendo referencia a la tierra y el bosque, así como también a su cercanía a las quebradas.

### Delimitación temporal

Dado que uno de los objetivos de esta investigación es describir los procesos de cambio, el diseño es de corte longitudinal. La primera etapa de la investigación se realizó durante tres años continuos. Luego se evaluó la conveniencia de incorporar un cuarto año para el registro directo de información sobre las actividades de caza, pesca y recolección debido al mayor dinamismo de la incorporación de los hombres en actividades remuneradas dentro de la comunidad. Esta estrategia permite observar, de manera sistemática, tanto los cambios como las regularidades en estas actividades y sus productos respectivos a lo largo de un tiempo significativo.

Para efecto de contar con datos de los diferentes momentos del año se tomaron en cuenta tanto aspectos ambientales como sociales, como se detalla a continuación.

### Definición del tiempo para el registro de datos

**Temporalidad:** Esta dimensión es fundamental y se convierte, a su vez, en una variable clave relacionada al acceso y el uso de los recursos del bosque, por lo que se consideran dos indicadores:

a) **Ciclo del agua:** los ciclos de precipitación pluvial y sus efectos sobre los cuerpos de agua (época de vaciante y época de creciente),

b) **Escolaridad:** los periodos de permanencia o no de las familias en el centro poblado de la comunidad (periodo escolar).

Ambas tienen relación con el acceso y uso de los recursos naturales y la biodiversidad; en tanto el clima y el ciclo escolar influyen directamente en el tipo de actividades y la frecuencia de estas, así como los lugares del bosque donde se realizan, por ende, la dinámica familiar y la de la comunidad.

A diferencia de otras estrategias de investigación que consideran los momentos extremos (vaciante y creciente) se optó por el registro de la información en cuatro momentos del año, por periodos de 21 días cada vez. Los meses seleccionados corresponden a periodos representativos de estaciones climáticas ocurridas a lo largo del año y la presencia de miembros del hogar considerando el periodo escolar.

Estación	Periodo Escolar	Meses
Vaciante	Vacaciones - escuela	julio - agosto - setiembre <sup>8</sup>
Media Creciente	Escuela	octubre - noviembre
Creciente	Vacaciones	enero - febrero - marzo
Media Vaciante	Escuela	abril - mayo

**Tabla 1.** Periodos de Registro según la estación y escolaridad

### La dimensión ambiental y la diversidad para el tiempo de registro de datos

Investigar sobre el acceso a recursos de biodiversidad implicó considerar en la estrategia metodológica, una variable clave para la determinación del tiempo de la toma de datos o registro de datos de las actividades de caza, pesca y recolección, así como el hecho de que la investigación se realiza en un espacio considerado como uno de los *hotspot* de biodiversidad en el mundo<sup>9</sup>.

Es así que se tomó como uno de los criterios el registro del número de especies y como variable la acumulación de ellas día a día para determinar el número total de días necesarios y dimensionar este aspecto de la biodiversidad. El cálculo se estimó a partir de los datos generados en las dos comunidades que participaron en la prueba piloto. Se realizó un análisis de la dinámica de acumulación de especies (aquellas que ingresan a la canasta familiar) en los dos periodos extremos del ciclo del agua: la vaciante y la creciente para las dos primeras actividades mencionadas (no se estimó para los datos de recolección debido a la complejidad y dificultad para el reconocimiento de especies que podría derivar en una subestimación de ellas). El otro criterio fue la capacidad mostrada por las familias para llevar adelante el registro sistemático de los datos. El resultado fue tomar la información por 3 semanas consecutivas (21 días). Particularmente en el caso de la pesca, es el tiempo en el cual tiende a estabilizarse la curva de acumulación (ver *Figura 2*), y en el que los varones permanecían por tiempos más continuos en la comunidad debido a su cada vez mayor incorporación al mercado de trabajo en el área (particularmente a actividades asociadas a la industria de hidrocarburos).

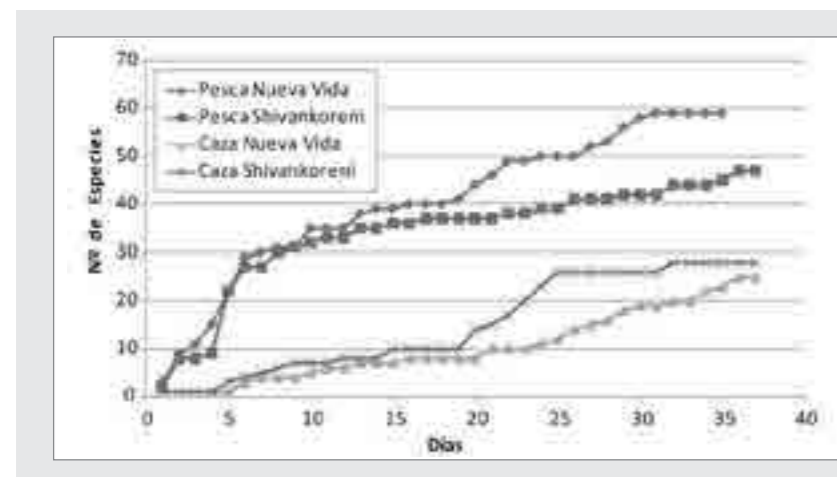
Las siguientes figuras muestran la dinámica de acumulación de especies:

<sup>6</sup> collpas: Suelos, en general pendientes, en los que se congregan mamíferos y/o aves para alimentarse e ingerir arcilla que les proporciona minerales y otros nutrientes para complementar su dieta, les permiten detoxificar algunos componentes nocivos ingeridos en su dieta habitual y, por lo tanto, cumplen un rol ecológico fundamental.

<sup>7</sup> purmas: Son áreas de bosques que se encuentran en estadios más o menos juveniles y en proceso de regeneración a partir del corte o alteración del bosque primario.

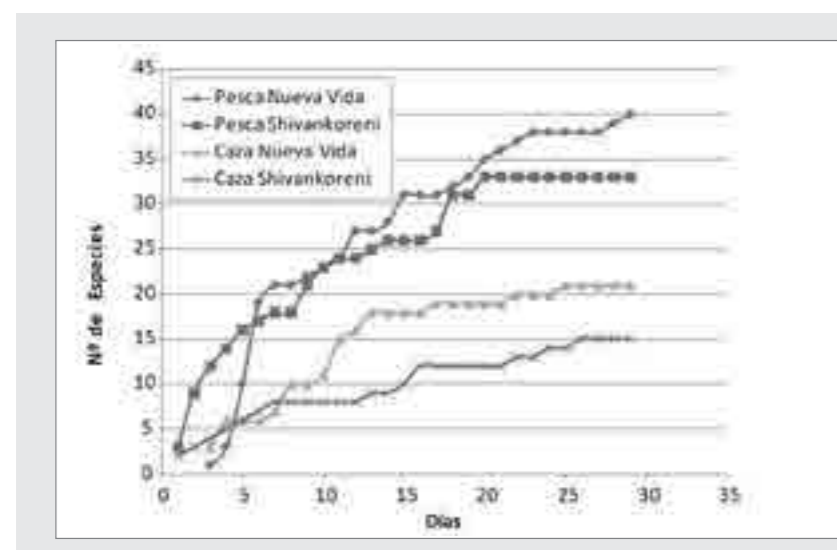
<sup>8</sup> El trabajo de campo inicialmente planificado para los meses de julio-agosto en el 2008 tuvo que ser postergado hasta inicios del mes de setiembre momento en el que se levantó el paro indígena convocado por AIDSESP para la Amazonía, al que adhirieron las organizaciones indígenas del Bajo Urubamba.

<sup>9</sup> De hecho, el área es colindante con el Parque Nacional de Manu hacia el Este y hacia el Sur con la Reserva del Megantoni. Además, se encuentra próximo al Corredor Villcabamba-Amboró. El área se encuentra incluida en el hotspot Andes Tropicales (la franja abarca territorios de Perú y Bolivia).



**Figura 2.** Acumulación de especies de caza y pesca. Vaciente julio-agosto del 2006

Fuente: En base a datos de Rodríguez Achung, Martha y Diego Shoobridge. Estudio de Prueba Piloto Monitoreo de Uso de RRNN en el Bajo Urubamba. PMB - ERM 2006.



**Figura 3.** Acumulación de especies caza y pesca. Creciente enero-febrero del 2007

Fuente: En base a datos de Rodríguez Achung, Martha y Diego Shoobridge. Estudio de Prueba Piloto Monitoreo de Uso de RRNN en el Bajo Urubamba. PMB - ERM 2006.

### Determinación de la “muestra”: Tipología de Hogares

El diseño metodológico se aleja de la encuesta clásica usada en muchos estudios porque se considera que su uso puede restringir la posibilidad de observar con detenimiento la lógica de las actividades de subsistencia y el registro minucioso de los productos obtenidos. Adicionalmente, la decisión de no realizar registros de captura solo de las personas con más destreza se debió a que estos instrumentos no permitían analizar la relación entre la dinámica familiar y el acceso a los recursos de biodiversidad (particularmente alimentos), así por ejemplo, la actividad de la pesca es realizada por todos los miembros del hogar (hombres y mujeres de 6 años a más) y la caza se inicia en

la pubertad (actividad netamente masculina). A esto se suma el hecho de que el uso de los recursos naturales corresponde a la dinámica de la “economía familiar de subsistencia”<sup>10</sup> y que estas actividades son complementarias y sus dinámicas están interrelacionadas. De otro lado, la evaluación demostró que el método de Talleres de Evaluación Rural Participativa (TERP) no podría proporcionar información sostenida y cuantificable para la toma de datos por períodos largos. Se optó por un enfoque que permita recoger información de las dinámicas y procesos de las unidades socioculturales (hogares) y se pueda hacer el seguimiento a lo largo del tiempo (corte longitudinal). Por ello se trabajó a partir de las consideraciones que se exponen a continuación.

<sup>10</sup> Las actividades de subsistencia son aquellas que no persiguen otro fin mas que el de cubrir las necesidades básicas en la manutención del individuo o de su familia. En el caso matsigenka, las principales actividades de subsistencia son la caza, la pesca y la recolección (también la agricultura a muy pequeña escala). Para el análisis de la pesca se considera dentro de esta actividad a todas las acciones que buscan extraer recursos ictiológicos (peces, moluscos, crustáceos, anfibios y reptiles).

El número de hogares en las CCNN del Bajo Urubamba es relativamente pequeño (aproximadamente medio centenar<sup>11</sup>), con poblaciones de 400 habitantes en promedio. La diferenciación sociocultural y económica a su interior es mínima; están caracterizadas más bien por una homogeneidad cultural (todas pertenecen al mismo grupo etnolingüístico (Arawac) y a la misma familia cultural (*Matsigenka*), no existiendo mayor diferenciación económica al momento de iniciarse el estudio.

**Unidad de análisis:** El HOGAR<sup>12</sup> dentro de la comunidad: definido por el conjunto de personas que se alimentan de la misma cocina y puede estar compuesto por varias familias. Tal es el caso de la familia extensa que vive y pertenece a una Comunidad Nativa.

**Tipo de organización social:** La Comunidad Nativa, lo que indica un grado de sedentarismo, aunque con viviendas familiares. Comparten bienes comunes como es el territorio y los recursos del bosque y las fuentes de agua.

Definida esta información, se estudió primero una tipología<sup>13</sup> considerando dos aspectos: ciclo de vida familiar (combinando edad de los padres y de los hijos) y composición (extenso, nuclear y monoparental).

### Enfoque y variables para definir el tipo de Hogar-Familia

a. Variables para definir el ciclo vital:

Edad de jefe de Familia	} Ciclo de vida joven
Número de hijos	
Edad y sexo de los hijos	
	} Ciclo intermedio
	} Ciclo adulto

b. Variables para definir las relaciones de parentesco

Número de Familias dentro de un Hogar o vivienda, y/o familiares con relaciones de parentesco y afinidad extra familia nuclear.

- Familia Nuclear
- Familia Extensa
- Familia dirigida por un solo miembro (hombre o mujer)

<sup>11</sup> Las CCNN ubicadas en las orillas del río Urubamba tienden a tener mayor población, tal el caso de Camisea (en la boca del río Camisea y actualmente con la jerarquía administrativa de centro poblado menor); Nuevo Mundo y Kirigueti tienen poblaciones entre 500 y 800 habitantes.

<sup>12</sup> El Hogar se define como la unidad doméstica cuyos miembros habitan en una misma vivienda y tienen una misma cocina o producción de alimentos, por lo tanto, se establecen sinergias productivas y de consumo entre sus miembros. El Hogar puede estar constituido por una o varias Familias; de acuerdo al ciclo de vida del Hogar, este puede ser joven, intermedio o adulto y, de acuerdo a su composición, puede ser nuclear, extenso y monoparental.

<sup>13</sup> Con la metodología que se expone se realizó un análisis con la información de la población de 6 CCNN del Bajo Urubamba, con la información proveniente de los padrones comunales en esta.

La combinación entre composición y ciclo de vida del hogar puede dar los siguientes tipos de Hogar, tal como se puede observar en la siguiente tabla, que también muestra el tipo de hogares participantes de las comunidades donde se desarrolla la investigación: (ver *Tabla 2*) La investigación se realizó con 8 de los 9 tipos de Hogar (con excepción del Hogar extenso joven que no se ubicó en las comunidades seleccionadas). Conforme a los criterios definidos sobre la base de la composición y el ciclo vital de los hogares, durante el primer año participaron miembros de 16 hogares, con un total de 100 personas, pertenecientes a:

- a) C.N. Cashiriari: 5 familias (nº de personas: 32)
- b) C.N. Shivankoreni: 5 familias (nº de personas: 33)
- c) C.N. Chokoriari: 6 familias (nº de personas: 35)

Es importante mencionar que los grupos de edad de los miembros del hogar para efectos del registro de productos de las actividades de caza, pesca y recolección han sido definidos de la siguiente manera:

- De 0 a 5 años: Se consideran como miembros del hogar que no realizan actividades de caza, pesca y recolección.

- De 6 años a más: Miembros que sí participan de las actividades de caza, pesca y recolección.

Para efectos del análisis del consumo per cápita se considera a todos los miembros del hogar que tienen 6 (seis) años a más<sup>14</sup>. Se asume teóricamente que estos basan parte de su alimentación en los productos de la caza, pesca y alimentos provenientes de la recolección.

Las siguientes tablas muestran las principales características de los hogares de co-investigadores: (ver *Tablas 3, 4 y 5*)

La tabla 6 muestra el número de hogares por tipo y el número de personas de 6 años que participan en el registro de información a lo largo de cuatro años de trabajo.

Las diferencias se deben a varias razones sociodemográficas: a lo largo de estos años varios niños cumplieron los 6 años (edad a partir de la cual se toman los registros de sus actividades), hubo transformaciones de los hogares; alguno

Tipo de Hogar	Ciclo Vital	Edad JH	Hijos por edad		No de Hogares/casos		
			Menores de 15 años	Mayores de 15 años	Comunidad Nativa Chokoriari	Comunidad Nativa Shivankoreni	Comunidad Nativa Cashiriari
Nuclear	H. joven	20-29	Sí	No	1	1	1
	H. intermedio	30-49	Sí	Sí	1		1
	H. adulto	50-más	Sí	Sí	1		1
Extenso	H. joven	20-29	Sí	No			
	H. intermedio	30-49	Sí	Sí	1	1	1
	H. adulto	50-más	Sí	Sí	1	1	
Monoparental	H. joven	20-29	Sí	No			1
	H. intermedio	30-49	Sí	Sí		1	
	H. adulto	50-más	Sí	Sí	1	1	
<b>Total número de hogares</b>					6	5	5

Tabla 2. Tipos de Hogar

<sup>14</sup> En el documento del *Scoping* del PMB (Sillero *et al.*, 2002: capítulo 9) se designa como consumidores a los niños mayores de 5 años o individuos mayores de 6 años para el cálculo de la Tasa de Disfrute, lo que genera imprecisión para la estimación de los índices. Para evitar confusiones, se ha establecido que la categoría está referida a niños y niñas que tienen cumplido los 6 años de edad a más, en tanto coincide también con la edad de inicio escolar, lo que les otorga un nuevo estatus en el seno del hogar y la comunidad.

COMUNIDAD NATIVA CASHIRIARI									
Tipo de Hogar	Ciclo Vital	Nº de miembros presentes	Nº de miembros presentes por sexo		Nº de miembros presentes por grupos de edad				
			H	M	0-5	06 a 14	15-29	30-49	50 a más
Nuclear	Joven	3	1	2	1		2		
	Intermedio	8	5	3	2	4	1	1	
	Adulto	3	1	2			1		2
Extenso	Joven								
	Intermedio	12	7	5	4	4	2	2	
	Adulto								
Monoparental	Joven	6	3	3	2	3	1		
	Intermedio								
	Adulto								

Tabla 3. Características de los Hogares

COMUNIDAD NATIVA SHIVANKORENI									
Tipo de Hogar	Ciclo Vital	Nº de miembros presentes	Nº de miembros presentes por sexo		Nº de miembros presentes por grupos de edad				
			H	M	0-5	06 a 14	15-29	30-49	50 a más
Nuclear	Joven	4	3	1	1	1	2		
	Intermedio								
	Adulto								
Extenso	Joven								
	Intermedio	11	6	5	3	4	2	2	
	Adulto	11	6	5	2	4	1	1	3
Monoparental	Joven								
	Intermedio	3	3			1		2	
	Adulto	2		2			1		1

Tabla 4. Características de los Hogares, Comunidad Nativa Shivankoreni

COMUNIDAD NATIVA CHOKORIARI									
Tipo de Hogar	Ciclo Vital	Nº de miembros presentes	Nº de miembros presentes por sexo		Nº de miembros presentes por grupos de edad				
			H	M	0-5	06 a 14	15-29	30-49	50 a más
Nuclear	Joven	2	1	1	1		1		
	Intermedio	7	4		3	2		2	
	Adulto	5	2	3		2	1	1	1
Extenso	Joven								
	Intermedio	7	1	6	3	1	2	1	
	Adulto	7	2	5		2	3	1	1
Monoparental	Joven								
	Intermedio								
	Adulto	6	1	5	3		2		1

Tabla 5. Características de los Hogares, Comunidad Nativa Chokoriari

	Número de miembros de los hogares co-investigadores (2008-2012)							
	Número de miembros totales				Número de miembros de 6 años a más			
	Año I	Año II	Año III	Año IV	Año I	Año II	Año III	Año IV
C.N. Chokoriari	40	41	49	44	30	33	39	37
C.N. Shivankoreni	34	35	36	46	28	29	28	38
C.N. Cashiriari	33	37	36	38	23	30	28	32
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>128</b>	<b>81</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>107</b>

**Tabla 6.** Número de Hogares por tipo y número de personas que participan en el registro de información

inicialmente de tipo extenso pasó luego a ser nuclear. Esto refleja el dinamismo de la familia y la capacidad del diseño de investigación de adaptarse a dichos cambios sin que “peligre” la toma de datos; por el contrario, el diseño permite registrar dichos procesos, un asunto importante para estudios longitudinales, como es el caso.

#### Componentes y parámetros

La delimitación de los componentes y parámetros a investigar para cada una de las actividades (especialmente pesca y caza) consideró

tanto los aspectos ambientales como el socio-cultural; tuvo también presente el objetivo de buscar ciertas regularidades en el acceso a la diversidad biológica (ver indicadores de base más adelante) o los cambios que se podrían estar dando y se manifiestan a través de la actividades (por ejemplo, incorporación de nuevas herramientas; tiempo invertido, etc.) y/o de variabilidad en la producción (tanto en el volumen como en la calidad) de estas actividades extractivistas. La siguiente selección muestra la combinación de componentes y parámetros que orientan la investigación: (ver *Tabla 7*)

COMPONENTES	PARÁMETROS
ESPECIES (Y CLASIFICACIÓN)	Nombre (común, machiguenga y científico) Cantidad Peso
TEMPORALIDAD	1) Época del año: a. Creciente b. Media vaciante c. Vaciante d. Media creciente 2) Tiempo implicado en cada actividad (horas)
ESPACIALIDAD	Zona y subzonas de actividad Caza: monte, chacra Pesca: río, quebrada Recolección: monte, chacra
TECNOLOGÍA E INSTRUMENTOS	Herramientas e instrumentos Frecuencia de uso Productividad Eficiencia
DESTINO DE LA PRODUCCIÓN	Autoconsumo Venta Cambio/regalo De uso no alimenticio
PRODUCTOS RECIBIDOS	Regalo/cambio

**Tabla 7.** Componentes y parámetros que orientan la investigación

#### Indicadores de análisis

##### **Distribución temporal de la biomasa obtenida**

Este es un indicador temporal que muestra, a través del peso (biomasa) de las especies obtenidas por todos los miembros de las familias, el volumen total de especies obtenido por cada actividad. También permite analizar los aportes por sexo y edad, y luego comparar estos “ingresos de la biodiversidad” en la canasta familiar a lo largo del tiempo, evaluar los cambios y las tendencias.

##### **Principales lugares de actividad**

El tipo de información registrada permite hacer un análisis espacial, ubicar los principales lugares y cuerpos de agua de donde las personas y familias de la comunidad (son espacios o bienes comunes) se abastecen de recursos. Es relevante para conocer cambios en el acceso y uso del espacio y el territorio, así como la relativa importancia de estos para la provisión de recursos.

##### **El arte utilizado en cada actividad**

Está referido al registro de tipos de instrumentos utilizados en las actividades estudiadas, los cambios que se procesan (ya sea por introducción de nuevos instrumentos o por el desuso de algunos más tradicionales). Cruzada con la de biomasa, esta información permite también conocer la productividad de cada herramienta.

##### **Eficiencia de la actividad**

Este es un indicador de importancia para el análisis de las destrezas de cada persona y el “consumo” de tiempo de esta, así como cambios en la dificultad para obtener recursos del bosque. Es posible también analizar la eficiencia en cada estación, por sexo y edad. Nuestra investigación muestra que el nivel de productividad está en relación a varios factores:

- la riqueza y cuidado del bosque
- las destrezas de la persona (edad, sexo, fortaleza física, habilidades, etc.)
- el momento del ciclo-estación del año
- la ubicación de la vivienda

• la disponibilidad de la fauna o de los frutos por estacionalidad (relacionados a su ciclo migratorio, y a procesos naturales)

• los obstáculos que pudieran producirse ya sea temporales o permanentes (ruidos de motores, construcción o existencia de ductos, pozos, caminos de acceso, etc.)

##### **Destino de los productos**

Permite observar los cambios de la lógica de la economía doméstica a una de mercado. También permite analizar los intercambios entre familias y al interior de la comunidad.

##### **Consumo y Tasa de Disfrute**

Este es un indicador refinado y de suma importancia para conocer las dinámicas familiares, pero también los cambios en el acceso a los recursos. Para el análisis del consumo se usa como indicador la Tasa de Disfrute (TD), referida a la distribución de la producción entre todos los miembros del hogar presentes. Para aproximarnos a un cálculo distributivo, se asume que la distribución y el acceso de cada miembro de 6 años a más son equitativos (aunque en la práctica no es así debido a patrones culturales, la edad y el sexo de los comensales<sup>15</sup>). Para un análisis más fino de la distribución y el consumo efectivo, se utilizan dos indicadores:

###### a. Tasa Bruta de Disfrute per cápita (TBD)

Estima la cantidad consumida por cada miembro del hogar; es decir, lo que hipotéticamente consume una persona de 6 a más años en cada una de las familias u hogares por día de acuerdo al volumen de productos obtenidos. Este resultado está en relación al volumen total (kilogramos) de productos obtenidos de la actividad productiva, dividido entre el número de miembros del hogar mayores de 6 años y los días registrados; es decir, se estima la Tasa Bruta de Disfrute (TBD) que tendría cada integrante de la familia si el producto de la caza se dividiera en partes iguales cada día.

###### b. Tasa Neta de Disfrute per cápita (TND)

Se calcula a partir del total de kilos obtenidos destinados al autoconsumo (es decir el total del ingreso obtenido menos los kilogramos regala-

<sup>15</sup> El acceso efectivo a los alimentos al interior de los hogares es un tema de investigación de corte más cualitativo en las comunidades indígenas que no se abarca en esta investigación.

<sup>16</sup> La compra de alimentos provenientes de las actividades de caza, pesca y recolección aún es incipiente, muy esporádica y marginal al consumo, por lo que no se considera en este cálculo, aunque se hace el seguimiento.

dos y aquellos vendidos) más el ingreso de productos provenientes del regalo<sup>16</sup> que reciben (de vecinos y parientes), entre los días registrados y entre el promedio de miembros presentes durante cada época.

### **Estrategia participativa**

Tiene como fundamento la participación de los actores locales en el proceso de investigación. A diferencia de otras investigaciones que también incorporan una estrategia participativa, en este caso se sustenta en la información recogida de manera sistemática por los miembros de los hogares sobre los recursos naturales a los que acceden a través de sus actividades de caza, pesca y recolección. Se trata de registrar la información de lo que habitualmente cazan, pescan y recolectan en su vida cotidiana, no de una actividad especialmente realizada para una investigación<sup>17</sup>. Por lo tanto, el registro muestra esta cotidianeidad en el acceso a los recursos de la biodiversidad mediante estas tres actividades<sup>18</sup>. Esta opción de “registrar” de manera sistemática, lo que podríamos denominar el ingreso de especies de la biodiversidad a la canasta alimentaria, implicó también otras decisiones metodológicas: dónde realizarlo (delimitación espacial), cuándo y por cuánto tiempo (delimitación temporal). Otra de las implicaciones fue definir el rol del equipo de asistentes de investigación y el rol de las familias de co-investigadores locales como parte del diseño con enfoque participativo.

En cada hogar de co-investigadores se asignó a uno o una de sus miembros la responsabilidad de registrar cada día, para cada miembro de la familia mayor a 6 años, los datos de las actividades de caza, pesca y recolección. Todos los miembros de los hogares participantes tuvieron una capacitación in situ y participaron en

cada fase del trabajo de campo co-programado con los miembros del equipo de investigación. Los miembros del equipo de investigación del CISEPA PUCP actuaron en cada Comunidad Nativa como apoyo y seguimiento al llenado de datos, así como en el trabajo de revisión compartida con las familias, para garantizar el correcto registro de la información. A partir del segundo año, se nombró coordinadores de campo (una persona de cada comunidad) y un coordinador general miembro de una de las comunidades, permitiendo así la viabilidad y sostenibilidad de una investigación de largo alcance, tanto por sus objetivos como por el tiempo requerido para realizarla, pero sobre todo por la voluntad de dotar a las comunidades de personas propias con capacidad de realizar en el futuro el Monitoreo propiamente dicho. Luego, los resultados sistematizados por el equipo CISEPA fueron expuestos y puestos a discusión en cada comunidad en la Asamblea de la Comunidad al inicio del siguiente trabajo de campo y se hizo entrega de los Informes de Análisis a las autoridades respectivas.

Para el logro de esta participación se ha trabajado con cada comunidad, con el fin de informar el propósito, obtener el consentimiento informado de las autoridades y de la población, y lograr la participación voluntaria e informada de las familias de acuerdo al diseño del tipo hogar.

Participación directa, informada y voluntaria, así como transparencia y cumplimiento en la transferencia de información oportuna en acuerdo con las autoridades de la comunidad y con las familias son decisivos para construir una relación entre pares basada en la confianza, lo cual permite la sostenibilidad de una relación de largo alcance y el compromiso con la investigación y sus resultados.

### **Bibliografía**

- ALONSO, A., DALLMEIR, F. y CAMPELL, P. Editores *Urubamba: the Biodiversity of a Peruvian Rainforest*. SI/MAB Series. Smithsonian Institute. Washington, 2001.
- BECHERMAN, S. *La abundancia de proteínas en la Amazonía: una respuesta a Gross / Stephen Beckerman*. En: Amazonía peruana-- Vol. 3, no. 6, marzo 1982 p. 91-126. 1982.
- BODMER, R. E., ALLEN, C. M., PENN, J. W., AQUINO, R., REYES, C. *Evaluating the sustainable Use of Wildlife in the Pacaya-Samiria National Reserve, Perú*. América Verde. Working Paper No. 4. Latin América and Caribbean Region International Program. TNC. 1999.
- CASTRO, E., BORIOS, S. y SUMMERS, P. *La pesca en la cuenca andino-amazónica del río Pachitea*. En Pinedo, D. y C. Soria, Edit. (2008) El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica. IDRC-IBC-Mayor ediciones. Colombia. Pág. 42-68. Versión on line <http://web.idrc.ca/openebooks/420-8/>, acceso el 27/09/12. 2008.
- SMITH, C., PINEDO, R. y PINEDO, D. *El cuidado de los bienes comunes. Gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía*. IEP. IBC. Lima, 2002.
- CHICCHÓN, A. *El uso de la fauna en la Amazonía: Los límites de la sostenibilidad*. En: Dancourt, O; E. Mayer; C. Monge (Editores), Perú: problema agrario en debate V. Tercera Parte: Recursos naturales, medio ambiente, tecnología y desarrollo. 1994. Pág 699-724.
- GADE, D. W. *Animal : man relationships of neotropical vertebrate fauna in Amazonia*. En: National Geographic Society: research reports -- New York: National Geographic Society., 1997. p. 321-326.
- GIDDENS, A. *Constitución de la sociedad. Bases para la teoría de la estructuración*. Amorrortur editores. Bs. As. Argentina, 1995.
- GROSS, D. R. *Consumo proteínico y desarrollo cultural en la cuenca amazónica* En: Amazonía peruana-- Vol. 3, no. 6 (Mar. 1982), 1982. p. 59-90.
- JOHNSON, A. W. *Families of the forest: the Matsigenka Indians of the Peruvian Amazon / Berkeley*: University of California Press, 2003.
- JOHNSON, A. W. *Machiguenga gardens. En: Adaptive responses of native Amazonians / Raymond Hames and William Vickers - New York: Academic Press, 1983. 29-63. American Ethnologist - Vol.2, 1975.*
- JOHNSON, A. W. y BEHRENS, C. A. *Nutritional criteria in machiguenga food production decisions: A linear-programming analysis*. En Human Ecology. Volume 10, No. 2 , Plenum Publishing Corporation, 1982. p.167- 189.
- JORGENSON, J. P. *Cambios en los patrones de la cacería de subsistencia a través de mejoramientos socio-económicos: el ejemplo de los cazadores maya en México*. En Fang, T.G; R.E. Bodmer; R. Aquino; M.H. Valqui (editores) Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía. UNAP, University of Florida, UNDP/GEF; Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia, 1997.
- MAZUREK, H. *Espacio y territorio. Instrumentos metodológicos de investigación social*. U-PIEB Universidad para la Investigación Estratégica en Bolivia. La Paz, 2006.
- MORA B., C. *Pueblos Indígenas y Manejo de Recursos Naturales. Una aproximación bibliográfica*. Conservación Internacional. Perú, 1994.

<sup>17</sup> Durante la Prueba Piloto (Rodríguez Achung, M. y D. Shoobridge, 2006) se observó que inicialmente las personas participantes dedicaban tiempo y esfuerzo adicional a sus actividades de caza, pesca y recolección y pensaban que el sobrerregistro de ejemplares obtenidos era lo que se esperaba para considerar que su trabajo en la investigación estaba bien realizada.

National Environment Secretariat; Egerton University; Clark University and center for International Development and Environment of the World Resources Institute. *Participatory Rural Appraisal Handbook. Natural Resources Management Support*. Series-No. 1. Washington, DC. EE.UU., 1991.

PACHECO, V. y AMANZO J. *Análisis de datos de cacería en las Comunidades Nativas de Pikiniki y Nuevo Belén, río alto Purús*. En Alto Purús, Biodiversidad, conservación y manejo. Renata Leite Pitman, Nigel Pitman y Patricia Álvarez (editores) Center for Tropical Conservation. Nicholas School of the Environment. Duke University, 2003.

PINEDO, D. *La orfandad de los peces; uso consuetudinario de los recursos pesqueros en la cuenca del río Pichis, Perú*. En Pinedo, Danny y Carlos Soria, Edit. 2008. El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica. IDRC-IBC-Mayor ediciones. Colombia. Pág. 68-114. Versión en línea <http://web.idrc.ca/openebooks/420-8/>, acceso el 27/09/12. 2008.

PINEDO, D. y SORIA, C. Edit. *El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica*. IDRC-IBC-Mayor ediciones. Colombia. Versión en línea <http://web.idrc.ca/openebooks/420-8/>, acceso el 27/09/12. 2008.

REDFORD, K. H. y ROBINSON, J. G. *The Game of Choice: Patterns of Indian and Colonist Hunting in the Neotropics*. American Anthropologist, New Series, Vol. 89, No. 3 (Sep., 1987), pp. 650-667. Published by: Blackwell Publishing on behalf of the American Anthropological Association Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/678057>. 1987.

RENARD-CASEVITZ, F.M. *Les hommes vêtus: travaux sur l'ensemble campa de l'Amazonie péruvienne à partir de sa composante matsiguenga*. Pie de Imprenta: Paris, 1995, 728 p. il. Mapa. 1995.

RENARD-CASEVITZ, F.M. y DOLLFUS, O. *Geografía de algunos mitos y creencias: espacios simbólicos y realidades geográficas de los machiguenga del Alto-Urubamba*. En Amazonía peruana- Vol. 8, no. 16 (Dic. 1988), 1988. p. 7-40.

RODRÍGUEZ ACHUNG, M. *Acción social, dimensión espacial, género y medio ambiente*. En: Mejía Julio (Editor) Sociedad, cultura y cambio en América Latina. Año 2009, Editorial Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, 2009. Páginas 167-186.

RODRÍGUEZ ACHUNG, M. *¿El medioambiente es una construcción social? Ponencia presentada en Chaire Quetelet 2000 "Population et développement II. Le développement peut-il être humain et durable"*. SPED, DEMO, DVLP. Louvaine la Neuve, noviembre. Bélgica, 2000.

RODRÍGUEZ ACHUNG, M. *Diferencias de género en el acceso a la biodiversidad. Aspectos metodológicos*. Seminario Taller FAO-Ministerio de Agricultura-INEI. Lima, 1997.

RODRÍGUEZ ACHUNG, M. *Recursos Naturales y Acceso Diferencial por género en ecosistemas inundables*. En: Velázquez Margarita (Coordinadora) Género y Ambiente de Latinoamérica. p. 401-427. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias CRIM-UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuernavaca, México, 1996.

ROSENGREN, DAN. *Concepciones de trabajo y relaciones sociales en el uso de la tierra entre los machiguenga del Alto Urubamba*. En: Amazonía peruana-- Vol. 8, no. 14 (May. 1987) p. 39-59 Rojas, Zolezzi, Enrique (1994) Loa Ashaninka, un pueblo tras el bosque. Fondo Editorial PUCP, 1987.

SALDAÑA R. J., ROJAS B., T. *Consumo de carne de monte y su importancia en la alimentación del poblador de Jenaro herrera, Loreto-Perú*. En; Memorias: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica, 2004.

SILLERO, Z., C., ALBRECHTSEN, L., FERRETTI, V., MARINO, J., PACKER, M.J., PALMADA, F.M., RODRÍGUEZ ACHUNG, M. y SOAVE, G.E. *Monitoring Biodiversity in Camisea: Scoping Study Report. Environmental Resources Management*. Argentina, Bs. As., Argentina. 497pp. Versiones en castellano e inglés en soporte digital y escrito, y en la web <http://www.camisea.com.pe>, 2002.

SILLERO, Z. C., ALBRECHTSEN, L., FERRETTI, V., MARINO, J., PALMADA, F., PACKER, M.J., RODRÍGUEZ ACHUNG, M. y SOAVE, G.E. *Diseño de un Programa de Monitoreo de Biodiversidad en Camisea*. Lima. Perú, 2002. 364 pág.

SORIA, C., RODRÍGUEZ, V. *"El marco legal formal y consuetudinario de la pesca de subsistencia en el río Pichis, Perú"* Pinedo, Danny y Carlos Soria, Edit. (2008) El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica. IDRC-IBC-Mayor ediciones. Colombia. Pág. 114-154. Version on line <http://web.idrc.ca/openebooks/420-8/>, acceso el 27/09/12. 2008.

Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro Tempore. *Proposal of Criteria and Indicators for Sustainability of the Amazon Forest*. Publication SPT-TCA/No29. Lima, Perú, 1995.

TOWNSEND, W. R. *Nyao itó: Caza y Pesca de los Sirionó*. Instituto de Ecología. Universidad Mayor de San Andrés. FUND-Eco. Bolivia, 1996.

## 12. COMUNICACIÓN

### Metodologías para difundir, integrar y posicionar el PMB en la empresa sponsor, en el equipo y en la comunidad

Marcelo Daniel Cubellun<sup>1</sup>, Vanina Ferretti<sup>2</sup> y Nancy Bouzas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Comunicación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad  
comunicación@pmbcamisea.com

<sup>2</sup> Departamento de Comunicación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad  
comunicación@pmbcamisea.com

<sup>3</sup> Departamento de Comunicación del Programa de Monitoreo de la Biodiversidad

El Programa de Monitoreo de la Biodiversidad de Camisea (PMB) constituye un ejemplo casi único de la interacción entre los conocimientos científicos y la aplicación de los mismos en la operatoria cotidiana y/o excepcional de las empresa patrocinadora (*Sponsor*).

De este modo, el Programa constituye un excelente ejemplo del concepto de “ciencia aplicada”.

La aplicación de la ciencia ha tenido 2 grandes vertientes a lo largo de la historia:

- Crear productos (objetos, funciones, utilidades) extraídos de parámetros o conocimientos científicos para la cotidianeidad de las personas.
- Comunicar resultados científicos obtenidos de modo tal de poder generar conductas que permitan hacer más eficiente, más segura o incluso posible determinada acción humana.

EL PMB se inscribe, prevalentemente, en esta segunda variante desde su concepción y filosofía de inicio.

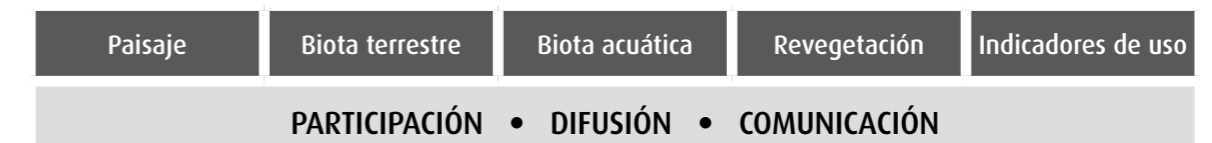
Concebido como un sistema de monitoreo, evaluación y alerta temprana de las posibles alteraciones producidas por el Proyecto Camisea (PC) en la biodiversidad, se entendió a la Comunicación como un componente transversal que

conjuga avances y descubrimientos científicos del resto de los componentes del Programa (paisaje, biota terrestre, biota acuática y, posteriormente, acceso y uso de recursos por parte de las comunidades nativas - CCNN) para producir acciones discursivas válidas y justificadas (recomendaciones) para cada uno de los grupos interesados (*stakeholders*) en el proceso.

El siguiente esquema muestra esta conceptualización.

En este esquema:

**Participación** hace referencia a la incorporación de los actores locales como sujetos activos en el proceso de monitoreo. Los pobladores de las CCNN de la zona integran los equipos de investigación como co-investigadores desde el inicio del PMB. Su participación en el Programa permite el rescate de conocimientos ancestrales y posibilita la trascendencia de sus capacidades hacia los ámbitos externos de la comunidad, generándose un intercambio de conocimiento y experiencias muy productivos. El proceso se formaliza no solo en las instancias de campaña, sino a partir de su participación como coautores de las publicaciones generadas desde el PMB.





**Difusión** alude a las acciones emitidas desde el Programa que reflejan el estado de las investigaciones y aportan información para los grupos interesados.

**Comunicación** define al sistema bidireccional de emisión de contenidos, su validación y puesta en función por los grupos interesados.

Los hitos comunicacionales de los primeros años del Programa pueden resumirse en el siguiente cuadro:

EVENTO	FECHA	TIPO DE ACTIVIDAD	PÚBLICO OBJETIVO
<b>Consulta externa</b>	2003	Proceso de consulta. Reunión informativa abierta a la sociedad	Sociedad Civil Peruana, ONG's y organismos de financiamiento, entre otros.
<b>Reuniones informativas (4)</b>	2006 - 2007 - 2008 y 2011	Talleres informativos sobre las tareas y resultados del PMB	Sociedad Civil Peruana, ONG's y organismos de financiamiento, entre otros.
<b>Presentación PMB (2)</b>	2006 y 2013	Presentación oral PMB	BID y ONGs. Washington DC, EEUU
<b>Informes anuales (8 informes)</b>	2005 - 2012	Informe de tareas correspondientes a los resultados analizados y obtenidos por el PMB en el marco de las campañas de monitoreo	Sponsors y público en general (a través de la pág. web)
<b>Pág. web</b>	On line desde el 2007	Difusión masiva del PMB. Resultados, publicaciones e imágenes del área de estudio y del trabajo realizado.	Toda la comunidad

\* Los informes anuales del PMB están disponibles en la página web del programa: [www.pmbcamisea.com](http://www.pmbcamisea.com)

Como es claramente observable y lógico por la esencia del PMB, para el que en un primera etapa el esfuerzo estuvo centrado en adquirir información de una región prácticamente inexplorada y luego pasar a evaluar las modificaciones y cambios ocurridos en el área, en los primeros años, se puso el eje en dos tipos de actividades comunicacionales:

- Difusión
- Cumplimiento de compromisos contraídos por la empresa *Sponsor* respecto de la conservación de la biodiversidad en el área de sus operaciones.

Las actividades de difusión se centraron en la trasmisión de las características del Programa, las técnicas y esfuerzos de muestreo, la conformación del equipo de trabajo (tanto científicos como miembros de las CCNN), los primeros da-

tos recogidos y la información sobre la caracterización de los componentes evaluados hacia un público heterogéneo, generalmente interesado directamente en el proceso de monitoreo. Las herramientas prevalentes de este objetivo fueron los *Informes Anuales*, que pueden consultarse en la página web del Programa en [www.pmbcamisea.com](http://www.pmbcamisea.com), y la citada *página web*, que facilitó el acceso público de la información generada, según lo concebido por el Programa. Las actividades relacionadas con el cumpli-

miento de compromisos se llevaron a cabo fundamentalmente a través de los denominados *Talleres Anuales*, cuyas relatorías se encuentran en la página web ya citada. Estos estuvieron dirigidos a la Sociedad Civil Peruana en general y contaron con la presencia de representantes del Gobierno, de las CCNN, de Organismos Crediticios Internacionales, Instituciones Académicas, ONG y Científicos destacados del Perú y del extranjero, quienes, en un marco de intercambio, interés, respeto y duda acerca de un programa nuevo sentaron las bases de un proceso de Comunicación de doble vía para ajustar conceptos, minimizar desvíos y aquilatar el PMB a nivel nacional e internacional. Esta primera etapa permitió que el Programa fuera conocido en forma general en ámbitos específicos (académicos, ONG, organismos de Gobierno y en la empresa *Sponsor*) a través

de numerosos datos, estadísticas y referencias científicas. La imposibilidad de marcar una tendencia firme y la profusión de variables a considerar morigeraron las posibilidades de generar recomendaciones sistematizadas. Los planes de acción instrumentados por la empresa *Sponsor* a partir de algunas observaciones fueron útiles y provechosas a vista actual, aunque carecieron de la completa integración operativa y comunicacional necesarias.

El PMB fue reconocido por su rigor científico. Esto, como se dijo, era lógico y hasta buscado en un inicio. Se debía generar una base de conocimientos sólidos, así como poner a punto el sistema de monitoreo, antes de extraer conclusiones. Pero con el tiempo (alrededor del año 2008), esta lógica resultó acotada respecto de las necesidades del propio Programa y de los grupos interesados. No bastaba con transmitir datos o emitir algunas recomendaciones. El PMB evolucionaba pero la Sociedad requería información y sobre todo, la empresa que financia el PMB necesitaba integrar acciones y dar a conocer y promover la participación de su propio personal al Programa.

El manejo adaptativo que tantas veces propugnara el PMB en sus presentaciones no era una palabra vacía. La modificación de pautas de gestión y la preponderancia de determinadas acciones por sobre otras, en determinados momentos, atentas al entendimiento de los requerimientos del propio programa y de los *stakeholders* promovió la necesidad de generar un espacio distinto para instrumentar el proceso de comunicación del PMB. Se debieron reorganizar recursos financieros y humanos, tiempo y esfuerzos del Programa para construir, desarrollar e instrumentar una estrategia comunicacional que permitiera lograr objetivos acordes con las necesidades del momento.

A mediados del año 2008 la necesidad de sistematizar la información, reordenar los discursos y dirigirlos a grupos específicos determinó la conveniencia de generar dos planes denominados Plan de Comunicación Interna (PCI) y Plan de Comunicación Externa (PCE).

**Planes de Comunicación del PMB**

Una vez más, el PMB se alejó de los métodos clásicos de resolución de problemas.

Habría sido previsible el contratar a un especialista en comunicación que, desde un punto de vista técnico, formalizara el discurso de acuerdo con la población-objetivo y facilitara los

medios para impactar a la audiencia. Sin embargo, el Programa vio la posibilidad de crear un Grupo de Comunicación "bilingüe" formado no solo por especialistas en comunicación sino por biólogos que hasta ese momento estaban en el núcleo científico central del PMB. Esto requirió de inmersiones conceptuales de ambos lados.

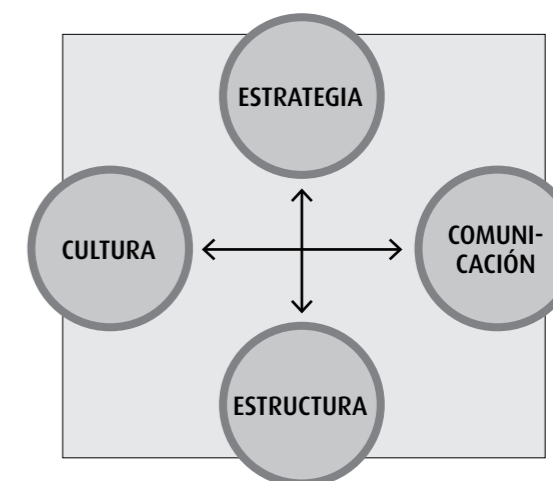
Los comunicadores debieron "aprender" el episteme, el modo de acercarse y comprender la realidad, y su consecuente respuesta, de los "científicos" del Programa. Los científicos debieron entender la lógica, las necesidades, las urgencias y la modalidad asertiva de respuesta para los públicos-objetivo.

Se generó una corriente de aprendizaje no exenta de dudas, vaivenes y discusiones que no hicieron otra cosa que replicar en el "adentro" aquello que el Programa veía en el "afuera".

"¿Para qué saber si no lo mostramos?" "¿Hay conocimiento si no hay trasmisión?" (Viejo ejemplo sobre si el árbol caído en un bosque sin presencia humana produce ruido) ¿Estamos comunicando si el receptor no lo comprende?" (Basado en el axioma comunicacional clásico en donde Comunicación es Acción).

El invaluable apoyo de la empresa que financia el PMB en los tramos iniciales de esta estrategia, quienes aventaron los temores de los científicos y resaltaron la necesidad de conocimiento, comunicación y participación de su gente, permitieron así que se vieran los primeros resultados satisfactorios y el Grupo de Comunicación se consolidara.

El modelo teórico comunicacional en que se basó el Grupo de Comunicación fue el que se muestra a continuación:



Donde: **Estrategia** se define como a aquellas acciones que buscan ser un "puente entre la empresa

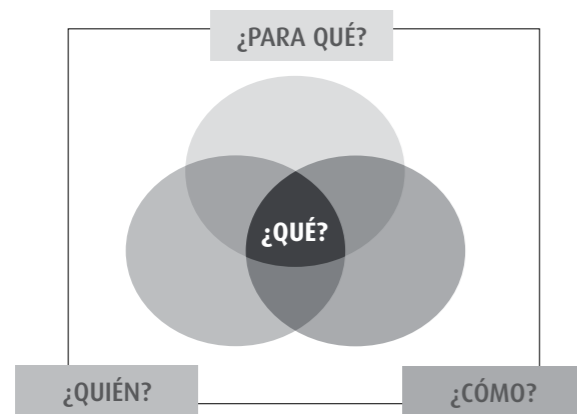
y el mercado” -al decir de Ansoff en los años 50-, en este caso, el Programa y los públicos-objetivo.

**Estructura** es la red de articulación técnica, humana, logística, administrativa y organizativa que sostiene y permite hacer progresar la estrategia de quien depende y está supeditada a ella.

Este primer eje, orgánico “hard” para algunos autores, presupone la concurrencia de factores objetivos y medibles integrados y coordinados. Sin embargo la necesaria interacción del segundo eje permite una dinámica que hace posible y real cualquier acción humana.

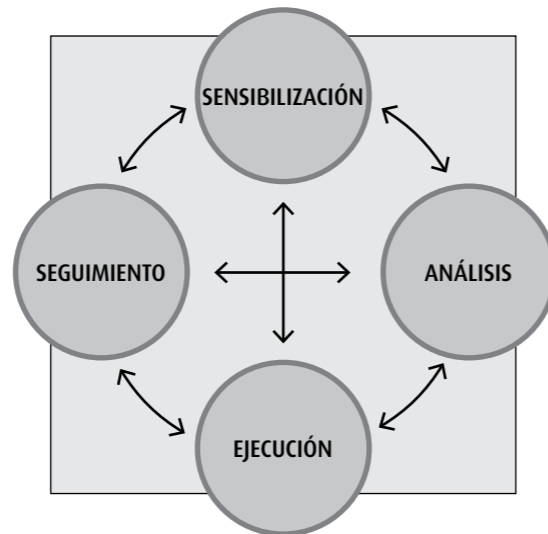
**Cultura** es entendida como el conjunto de creencias y valores que regulan el clima y el lenguaje de un grupo u organización, cimentando una serie de constantes conductuales que la caracterizan, la diferencian y le permiten construir su identidad y su imagen.

**Comunicación**, entonces, queda como eje y consecuencia de estas interacciones respondiendo fehacientemente a las 4 preguntas lógicas de la Gestión de la Comunicación.



La primera aproximación para ambos planes fue esquematizada en 4 grandes etapas sucesivas e interdependientes con ajustes periódicos y recíprocos de la modalidad de trabajo

- **Sensibilización** de las poblaciones objetivo, diferenciadas por su estructura jerárquica y funcional, roles y participación en el Programa (PCI), y por su categoría organizativa e intereses (PCE).
- **Análisis** de los valores, modelos, necesidades y dificultades de la población objetivo.
- **Ejecución** de las estrategias tendientes a la generación de contenidos, creación de sinergias y a la resolución de conflictos.
- **Seguimiento, Medición y Ajuste** de las acciones propuestas.



#### Plan de Comunicación Interno (PCI)

El análisis de ese momento -reiteramos, mediados de 2008- permitió entender que el mayor de los esfuerzos iniciales debía ser aplicado al PCI con la idea rectora de consolidar el posicionamiento del PMB dentro de las empresas Sponsor, reforzando una de las principales características del Programa: ser independientes pero no ajenos a la Organización.

Se transcribe la propuesta que se formalizara en aquel momento

“Una empresa está constituida por un conjunto de personas con sus modelos conceptuales, lógicas del logro de objetivos e intereses propios, que, actuando sinérgicamente, alcanzan los resultados esperables para sí mismos y para el conjunto.

Sin embargo, muchas veces, este círculo virtuoso se quiebra por la multivocidad circundante que impide la consolidación de determinadas acciones y dificulta el compromiso general.

El Programa de Monitoreo de la Biodiversidad (PMB) es un Programa técnicamente consolidado, con tres años de implementación. Por su envergadura, su esquema de organización y su funcionamiento, supone una serie de situaciones similares a las que ocurren en una empresa.

En este sentido, y habiendo transcurrido este primer trienio, el PMB requiere del aporte de elementos comunicacionales dinámicos para optimizar su posicionamiento interno y consolidar su reputación, de manera de potenciar los beneficios para la empresa que sponsorea el Programa y mejorar la efectividad de la performance del mismo PMB a partir de la incorporación de la información que recaba en la toma de decisiones.

Es menester, por lo tanto, traspasar las barreras conceptuales de cada área dentro de la empresa, trabajar sobre el sistema de comunicación entre quienes desarrollan el PMB y el Sponsor. Para lograrlo es necesario construir una estrategia que entienda, aprehenda y componga los discursos y los intereses de todos los involucrados, permitiendo la generación de planes a corto y mediano plazo con acciones definidas, específicas y concretas focalizadas en la customización de informes técnicos, aporte de material de trabajo sobre las acciones del PMB, y creación de facilitadores para su comprensión”.

Nos parece útil transcribirla ya que permite colegir el espíritu con el que se construyó el PCI. El PCI presentó las siguientes características:

1. Integrado al PCE como un plan comunicacional único, separado por cuestiones instrumentales. Coordina el doble foco hacia la Empresa Sponsor y hacia la gestión reputacional del Programa.
2. Establece la doble vía de la comunicación. Los resultados de las acciones derivadas de las recomendaciones (objetivo principal del Programa) permiten mejorar la efectividad de las mismas.
3. Se aleja de la premura de la respuesta inmediata y establece plazos sistematizados y proactivos para la gestión de la comunicación.
4. Propone un manejo diferencial de los contenidos a comunicar centrados en los requerimientos, necesidades y recomendaciones posibles de acuerdo con el área funcional de la Empresa Sponsor y del nivel jerárquico de los

participantes de cada reunión.

5. Entiende la necesidad y sobre todo la posibilidad de desarrollar personal de la propia Empresa Sponsor (hombres claves de áreas claves) que actúen como promotores internos del PMB.

La Secuencia Metodológica inicial fue la siguiente

#### Sensibilización y análisis

- Entrevistas con Áreas Clave
- Entrevistas con Hombres Clave
- Observaciones de Campo

#### Ejecución

- Elaboración de Informes *ad hoc* en conjunto con las distintas áreas de la empresa
  - Elaboración de Material de Apoyo
  - Sistematización de Acciones Propias
  - Sistematización de Acciones Conjuntas
  - Elaboración de Documentos Externos
- #### Seguimiento, medición y ajuste
- Entrevistas con Áreas Estratégicas
  - Entrevistas con Usuarios Principales
  - Medición de Resultados
  - Seguimiento
  - Conclusiones y Recomendaciones

La Sensibilización y Análisis se organizó, entonces, considerando dos ejes principales: Áreas clave y Hombres clave:

• **Áreas Clave:** Se definieron como claves a aquellas áreas que por su cercanía operativa o conceptual con el PMB requerían de un contacto directo. Vale como ejemplo las de Geotécnica o EHS.

• **Hombres Clave:** Se definieron como hombres clave a aquellos que por características funcionales o personales debían ser involucrados en el proceso de Comunicación Interna del PMB dentro de la Empresa Sponsor.

Estos hombres clave fueron agrupados, prevalentemente, en 2 grandes categorías

- Directores, Gerentes Corporativos y Gerentes con poder de decisión y competencias para diseñar acciones (*a este grupo particular se lo denominó Mesa Chica*)
- Gerentes Corporativos y Gerentes con competencias para diseñar, adaptar a las necesidades e implementar acciones (*este grupo recibió el nombre de Mesa Grande*)

Cada grupo de acciones tenía objetivos específicos, los cuales se resumen a continuación:

- Fortalecer los vínculos estratégicos del PMB

con las diferentes áreas de trabajo.

- Refinar el sistema de comunicación de información para facilitar el traslado a la acción de las recomendaciones emitidas por el PMB.
- Promover la participación de los colaboradores de la empresa en las actividades requeridas hacia el entorno.
- Reforzar la asociación del PMB con la política corporativa y local de la empresa *Sponsor* y su política de posicionamiento externo.
- Mejorar los nexos con el Sistema de Gestión.
- Afianzar la cooperación y el compromiso a partir de la incorporación cotidiana del PMB en las actividades de los distintos sectores de la empresa y del entorno.

**Dispositivos Comunicacionales**

Los dispositivos comunicacionales constituyeron una importante herramienta que se incorporó a mediados del 2009 para profundizar la internalización del PMB en la empresa *Sponsor*. Se planificaron e implementaron una serie de dispositivos comunicacionales que respondieron a la siguiente estructuración teórica.

Nuevamente, se transcribe aquí la propuesta para extraer algunas conclusiones o reforzar algunos puntos.

*“...La comunicación es un proceso de doble vía que implica no sólo el flujo de información, sino también el de conocimientos, percepciones, emociones y valores entre los involucrados. El Plan de Comunicación debe considerar estas características, fomentando la fluidez y generando nuevas vías para lograrla.*

*La serie de “dispositivos comunicacionales integrados” fue pensada bajo este criterio y sigue una lógica de acción progresiva y escalonada, con ajustes periódicos, de acuerdo con la respuesta de los públicos objetivo y de las percepciones y las necesidades por parte de la Empresa *Sponsor*.*

*Los productos de difusión gráfica tendrán el propósito de sensibilizar y crear pertenencia de la población-objetivo (surgida de las distintas instancias de reunión mantenidas con los grupos clave), sin desmedro de la independencia científica y técnica que el PMB supone...*

*...El desarrollo de los productos de difusión fue pensado para el período anual diciembre 2009 - diciembre de 2010. La implementación de dichos productos se encuentra planificada*

*de forma tal que pueda ir incorporándose a las distintas poblaciones objetivos (establecidas por áreas, nivel jerárquico, etc.), ya sea en Lima o en las locaciones de las Empresas *Sponsor*. La pertinencia, permanencia o modificación de los productos debe ser chequeada y validada con la respuesta de las distintas poblaciones-objetivo.*

*El diseño de cada producto estará acorde con los ejes de trabajo prioritario (sensibilizar y crear pertenencia), las áreas clave dentro de la empresa y el nivel jerárquico al que se pretende llegar. Esto determinará el tipo de producto y su ubicación...”*

En razón de lo anterior, los dispositivos comunicacionales:

1. Profundizan los aspectos subjetivos del proceso de comunicación, promoviendo mayor facilidad para comprender los contenidos racionales y objetivos.
2. Sostienen el concepto de manejo adaptativo presente en el PMB que se retroalimenta de las respuestas de sus acciones y ajusta las siguientes.
3. Generan acciones consensuadas con los grupos clave acerca de la pertinencia y las posibilidades de implementación de cada dispositivo.

Se listan algunos de los dispositivos más importantes que han sido implementados de manera exitosa:



DISPOSITIVO	TIPO	POBLACIÓN	OBJETIVO
Folletos	Gráfico	Total. Visitantes	Sensibilización
Omnibus	Impreso	Total. Visitantes	Sensibilización
Carteles	Gráfico	Locaciones. Visitantes	Sensibilización
Video	Multimedial	Personal. Inducción	Sensibilización. Pertenencia
Carteles	Gráfico	Mesa chica y grande	Sensibilización. Pertenencia
Posters	Gráfico	Locaciones. Visitantes	Sensibilización. Pertenencia
Objetos	Físico	Mesa chica y grande	Sensibilización. Pertenencia
Página Web	Multimedial	Total. Visitantes. Externos	Sensibilización. Pertenencia

La principal dificultad para la instrumentación de esta propuesta, ambiciosa y de fuerte impacto, fue la reducida interacción inicial del PCI con los responsables de Relaciones Humanas (RRHH) y de Comunicación de la empresa que financia el PMB

Resuelto este inconveniente y pudiendo entender los reparos, resistencias e incluso modalidades diferenciales de comunicación de la empresa *Sponsor*, los dispositivos, adaptados y repensados, pudieron ser puestos en función.

Ya entrado el año 2009 y como resultado del análisis efectuado tras las primeras reuniones diagnósticas, el Grupo de Comunicación entendió que la población-objetivo del PCI debía abarcar un mayor rango. No bastaba con transmitir información, resultados o incluso recomendaciones; era necesario realizar una modificación discursiva de todos los involucrados en el PMB.

Así, se definieron las 4 poblaciones actuales con las que el PCI sigue interactuando de manera plena, consolidando un modelo discursivo en común pero respetando sus raíces teóricas y metodológicas, y sus modalidades de trabajo.

Como se puede observar, además de la empresa *Sponsor*, se integraron

- La denominada *Dirección del PMB*, que inclu-

ye al Administrador, el nivel de Coordinadores (General y Científico), el Comité Científico y el Grupo de Comunicación.

- El *Operador*, que involucra a la empresa encargada de la logística de campo, la contratación del personal técnico y científico.
- El *Equipo Técnico*, formado por los Coordinadores de Grupos (Componentes), los científicos y técnicos de los mismos.

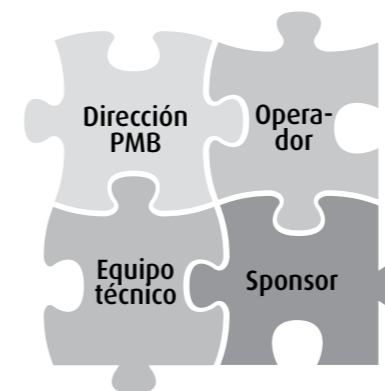
El principal desafío de los años subsiguientes fue el de cimentar y poner en práctica aquello que estaba en el espíritu inicial del PMB: que todos los involucrados en el Programa aportaran su conocimiento y su capacidad operativa para hacer posible las actividades del *Sponsor* con un cuidado y atención adecuados de la Biodiversidad del área del Proyecto Camisea.

Para ello fue necesario trabajar en forma simultánea con todas las poblaciones-objetivo actuando de nexo entre las partes con necesidades, metodologías, urgencias y modo de resolución de conflictos aparentemente distintos.

El siguiente esquema señala las principales acciones previstas al inicio de esta etapa.

A partir de ese momento se han realizado

Entrevistas	Semidirigidas. De objetivo específico.
Talleres	Creación de micromundos a partir de: • Juegos y ejercicios grupales • Realización de tareas ad hoc • Creación de códigos comunes
Elaboraciones	Confección de documentos comunes • Discusión crítica de materiales
Mediciones	Adaptación a las necesidades de indicadores de: • Eficiencia de las actividades • Traslado a la tarea de lo trabajado



aproximadamente 158 encuentros que se detallan a continuación en la siguiente tabla.

POBLACIÓN	MODALIDAD DE TRABAJO	Nº DE ENCUENTROS
Grupo Director Operador	Reuniones	60
	Talleres	4
Equipo Técnico	Otros	10
Sponsors	Reuniones	64
	Talleres	10
	Otros (Capacitaciones, etc.)	10

Como puede notarse, el Grupo de Comunicación basó gran parte de la instrumentación de su estrategia con el Grupo Director, Operador y el Equipo Técnico en reuniones presenciales con objetivos específicos, en donde la interacción, el conocimiento y la posterior pertenencia fueron los pasos a lograr.

Sin embargo se destacan dos acciones que involucran e integran estas tres Poblaciones-objetivo y que por su simplicidad y resultados refuerzan el andamiaje teórico establecido.

• **Boletín Informativo:** con una frecuencia mensual, y diseñado como un cuadro de doble entrada, informa acerca de aspectos estratégicos, científico-técnicos, logísticos, comunicacionales internos y comunicacionales externos realizados por los distintos grupos del PMB durante el mes anterior a su difusión y sobre los programados.

De este modo todos los integrantes del Programa tienen un conocimiento general y global de las acciones del resto de los participantes y de los aspectos relevantes de funcionamiento del PMB.

Es notable, asimismo, el interés que despertó este material, lo que se hizo patente en las preguntas, dudas, aportes y solicitud de ampliación de algunos aspectos por parte de los integrantes del Programa.



• **Talleres Internos:** con frecuencia semestral y que desarrollan actividades plenarias, reuniones por grupos de trabajo, temas de actualización, análisis de documentos ad hoc, ajuste y discusión de aspectos teóricos. Estos son una muy provechosa fuente de intercambio entre los componentes (que han dado origen a numerosos *papers* entre áreas), de conocimiento más profundo de aspectos generales, estratégicos y administrativos del Programa, además de una ocasión formal de fomentar la pertenencia al Programa por parte de científicos, técnicos y personal de campo. Los talleres de inicio permiten ajustar el Plan Anual del PMB, en tanto que los de fin de año facilitan la evaluación de lo actuado y la planificación del año entrante.

**Plan de Comunicación Externa (PCE)**

Surgido, como el PCI, de la necesidad de formalizar y sistematizar acciones que se desarrollaban desde el inicio del PMB, el PCE se encontró con una dificultad inicial debido a las características propias del Programa.

Se debía diferenciar la Comunicación Externa del PMB de la comunicación externa (institucional) de la empresa *Sponsor*. Al PMB no le corresponde comunicar las acciones de Gestión Ambiental de la empresa *Sponsor*, como a ellas no les compete la injerencia en la elaboración de contenidos y modalidades de comunicación del Programa, pese a que contribuyen a su financiación e instrumentación.

Esta situación fue claramente comprendida por las empresas y el Grupo Director del PMB y desde el inicio del Plan, a mediados de 2011, se llevan a cabo reuniones de trabajo que continúan en forma ininterrumpida para delimitar acciones y fortificar la transparencia del proceso de Comunicación.

Conocido y elaborado este punto, y habida cuenta de la información generada por el PMB a lo largo de su existencia, además de estar en condiciones técnicas y científicas de extraer conclusiones significativas en varios de los componentes estudiados (y en las relaciones entre estos), el Programa enfocó sus esfuerzos, desde el punto de vista comunicacional, en posicionarse como un referente válido a nivel nacional e internacional.

Para ello pensó una estrategia de abordaje para los distintos públicos-objetivo del PMB que respondiera a las clásicas preguntas enunciadas anteriormente (¿para qué?, ¿cómo?, ¿qué?, ¿a

quién?). Y precisamente para responder ese “a quién” se elaboró una Matriz de Identificación de *Stakeholders*, quienes fueron caracterizados según su grado de Interés e Influencia en el PMB.

Surgen, de dicha caracterización, cuatro grupos de interés con objetivos específicos aunque complementarios

Con estos grupos se trabaja en:



- Aportar información significativa a la comunidad científica y al público interesado a partir del análisis de los datos recogidos en el PMB con documentos escritos.
- Participar en eventos de jerarquía nacional e

internacional para difundir, debatir, consolidar y validar la información obtenida.

• Satisfacer la difusión global y masiva de la información resultante del PMB, utilizando los medios virtuales disponibles.

• Cumplir con los compromisos contraídos con la Sociedad Civil Peruana (SCP) en las Reuniones Informativas del PMB.

A partir de este Plan se han producido los siguientes eventos.

Es precisamente en la página web del Programa en donde se pueden visualizar los trabajos más significativos y progresar en el conocimiento y compartir las impresiones que genera el PMB.

Los Planes de Comunicación representaron un eje indispensable para el adecuado desarrollo del PMB. Como se mencionó, no se puede conservar lo que no se conoce; por este motivo, se espera que el desarrollo de los aspectos metodológicos descritos pueda capitalizarse en otras iniciativas, considerando la relevancia de su ejecución y previendo su estructuración desde el momento de la planificación en proyectos similares.

TIPO DE ACTIVIDAD	CANTIDAD	OBJETIVO	PÚBLICO-OBJETIVO
Presentaciones en Congresos y Ferias ambientales	32	Difusión de los datos obtenidos por el PMB	Ámbito académico, científico
Presentaciones en eventos de la industria del petróleo y gas	4	Presentación del PMB mediante Stands y presentaciones orales	Sector privado
Libros y Guías	7	Divulgación de información	Comunidad científica, académica, sponsors y público en general (a través de la pág. web)
Publicaciones científicas	10	Difusión de los datos obtenidos por el PMB en revistas reconocidas internacionalmente	Ámbito académico, científico
Presentaciones ante Organismos de Gobierno	3	Informar las actividades realizadas y resultados obtenidos en el marco del PMB	Organismos de Gobierno - SERNANP y MIMAN, e instituciones académicas.
Actualización de la Página web	1	Reestructuración y actualización de la página. Difusión masiva del PMB.	Toda la comunidad

\* Los trabajos presentados en congresos, las publicaciones, libros y guías, están disponibles en la pág. web del programa: [www.pmbcamisea.com](http://www.pmbcamisea.com)

AGREGAR PIE DE IMPRENTA



**pmb**

---

PROGRAMA DE  
MONITOREO DE  
BIODIVERSIDAD  
EN CAMISEA