

# Proyecto Inventario Botánico en la Región Madidi

## Antecedentes

Bolivia cubre un área de 1,098,581 km<sup>2</sup> en la región central de América del Sur. Considerada como uno de los países biológicamente más diversos en el mundo, es a la vez uno de los menos explorados. Presenta una oportunidad incomparable y una prioridad urgente para la realización de investigaciones botánicas. La insuficiencia de colecciones botánicas y el manejo inadecuado de la información existente, han dificultado el conocimiento de la flora de Bolivia. De acuerdo a estimaciones realizadas por Killeen *et al.* (2001), en Bolivia se han realizado aproximadamente 15 colecciones por cada 100 km<sup>2</sup>, una cifra significativamente baja comparándola con el umbral sugerido por Campbell (1989), de 100 colectas por cada 100 km<sup>2</sup> necesarias para describir la flora de un país.

Los cambios en el uso de la tierra constituyen una gran amenaza para las grandes áreas de bosque y sabanas relativamente bien conservadas y aun inexploradas en Bolivia. La deforestación, una de las principales amenazas para estos ecosistemas, se ha incrementado por la creciente tasa de migración humana y el desarrollo agropecuario. Las tasas de deforestación en Bolivia han aumentado de 500 km<sup>2</sup>/año (1975–1986) a más de 1,500 km<sup>2</sup>/año (1986–1992) (Steininger *et al.* 2000). La construcción de carreteras, la exploración petrolera, el tendido de tuberías de gas y los proyectos hidroeléctricos abren áreas propicias para la colonización. Muchos de estos proyectos son planificados en regiones biológicamente diversas e impactan muchos parques nacionales y áreas protegidas.

En la última década, se han creado más de 15 parques y reservas nacionales en Bolivia. Pese a toda la problemática existente con las áreas protegidas, este sistema cubre las principales regiones biogeográficas del país. Sin embargo, la mayoría de las áreas protegidas de Bolivia carece de información real. Los directores de estas áreas protegidas responden a las amenazas y consolidan oportunidades sin una idea real de la biodiversidad y los procesos ecológicos que se alteran en *pro* de la conservación. Las áreas protegidas constituyen el centro de acción e interés para la mayoría de los programas de conservación y representan las únicas áreas estables para la investigación a largo plazo. Por consiguiente, la inversión en un inventario de la biodiversidad debe ser prioritario particularmente en las áreas protegidas consideradas biológicamente más diversas, donde este tipo de información permita fortalecer la protección y dirección de estas.

En este sentido tomamos la iniciativa de dirigir un inventario botánico en una de las regiones al noroeste de Bolivia considerada por varios investigadores como uno de los centros de biodiversidad más importantes en el Nuevo Mundo (Dinerstein *et al.* 1995, Davis *et al.* 1997). Combinamos métodos tradicionales para la realización de inventarios florísticos con protocolos standard para la caracterización de la flora y los tipos de vegetación. Las expediciones de campo, la compilación de datos y la interpretación de los resultados se realizan con métodos modernos para el manejo de la información combinándolos con la tecnología de los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La investigación es dirigida en colaboración con el Real Jardín Botánico de Madrid, el Departamento de Botánica Sistemática de la Universidad de Aarhus y las dos instituciones de investigación más prestigiosas en Bolivia: el Herbario Nacional de Bolivia y el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. La investigación incluye un componente de entrenamiento que mejora las capacidades institucionales de ambas instituciones bolivianas.

## Área de estudio

La región de Madidi, llamada así en alusión al área protegida más conocida de la zona, abarca aproximadamente 30.000 km<sup>2</sup> en la parte norte del Departamento de la Paz (provincias Abel Iturralde, Franz Tamayo, Saavedra, Muñecas, Larecaja y Sud Yungas) y oeste del Beni (provincia Ballivián).

En esta región se encuentran tres áreas protegidas: el **Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi** (18,854 km<sup>2</sup>), el **Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba** (4,765 km<sup>2</sup>) y la **Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilon Lajas** (4,027 km<sup>2</sup>), además de Tierras Comunitarias de Origen tituladas y en proceso de titulación reclamadas por pobladores nativos como los Tacanas, Lecos, Chimanos, Mosenes y Araonas. Esta región ha sido identificada a través de varios estudios independientes como uno de los centros más importantes de biodiversidad en el Nuevo Mundo (Dinerstein *et al.* 1995, Davis *et al.* 1997). Los altos niveles de precipitación por zonas, la topografía irregular, la geología compleja y los diferentes tipos de clima presentes han llevado al desarrollo de niveles notablemente altos de riqueza de especies y hábitats, lo que en conjunto ha conducido a estimaciones muy altas de biodiversidad para la región.



A pesar de la existencia de áreas protegidas, la región en su conjunto se ve amenazada por procesos de colonización con poca o ninguna planificación, el desarrollo de una agricultura poco adaptada al medio, el aprovechamiento de hidrocarburos, la construcción de caminos y de una represa hidroeléctrica.

### Biodiversidad



Son pocos los estudios que documentan la riqueza florística de la región. Un total de 204 especies con un DAP 2.5 cm se encontraron en 0.1 ha estudiadas, la medida más alta de diversidad *alfa* conocida para Bolivia (Foster & Gentry 1991, <http://www.wlbcenter.org/>). Varias parcelas de 1 ha han sido instaladas en la región de



Rurrenabaque y en los bosques montanos de la Reserva Pilon Lajas, éstos tienen típicamente valores que van de 100–150 spp./ha (Smith & Killeen 1998, DeWalt *et al.* 1999, <http://www.mobot.org/MOBOT/research/bolivia/pilonarticle/welcome.htm>).

Se estima que la diversidad florística *alfa* del área Manu-Camisea en el Perú oscila entre <100 spp./ha a >250 spp./ha en un bosque inundado (Foster 1990, Alonso *et al.* 1997). Gentry (1988, 1992, 1995) demostró que los niveles potenciales de diversidad *alfa* en el sur del Perú y el norte de Bolivia son muy altos, con los niveles más altos de diversidad asociados con bosques maduros de tierras altas situados a 300–1,000 m de elevación.



La diversidad *beta* también es alta en la región del Madidi debido a la variación altitudinal que varía de 200 m en la Pampas del Heath hasta los 6,000 m en la Cordillera de Apolobamba cerca del pueblo de Pelechuco. La precipitación, sombra de lluvia y acumulaciones de nubes originan hábitats sumamente diferentes en las laderas opuestas de los valles. Simultáneamente, la geología varía desde substratos Mesozoicos y Paleozoicos, hasta los sedimentos más recientes del Cuaternario o Terciario. Todos estos factores geomorfológicos y físicos producen uno de los paisajes más diversos en la superficie del planeta. Un mapa de vegetación de la Reserva Pilon Lajas reconoció once formaciones vegetales distintas; sin embargo, la reserva no

incluye las formaciones de piedemonte, los abanicos de río, las llanuras aluviales, las áreas de sabanas inundadas, los bosques secos y las áreas por encima de los 2,000 m de altitud que se encuentran en Madidi.



Las medidas de diversidad *gamma* son consecuentemente altas debido a los altos niveles de diversidad *alfa* y *beta*. Cerca de 1,000 especies fueron observadas o coleccionadas por Foster *et al.* (1991) en aproximadamente un mes de trabajo de campo, mientras un inventario de especímenes basado en un inventario de árboles reportó más de 1,200 especies (Smith & Killeen 1998). Por más de dos décadas se han realizado estudios de biodiversidad en las Reservas de Tambopata y Manú. Foster (1987) compiló una lista de 2,874 especies en los alrededores de Manu, mientras Reynel & Gentry (datos no publicados) produjeron una lista de 1,300 especies para un área de sólo 10,000 ha dentro de la reserva de Tambopata. Recientes trabajos en el campo

gasífero de Camisea (Manu), ha producido una lista preliminar de 1,250 especies (Acevedo *et al.* 1997, Alonso *et al.* 1997, Nuñez *et al.* 1997). Nosotros estimamos que la flora total de la región superará fácilmente las 5,000 especies de plantas vasculares, con más de 800 especies de musgos y hepáticas, y un número aun desconocido de hongos. El grado de endemismos es desconocido, pero por mucho tiempo se ha considerado que los Yungas de Bolivia son un centro de endemismos (Beck *et al.* 1993).

La diversidad de otros taxa apoya la conclusión de que la diversidad de especies de plantas en la región del Madidi es sumamente alta. Se piensa que la diversidad de aves en menos de 100,000 km<sup>2</sup> en el sudoeste de la Amazonía que incluye la región de Madidi, es una de las más altas del continente, con cerca de 10% de endemismos (Parker 1991). Parker (1991) observó 450 especies de aves en un mes de expedición, pero basado en el conocimiento de las distribuciones y registros en áreas adyacentes, él estimó que la región del Madidi es mayor a las 1,000 especies de aves o el 10% de toda la avifauna del mundo. Se han producido estimaciones similares para mamíferos, con más de 140 especies conocidas que ocurren en la reserva de Manu (Voss & Emmons 1996).



## Objetivos del proyecto

Los objetivos del proyecto son:

- Realizar inventarios de plantas vasculares y briofitos en la región de Madidi, para determinar la riqueza de especies, describir nuevos taxones, documentar los patrones de distribución de las especies y contribuir a los estudios biogeográficos y filogenéticos.
- Producir y distribuir publicaciones científicas, listas de especies, claves, catálogos, monografías y bases de datos electrónicas y tradicionales.
- Capacitar personal en investigaciones sistemáticas y biogeográficas, en temas relacionados con evolución y ecología, y la aplicación de datos biológicos a temas de conservación.
- Crear un modelo predictivo de los hábitats principales de la región, tomando en cuenta la estructura de la vegetación, composición florística, topografía, altitud, geología y clima.
- Colaborar con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para ampliar el conocimiento de la diversidad y complejidad biológica, identificar amenazas y contribuir a la conservación y la elaboración de planes de manejo para las áreas protegidas.

## Nuestro plan de trabajo

Combinamos métodos tradicionales para la realización de inventarios florísticos con protocolos standard de inventarios para la caracterización de la flora y los tipos de vegetación. Las expediciones de campo, la colección de datos y la interpretación de los resultados se realizan con métodos modernos para el manejo de la información combinándolos con la tecnología de los Sensores Remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La investigación es dirigida en forma conjunta por el Missouri Botanical Garden (MO), el

Real Jardín Botánico de Madrid (MA), el Departamento de Botánica Sistemática (AU) de la Universidad de Aarhus, y las dos instituciones de investigación más prestigiosas en Bolivia: el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) en La Paz y el Museo de Historia Noel Kempff Mercado Natural en Santa Cruz (USZ). La investigación incluye un componente de entrenamiento que mejorará las capacidades institucionales de ambas instituciones bolivianas.

En síntesis, los tres componentes principales del proyecto son: Inventarios, Uso de Sensores Remotos y Desarrollo de la Capacidad de Investigación.

### *Inventarios*

Trabajamos en un área de aproximadamente 30.000 km<sup>2</sup> y aunque gran parte de ella es de difícil acceso, esperamos cubrir la mayoría de los hábitats y tipos de vegetación presentes. La dificultad de acceso al área de estudio nos obliga a usar una estrategia de estudio a gran escala. Trabajar con muestreos de baja densidad en un área tan grande, es justificable cuando se compara con el nivel extremadamente bajo de actividades científicas previas. El área de estudio cubre las actuales áreas protegidas de Madidi, Apolobamba, Pilon Lajas y sus zonas aledañas de amortiguamiento.

Los inventarios florísticos se realizan en localidades previamente seleccionadas en función a su accesibilidad y a la carencia de estudios, se utilizan protocolos estandarizados de muestreo para asegurar la compatibilidad de nuestros resultados con los de otros estudios. Para el trabajo en bosques se utiliza el método de **Parcelas Permanentes** (1 ha) y **Temporales de Muestreo** (0,1 ha), para el trabajo en sabanas se utiliza la **Línea de Intercepción** y el de los **Relevamientos Fitosociológicos**, y para epífitas se utilizan **Parcelas de Evaluación de Epífitas**.

### *Uso de Sensores Remotos*

Combinando la tecnología de ArcIMS-GIS con bases de datos de plantas e inventarios florísticos georeferenciados, se proyectan los mismos en mapas temáticos esquemáticos (elevación, límites del parque, caminos, áreas pobladas, etc.), y en mapas más sofisticados (vegetación, clima, vientos predominantes, inclinación del terreno, grosor de las nubes, etc.) para visualizarlos y tratar de predecir patrones de diversidad y distribución de las plantas.

### *Desarrollo de la Capacidad de Investigación*

Otro componente muy importante del proyecto es el entrenamiento de botánicos y de estudiantes bolivianos. Las instituciones bolivianas y los investigadores científicos continuarán asumiendo la responsabilidad de realzar la capacidad de investigación en Bolivia con la enseñanza, la dirección y la infraestructura. En los últimos años se ha logrado atraer estudiantes, que se graduaron en forma oportuna, motivándolos a realizar estudios avanzados en el campo de la botánica. Tenemos como objetivo futuro el emprender temas y oportunidades de investigación para estudiantes en todos los niveles. También se ha conseguido la aprobación de los temas de tesis en los Departamentos de Investigación en tres universidades de Bolivia.

## **RESULTADOS**

### *Expediciones*

Durante los años 2002 y 2003 el proyecto realizó 13 expediciones a diferentes localidades de la región de Madidi, estas se seleccionaron dependiendo de factores como accesibilidad, escasez o ausencia de evaluaciones botánicas en el sector, tratando de visitar localidades en diferentes rangos altitudinales, distintos tipos climáticos y tipos de vegetación. A continuación el detalle de las localidades visitadas y los periodos en que se efectuaron las expediciones:

Nº expedición	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Año
1	2	1											2002
2			2	2									
3						2	3						
4							1	3					
5									1	3			
6										2			
7											1	1	
8		3	1										2003
9				2									
10				1	2								
11							1						
12											2		
13												1	
Los números en las columnas de los meses representan el tiempo de trabajo en semanas													

#### Leyenda

1. Río Quendeque, sector sud oeste del PN Madidi.
2. Río Hondo, sector central oeste del ANMI Madidi.
3. Chiriuno, sobre la senda Apolo-San José, sector central ANMI-Madidi.
4. Mamacona, sobre la senda Apolo-San José, sector central ANMI-Madidi.
5. Río Tuichi-Rudidi, sector central ANMI-Madidi.
6. Pampas Apolo 1, al NE de Apolo camino a San José, ANMI Madidi.
7. Pampas Apolo 2, al NE de Apolo camino a San José, ANMI Madidi.
8. Pintata, al NW de Apolo por el camino a Azariamas.
9. Pampas Apolo 3, al NE de Apolo camino a San José de Uchupiamonas, ANMI Madidi.
10. Tambo Quemado, al N de Pelechuco, ANMI Madidi.
11. halalan, al W del río Tuichi, ANMI Madidi.
12. Virgen del Rosario-Pata (ANMI Madidi) - Yuyo (ANMI Apolobamba).
13. Eslabón, al E del río Tuichi, ANMI Madidi.

Mayores detalles sobre las localidades visitadas, colecciones botánicas e inventarios cuantitativos realizados están disponibles en <http://mobot1.mobot.org/website/madidi/viewer.htm>. Las bases de datos completas de los inventarios cuantitativos han sido incluidas en la base de datos de la red de trabajo SALVIAS ([http://www.salvias.net/database\\_info.html](http://www.salvias.net/database_info.html)).

El objetivo de cada expedición fue el de efectuar colecciones botánicas, incluyendo la conservación de tejidos en Silica Gel de especímenes fértiles para estudios filogenéticos, además de la realización de inventarios florísticos cuantitativos ya sea evaluando Parcelas Temporales de muestreo (PTMs) de 0,1 ha o estableciendo Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs) de 1 ha, ambas para vegetación boscosa, y líneas de intercepción de 10 m de longitud para vegetación herbácea y subarborescente.

### *Colecciones botánicas e inventarios florísticos cuantitativos*

El cuadro presenta los resultados globales y por expedición obtenidos durante los años 2002 y 2003

Expedición	Formación vegetal	Altitud m	PPM 1 ha	Indiv. ≥10 cm	PTM 0,1 ha	Indiv. ≥2,5 cm	Lineas interc.>	No. cols.
1. Quendeque	B. amazónico estacional	300–600	0	0	13	2776	0	1379
2. Hondo	B. amazónico estacional, sabanas subandinas	210–1050	1	517	18	3966	0	2057
3. Chiriuno	B. montano pluvial	1700–2400	1	692	12	4747	0	1158
4. Mamacona	B. subandino superior pluvial	1530–1630	1	863	10	3144	0	703
5. Tuichi, Rudidí	B. amazónico estacional (mal drenado)	320–590	1	589	13	2977	0	984
6. Azariamamas	B. subandino seco	810–1010	1	697	13	4862	0	577
7. Tambo Quemado	B. de ceja de monte, páramo yungueño	3220–3510	0	0	10	3571	20	294
8. Chalalan	B. amazónico estacional	400	1	729	0	0	0	126
9. Apolo*	Sabanas subandinas y bosques relictos	1500–2200	0	0	7	3574	70	1307
10. Virgen del Rosario–Pata–Yuyo	B. subandinos pluviales, secos y de Cerrado, sabanas subandinas	920–1970	0	0	12	4007	0	957
11. Eslabón	B. amazónico estacional	310–360	0	0	6	1886	0	300
<b>Totales</b>	<b>11 formaciones</b>	<b>300–3510</b>	<b>6</b>	<b>4087</b>	<b>114</b>	<b>35510</b>	<b>90</b>	<b>9842**</b>
* Engloba los resultados de las 3 expediciones cortas realizadas en meses distintos ** Incluye 366 colecciones de briofitas y 65 colecciones de líquenes								

Las colecciones han documentado la presencia de 588 especies que no eran conocidas anteriormente del Área, 140 especies no reportadas para Bolivia, 10 especies han sido coleccionadas por segunda vez después del tipo y al menos 40 especies nuevas.

Los datos de las evaluaciones y colecciones realizadas durante estos dos años han sido y están siendo utilizados en la elaboración de seis tesis de licenciatura y una de doctorado, de estudiantes bolivianos, y en la redacción de 19 artículos científicos que tratan diferentes temáticas dentro del campo de la florística, sistemática, ecología y etnobotánica.

---

Gran parte de las evaluaciones realizadas son prácticamente las primeras en ofrecer datos cuantitativos de formaciones vegetales que anteriormente no contaban con estudios de este tipo. La información así como la experiencia del personal del proyecto está siendo compartida con otras instituciones que trabajan en la zona como el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), WCS y CARE para respaldar actividades de conservación y desarrollo sostenible.

## Instituciones participantes

**MO** Missouri Botanical Garden – MO (Saint Louis, USA)  
<http://www.mobot.org/>

**LPB** Herbario Nacional de Bolivia – LPB (La Paz, Bolivia)  
<http://mywebpage.netscape.com/inseco/herbario.htm>

**MA** Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC – MA (Madrid, España)  
<http://www.rjb.csic.es/>

**USZ** Museo de Historia Natural Noel Kempff – USZ (Santa Cruz, Bolivia)  
<http://www.museonoelkempff.org/>

**CI** Conservation International – CI (Washington, USA)  
<http://www.conservation.org/>

## Contáctenos

### En USA:

**Peter Møller Jørgensen**  
Missouri Botanical Garden  
P.O.Box 299  
St. Louis, MO 63166-0299, USA  
Telf: 1-314-577-9411  
Fax: 1-314-577-0820  
[peter.jorgensen@mobot.org](mailto:peter.jorgensen@mobot.org)

### En Bolivia:

**Alfredo Fuentes Claros**  
Proyecto Madidi–Herbario Nacional de Bolivia  
Calle 27 Cota Cota, Campus Universitario  
Casilla 10077 Correo Central  
La Paz, Bolivia  
Telf. 591-2-2121751  
Fax. 591-2-2770962  
[lpb.madidi@accelerate.com](mailto:lpb.madidi@accelerate.com)

Visite nuestra página web: <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/madidi/welcome.shtml>