

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGIA**



**COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA
FLORÍSTICA DE LAS SABANAS MONTANAS EN UN GRADIENTE
ALTITUDINAL, AL NORESTE DE APOLO, ANMI MADIDI
(LA PAZ-BOLIVIA)**

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

Por: Tatiana Bladenka Miranda Gonzales

LA PAZ-BOLIVIA

2005

INDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Tablas	iii
Índice de Figuras	iv
Resumen	v
1. Introducción	1
2. Hipótesis	7
3. Objetivos	
3.1 Objetivos Generales	
3.2 Objetivos específicos	
4. Área de estudio	8
4.1 Geomorfología y suelos	9
4.2 Clima	
5. Metodología	10
5.1 Línea de intercepción	
5.2 Identificación taxonómica	13
5.3. Análisis de la composición y estructura florística	
5.3.1 Composición y diversidad florística	
Curva de especies longitud línea	
Abundancia	
Cobertura	14
Diversidad florística	15

5.3.2 Estructura de la vegetación	15
5.3.3 Similitud florística	16
6. Resultados	17
6.1 Composición y diversidad florística	
Curva de especies longitud línea	18
Abundancia	
Cobertura	22
Diversidad florística	25
6.2 Estructura de la vegetación	26
6.3 Similitud florística	28
7. Discusión	33
8. Conclusiones	43
9. Referencias bibliográficas	44

Índice de Tablas

Tabla 1. Denominación de las sabanas en Bolivia según distintos autores y su ubicación en las diferentes unidades fisiográficas.

Tabla 2. Datos de diversidad florística en los niveles del gradiente altitudinal.

Tabla 3. Comparación de abundancia de familias en los distintos niveles altitudinales.

Tabla 4. Cobertura relativa de familias en los distintos niveles altitudinales.

Tabla 5. Coberturas relativas (%) de las especies más abundantes en los niveles del gradiente altitudinal.

Tabla 6. Prueba ANOVA de un factor con nivel de significancia de 0,05, considerando los niveles altitudinales y la suma de las intercepciones.

Tabla 7. Estructura a lo largo del gradiente altitudinal.

Tabla 8. Especies importantes de acuerdo a estrato de altura y niveles del gradiente (1.800-2.200 m).

Tabla 9. Comparación florística de los diferentes niveles altitudinales. El número de especies en común (arriba del diagonal), la diversidad en cada nivel (números del diagonal) y valores del índice de Sørensen (abajo del diagonal).

Tabla 10. Cuadro comparativo de la diversidad y estructura florística con otras sabanas en Bolivia.

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de localización de los sitios de muestreo en la región de Apolo.

Figura 2. Climadiagrama de la región de Apolo.

Figura 3. Método de la línea de intercepción.

Figura 4. Número de especies vs. longitud de las líneas censadas en los diferentes niveles altitudinales.

Figura 5. Las familias más abundantes en los niveles altitudinales.

Figura 6. Las especies más abundantes de acuerdo a su cobertura relativa a lo largo de los niveles altitudinales.

Figura 7. Familias con mayor cobertura relativa en los niveles altitudinales.

Figura 8. Especies más importantes de acuerdo a la cobertura relativa.

Figura 9. Diversidad florística a nivel de familias en las sabanas montanas de Apolo.

Figura 10. Comparación de la estructura de acuerdo a la diversidad, abundancia y cobertura relativa.

Figura 11. Estructura vertical en los diferentes niveles altitudinales.

Figura 12. Distribución de las especies más importantes en el gradiente altitudinal.

Figura 13. Clasificación de los niveles del gradiente altitudinal, tomando en cuenta la cobertura relativa de las especies.

Resumen.

Se analizó y comparó la composición florística y estructura de las sabanas del sector nororiental de la región de Apolo, en un gradiente altitudinal comprendido entre 1.800 y 2.200 m de altitud. Mediante 70 líneas de intercepción de 10 m de longitud se evaluó la vegetación a los 1.800 m (n=14), 1.900 m (n=19), 2.000 m (n=17) y 2.200 m (n=20), totalizando 700 m lineales. Se encontraron 120 especies distribuidas en 31 familias y 78 géneros. Las familias más diversas fueron: Asteraceae (15 géneros, 26 spp.), Poaceae (14 géneros, 24 spp.), Cyperaceae (3 géneros, 7 spp.), Melastomataceae (6 géneros, 6 spp.) y Fabaceae (5 géneros, 6 spp.). El promedio fue de seis familias y 13 especies por línea. El nivel altitudinal con mayor diversidad fue 2.200 m con 13 especies y siete familias en promedio. Las familias más abundantes en el gradiente altitudinal fueron Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Asteraceae y Pteridophyta. Las graminoides más abundantes fueron *Axonopus siccus*, *A. caulescens*, *A. canescens*, *Thrasya thrasyooides*, *Bulbostylis paradoxa*; entre las herbáceas y arbustivas *Pteridium arachnoideum* (Pteridophyta), *Microlicia arenariaefolia* (Melastomataceae) y *Baccharis latifolia* (Asteraceae). La cobertura total fue de 53% en todo el gradiente, con mayores coberturas a 2.200 m (53%) y 2.000 m (65.3%) y menores coberturas a los 1.800 m y 1.900 m (45.4% y 46.3%). El promedio de cobertura por línea fue de 52.5%. La mayor similitud se registró entre los niveles 1.900 m y 2.200 m con 55.4% y entre 1.900 m y 2.000 m con 56.4%, mientras que fue mas baja entre los niveles 1.800 m y 2.000 m con 47.6% y entre 1.800 m y 2.200 m con 52.8%. La estructura vertical tiene mayor cobertura y abundancia en el estrato inferior (0 a 20 cm). Se observaron diferencias significativas en la estructura vertical entre todos los niveles altitudinales. Los niveles altitudinales superiores son más diversos;

además, tienen mayor cobertura y presentan diferencias florísticas con relación a los niveles altitudinales inferiores.

Palabras clave: Sabanas montanas, gradiente altitudinal, composición, estructura, diversidad, Apolo, Madidi, Bolivia.

Abstract

The composition and structure of the northeastern savannas of the Apolo region have been analyzed in an altitudinal gradient (1.800 m - 2100 m). By means of interception lines the vegetation at 1.800, 1.900, 2.000 and 2.200 m of altitude has been evaluated, totalizing 70 lines of 10 m. We found 120 species distributed among 31 families and 78 genera. The most diverse families have been: Asteraceae (15 genera, 26 spp.), Poaceae (14 genera, 24 spp.), Cyperaceae (3 genera, 7 spp.), Melastomataceae (5 genera, 6 spp.) and Pteridophyta (4 genera, 4 spp.). The average has been at 6 families and 13 species by line. The level with greater diversity was 2.200 m with 13 species and 7 families. The most abundant families were Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Asteraceae and Pteridophyta. The most abundant graminoids have been *Axonopus siccus*, *Axonopus caulescens*, *Axonopus canescens* *Thrasya thrasyoides* and *Bulbostylis paradoxa*; among the herbs and shrubs *Pteridium arachnoideum* (Pteridophyta), *Microlicia arenariaefolia* (Melastomataceae) and *Baccharis latifolia* (Asteraceae). The total cobertura has been of 53% in all the gradient, with greater cobertures to 2.000 m (53%) and 2.200 m (65.3%); minor values of cobertura have been found at 1.800 m and 1.900 m (45.4% and 46.3%). The average of cover by line (10 m) has been of 52.5%. The greater similarity, considering the Sorensen index, has been registered between the levels 1.900 m and 2.200 m (55.4%) and between 1.900 m and 2.000 m (56.4%) and a low similarity between the levels 1.800 m and 2.000 m (47.6%) and

between 1.800 m and 2.200 m (52.8%). Significant differences have been observed in the vertical structure between all the altitudinal levels. The upper altitudinal levels are more diverse, also have greater cover, and presents floristic differences in relation to the lower altitudinal levels.

Keywords: Montane savannas, altitudinal gradient, composition, structure, diversity, Apolo, Madidi, Bolivia.

1. Introducción

Bolivia está considerada entre los 10 a 15 países más biodiversos del mundo (Gentry 1995). Incluye uno de los territorios botánicamente más ricos del planeta, con cerca de 20.000 especies de plantas vasculares en un área de algo más de 1.000.000 de km² (Beck 1998a). Pocos países sudamericanos presentan tanta diversidad de ecoregiones como Bolivia (Ibisch *et al.* 2003). Las razones deben atribuirse al hecho de que Bolivia presenta una variada topografía, diversidad de climas y enormes diferencias altitudinales que van desde los 120 m en el sudeste hasta los 6.500 m en los picos de la Cordillera Real al oeste (Beck 1998a). Debido a las dificultades que entraña el estudiar ecoregiones de alta diversidad, el conocimiento de la magnitud y distribución de la riqueza vegetal en Bolivia es aún fragmentario (Gentry 1991), y actualmente es difícil cuantificar el número de ecoregiones considerando que aun no se tiene suficiente conocimiento, ni una definición comúnmente aceptada. (Ibisch *et al.* 2003).

La variación que existe en composición y estructura en la vegetación de un gradiente altitudinal esta condicionada por factores ambientales como topografía, orografía y clima, pero también se debe tomar en cuenta aspectos intraespecíficos e interespecíficos de la historia natural tales como dispersión y biogeografía (Gentry 1988). Estos factores abióticos y bióticos, causan cambios en la composición y estructura, encontrándose en general, mayor diversidad y abundancia en los niveles inferiores y menor en los niveles superiores, sin embargo la historia de uso como el fuego y el ganado, hacen que existan cambios de tipo estructural y de composición (Furley 1999).

Las sabanas se definen como una vegetación zonal, natural y homogénea con condiciones climáticas estacionales con una cobertura cerrada de gramínoideas y plantas leñosas de

arbustos y árboles distribuidos regularmente (Walter 1984). Las sabanas se distribuyen en el trópico y subtropico, ocupan aproximadamente tres millones de km² de la superficie terrestre, representando el segundo bioma de mayor superficie de América tropical (Huber 1987). Existen varias denominaciones dentro de las sabanas, diferenciadas por su mayor cobertura y altura de vegetación que presentan, una de las clasificaciones de las sabanas neotropicales realiza Sarmiento (1984) de acuerdo a su fisonomía, el distingue los siguientes cinco tipos de sabanas:

1. Sabana pastizal (sabanas sin árboles), el estrato leñoso es más alto que el estrato herbáceo.
2. Sabanas con especies leñosas pequeñas (menor que 8 m) que forman más o menos un estrato abierto, las cuales se subdividen en: sabana abierta, sabana cerrada y sabana boscosa.
3. Sabanas con árboles altos (mayor a 8 m) continuos o dispersos, estas se subdividen en: sabana abierta alta, sabana cerrada alta, sabana boscosa alta y el bosque claro.
4. Sabana con árboles altos en pequeños grupos, sabana tipo parque, jardín extenso.
5. Mosaico de unidades de sabanas y bosques.

Las sabanas tropicales ocupan aproximadamente un 20% de la superficie terrestre, de ellas el 45% se halla en América del sur, situadas en su mayor parte en Brasil, Colombia y Venezuela (Sarmiento 1984, Oliveira & Marquis 2002). En Bolivia el 40% del territorio está siendo usado para la ganadería, en áreas ya deforestadas o naturalmente abiertas como las sabanas (Ibisch *et al.* 2003).

El mapa de vegetación tropical de América del Sur, define las siguientes formaciones vegetales de sabanas: sabana arbolada, pradera, pradera inundada estacionalmente y

“bosque transformado” (Hugh 1998), las sabanas montanas de Apolo se incluirían en esta última formación.

Las sabanas andinas se distribuyen en Perú y Bolivia. En Perú se encuentran en la parte central y sur, denominadas sabanas pluviifolias por Weberbauer (1945), localizándose en pequeñas áreas y ascienden hasta los 2200 m, con un estrato principal de gramíneas y la presencia aislada de *Curatella americana* (Tovar 1990).

Las sabanas en Bolivia se distribuyen en tres unidades fisiográficas: escudo brasilero, llanura chaco - beniana y en la cordillera andina. Ribera *et al.* (1996), clasifican a las sabanas según su tipo mayor de vegetación, tomando en cuenta las condiciones climáticas, orográficas, geomorfológicas y edáficas, definiendo las siguientes regiones dentro del escudo brasilero: sabanas del Cerrado, del pantanal y de Velasco; en las llanuras chaco benianas: sabanas de campos amazónicos, sabanas húmedas de Moxos, sabanas de palmeras al este del río Mamore y sabanas de Santa Cruz-Montero; y en la cordillera andina se encuentran las sabanas de Apolo, Circuata-Cajuata y sabanas y matorrales de Coroico, Coripata y Chulumani (Tabla 1). Beck (1998b), realiza algunas modificaciones, definiendo en el escudo brasilero a los campos amazónicos, campos cerrados y sabanas benianas del norte; en la llanura chaco beniana a las sabanas benianas del sur y del pantanal, sabanas y matorrales antropogénicos de Santa Cruz; y por ultimo en la zona andina menciona a las sabanas de montaña y pajonales.

En una reciente propuesta Ibisch *et al.* (2003), incluyen a las sabanas en dos ecoregiones: sabanas inundables y Cerrados. Según los mismos autores el Cerrado se distribuye en el escudo brasilero y la zona andina, mientras que las sabanas inundables solo se presentan en la llanura-chaco beniana, con las sabanas inundables de los llanos de Moxos y las del Pantanal (Tabla 1).

Tabla 1. Denominación de las sabanas en Bolivia según distintos autores y su ubicación en las diferentes unidades fisiográficas.

Unidades Fisiográficas	Ribera <i>et al.</i> 1996	Beck 1998b	Ibisch <i>et al.</i> 2003
Escudo brasileiro	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas del Cerrado. • Sabanas del pantanal por parte (azonal). • Sabanas de Velasco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Campos amazónicos. • Campos cerrados. • Sabanas benianas del norte 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrado beniano • Cerrado chaqueño. • Cerrado chiquitano.
Llanura chaco beniana	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas de campos amazónicos. • Sabanas húmedas de Moxos. • Sabanas de palmeras al este del río Mamoré. • Sabanas de Santa Cruz- Montero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas benianas del sur y del pantanal. • Sabanas y matorrales antropogénicos de Santa Cruz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas inundables del pantanal • Sabanas inundables de los llanos de Moxos.
Cordillera andina	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas de Apolo. • Sabanas de Circuata-Cajuata. • Sabanas y matorrales de Coroico, Coripata y Chulumani. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sabanas de montaña o pajonales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrado paceño.

Las sabanas de montaña en Bolivia tienen una extensión de aproximadamente 545 km² (Zambrana 2005), se distribuyen dentro del piso de bosque montano de Yungas, entre los 1.000 y 2.500 m (Beck 1993), se encuentran principalmente en las regiones de Coroico y Apolo, en los parques nacionales y áreas de manejo integrado Apolobamba y Pilón Lajas (Ribera *et al.* 1996, Beck *et al.* 2003, Ibisch *et al.* 2003).

La vegetación potencial de estas sabanas es un bosque húmedo estacional, transicional entre bosque húmedo siempre verde y bosque seco, (Navarro 2002, Müller *et al.* 2002), que

debido a la actividad antropogénica se reemplazó por un pastizal húmedo y sinusias leñosas dispersas (Ribera *et al.* 1996) y la presencia de especies pirogénicas como *Trachypogon spicatus* y *Leptocoryphium lanatum*, que son favorecidas por las quemas, se encuentran tanto en estas sabanas como en las sabanas de tierras bajas, dan cuenta que son mayormente sabanas antropogénicas (Beck 1998, Navarro 2002). La clasificación detallada de Navarro (2002), basada en las interacciones de variables geofísicas y biológicas del ambiente, expresadas principalmente en aspectos estructurales y florísticos, deduce la vegetación boscosa original de la región de Apolo en las siguientes zonas:

- Zonas onduladas al norte de Apolo, hacia las cabeceras de los afluentes por la derecha del río Tuichi, con una vegetación potencial original de bosques pluviestacionales subhúmedos “serie de *Cariniana estrellensis-Schinopsis brasiliensis*”, sustituidos hoy en día por sabanas subandinas estacionales.
- “Relieves colinosos” y serranías bajas al sur de Apolo, hacia las cabeceras de las cuencas de los ríos Yuyo y Atén, con una vegetación potencial de bosques pluviales húmedos subandinos “macroserie de *Eschweilera andina-Oenocarpus bataua*” sustituidos en parte por sabanas antropogénicas pluviales húmedas de la comunidad de *Didymopanax morototoni-Byrsonima crassifolia*.
- Zonas onduladas del interfluvio o divisoria orográfica local entre las cuencas del río Tuichi y del río Mapiri, cuyo centro es la población de Apolo, con una vegetación potencial original de bosques subandinos pluviestacionales húmedos, muy probablemente que se incluyen en la “macroserie *Saurauia peruviana-Juglans boliviana*”. Sustituidas casi totalmente por sabanas antropogénicas subandinas

pluviestacionales húmedas, atribuibles provisionalmente a la “comunidad de *Myrsine latifolia-Alchornea triplinervia*”.

La flora que presentan las sabanas montanas de Apolo tiene cierta afinidad con el Cerrado del Brasil (Foster 1991). Ribera *et al.* (1996) describen a estas sabanas y matorrales antropogénicos en paisajes de pequeñas mesetas, planicies onduladas, serranías y valles poco profundos en un rango altitudinal de 800 a 2.000. Beck *et al.* (2003) definen para la región a los pisos montano medio (1500-2.000 m) y montano superior (2.000-3000 m); y Müller *et al.* 2002 ubican a la región dentro del piso montano (1750-2750 m).

La clasificación propuesta por Ibisch *et al.* (2003) incluye estas sabanas en la ecoregión del Cerrado paceño que se localiza en áreas con suelos pobres en nutrientes de diferentes orígenes paleo-históricos. Los Cerrados más conocidos se extienden en el Escudo Precámbrico, pero existen áreas fisonómicamente similares en la región andina y en la llanura amazónica y chaqueña. El Cerrado Paceño, no se delimita solo al departamento de La Paz, pero presenta su mayor extensión en este. Abarca a los campos amazónicos de tierras bajas en altitudes entre 180–500 m y con menor extensión las sabanas de montaña entre 1.000–2.000 m en las regiones de Coroico y de Apolo (Ibisch *et al.* 2003).

El estudio de las sabanas montanas es muy atractivo por el gran vacío de conocimiento biológico, ecológico (dispersión de especies, sucesión y colonización) y por su origen dudoso (biogeografía) y su accesibilidad relativamente fácil. El presente trabajo quiere contribuir a mejorar el conocimiento de la diversidad de la flora y vegetación sabanera de la región de Apolo, considerando la gran extensión de las mismas y la falta de planes de manejo que repercuten en un progresivo deterioro de la cobertura y calidad del forraje para el ganado. Además especies amenazadas de aves como *Phybalura flavirostris boliviana* se

encontraron en esta región teniendo sólo registros del año 1902, considerando esta región como un área prioritaria de conservación para aves (Zambrana 2005).

Las sabanas de montaña de Apolo además de su diversidad biológica poseen potencial turístico por la presencia de caminos precolombinos que llegan hasta las tierras bajas y por la belleza y heterogeneidad paisajística, jugando un rol ecológico importante principalmente en el soporte de una fauna particular (aves y mamíferos),

2. Hipótesis.

- Las sabanas montanas de Apolo cambian su estructura y composición florística según el gradiente altitudinal y las características ecológicas y el manejo. Estos cambios en la estructura y composición florística pueden deberse a diversos factores tanto físicos como ambientales (Sarmiento 1984, Steyermark 1995).
- Cada gradiente altitudinal tiene especies abundantes y/o restringidas distintas, en un gradiente de 400 m. Las sabanas montanas cambian su estructura y composición florística, en cuanto a la diversidad de especies y sus tipos estructurales (Killeen 1998).

3. Objetivos.

3.1 Objetivos Generales.

- Contribuir al estudio de la vegetación de las sabanas montanas de Apolo en el departamento de La Paz.

3.2 Objetivos Específicos.

- Determinar la composición florística y estructura de la vegetación, de acuerdo a un gradiente altitudinal de 1.800 m a 2.200 m.

- Comparar la cobertura y las frecuencias de las especies, de acuerdo a diferentes gradientes altitudinales.

4. Área de estudio

El estudio se realizó en el sector NE de las extensas sabanas de Apolo, incluidas parcialmente en el Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Estas sabanas están ubicadas en el extremo Noroccidental del departamento de La Paz (provincia Franz Tamayo).

Los muestreos se realizaron a lo largo de la senda que une las localidades Machua y Mamacona. Las coordenadas que definen el área son $14^{\circ}42'58''\text{S}$ – $14^{\circ}29'40''\text{S}$ y $68^{\circ}25'04''\text{W}$ – $68^{\circ}16'30''\text{W}$, entre los 1.800 y 2.200 m (Figura 1 y Anexo 1).

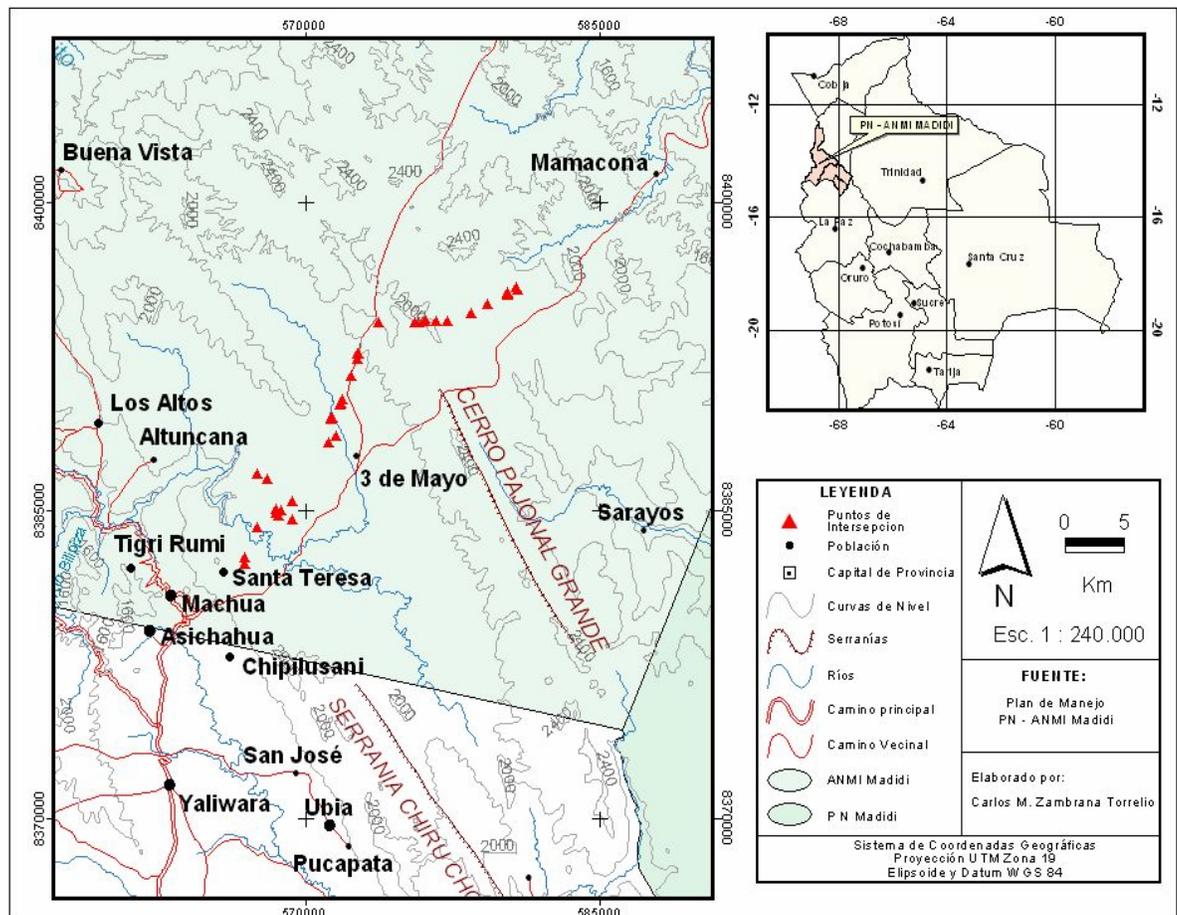


Figura 1. Mapa de localización de los sitios de muestreo en la región de Apolo.

4.1 Geomorfología y suelos.

La región de Apolo se encuentra fisiográficamente en la cordillera oriental, que comprende serranías altas y bajas con valles estrechos y a veces profundos y paisajes de colinas bajas y depresiones (Miranda *et al.* 1994). Geológicamente en esta faja hay un predominio de rocas de edad Ordovícica y Devónica que litológicamente son lutitas, limonitas, areniscas amarillas a grises y cuarcitas, más la presencia de rocas mezoicas-terciarias, que se encuentran bien expuestas en el valle de Apolo incluyendo la región de Machua (Suárez 2001).

Apolo se encuentra entre los pisos ecológicos montano medio y la zona alta del piso ecológico montano superior (Beck *et al.* 2003). La franja del piso ecológico montano medio presenta un paisaje de serranías bajas a colinosas de formas redondeadas con depresiones amplias donde predominan pequeños piedemontes; los suelos son de muy poco profundos a profundos, textura franco, franco arcillosos a arcillosos, los suelos son moderadamente ácidos. La parte incluida en el piso ecológico montano superior presenta un paisaje de relieve alto a moderadamente alto de formas alargadas y paralelas entre sí, conformando serranías de pendientes moderadas a fuertemente escarpadas con cimas agudas e irregulares; dentro de este paisaje se incluyen áreas reducidas con presencia de colinas bajas y terrazas aluviales en los principales valles; los suelos son de profundos a muy profundos, textura franca, franco limosa, arcillo-limosa y franco-arenosa (Miranda *et al.* 1994).

4.2 Clima

En general las condiciones climáticas de las sabanas de Apolo corresponden a los de un bosque húmedo de Yungas, con una temperatura media anual de 19°C y una precipitación

cercana a los 1.400 mm (Ribera *et al.* 1996). Según Navarro (2002) el clima corresponde al de un bosque pluviestacional húmedo. La estación metereológica más cercana es la de Apolo, los datos metereológicos de los últimos 10 años muestran que la precipitación media está entre 1324 y 1400 mm, (Figura 2); entre junio y agosto se presentan los promedios mensuales menores a 40 mm. La temperatura media anual es de 20.3°C, con un promedio mínimo y máximo de 5 a 32 °C, una época seca entre junio y agosto y una época húmeda que abarca de noviembre a marzo (Müller *et al.* 2002, SENAEMI 1990).

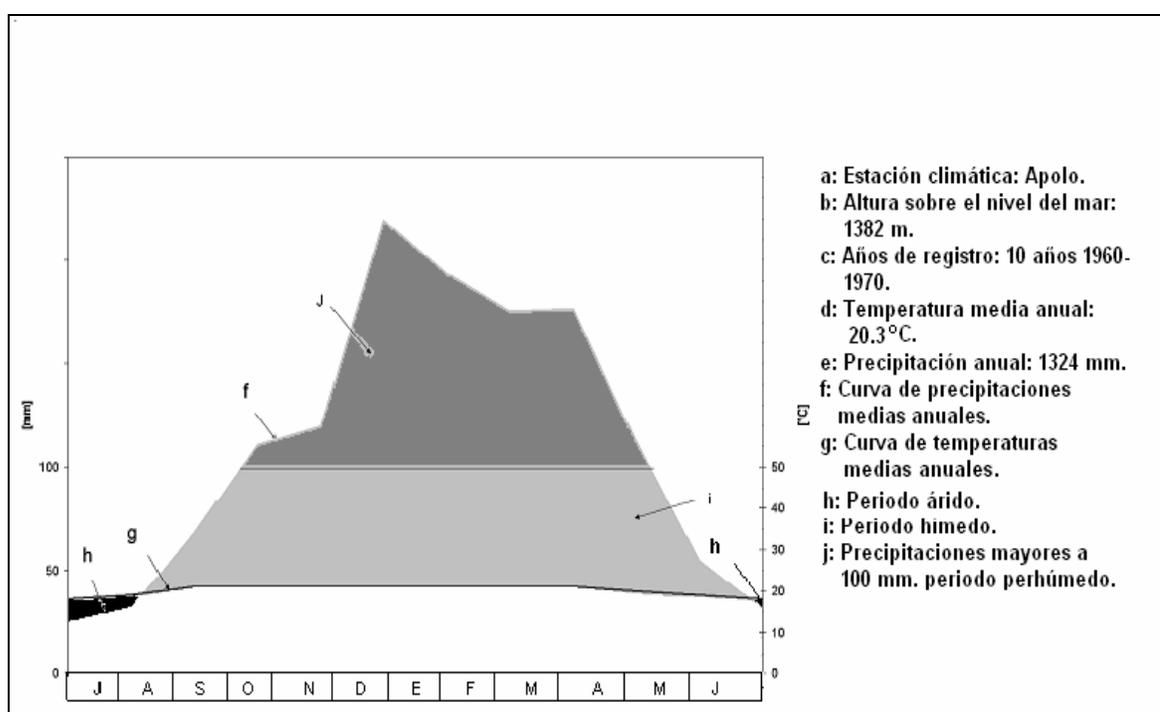


Figura 2: Climadiagrama de la región de Apolo.

Elaboración propia con datos de SENAEMI (1990)

5. Metodología

5.1 Línea de intercepción

La vegetación se evaluó mediante el método de la línea de intercepción, que está basada en la reducción de un transecto a una línea. En los primeros estudios este método se aplicó para estudiar vegetación densa, sin embargo, otros autores describen este método como

muy útil para la aplicación en sabanas, caracterizando la vegetación de hábito graminoide (Cuello *et al.* en prensa). Este método considera que una línea es la representación del borde u orilla de un plano vertical perpendicular al suelo, sobre la cual se cuentan todas las proyecciones de las plantas que son interceptadas (Canfield 1941).

Una vez instalada la línea de intercepción se procedió a contar la intercepciones o proyecciones de las plantas, ramas, tallos y hojas sobre la línea (Figura 3), como describe Cuello *et al.* (en prensa), tomando los siguientes datos:

- Línea: Se registra el número de la línea y segmento muestreado.
- Individuo: Se asigna un número a cada individuo de acuerdo al orden de aparición en el muestreo, realizando la colección de cada individuo no identificado.
- Familia, Especie: Se registra la familia, género o especie cuando es conocida. Se hace necesario hacer una exploración antes del área de estudio colectando especies fértiles para una mejor identificación de las especies estériles en el muestreo, en el caso de no encontrarla se colecta la muestra para compararlas con muestras de herbario.
- Nombre vulgar: Se registra el nombre común o vulgar si lo tiene.
- Línea interceptada: Se registra la medida de la distancia o espacio sobre la línea que es ocupada por la planta. Se considera todo lo que se proyecta dentro la línea, incluyendo ramas y hojas de plantas que tuviesen su origen lejos de ella, aunque la intercepción represente un punto pequeño. Cuando la distancia era muy pequeña se le asigno un valor mínimo de 1 cm.
- Altura: Se mide y se registra la altura de la planta, con una varilla graduada de 1.5m de largo.

- Forma de vida: Se registra la forma de vida: Graminoide, herbácea, subarbusto, arbusto y árbol.
- Fenología: Se registra el estado fenológico de la planta como: Flores, frutos, semillas y estéril.
- Número de Colección: Cada especie desconocida debe ser colectada para su posterior identificación. A cada muestra se le debe asignar un número de colección.
- Observaciones: Se registra cualquier información adicional de interés para el estudio (suelo, descripción del espécimen, descripción del lugar)

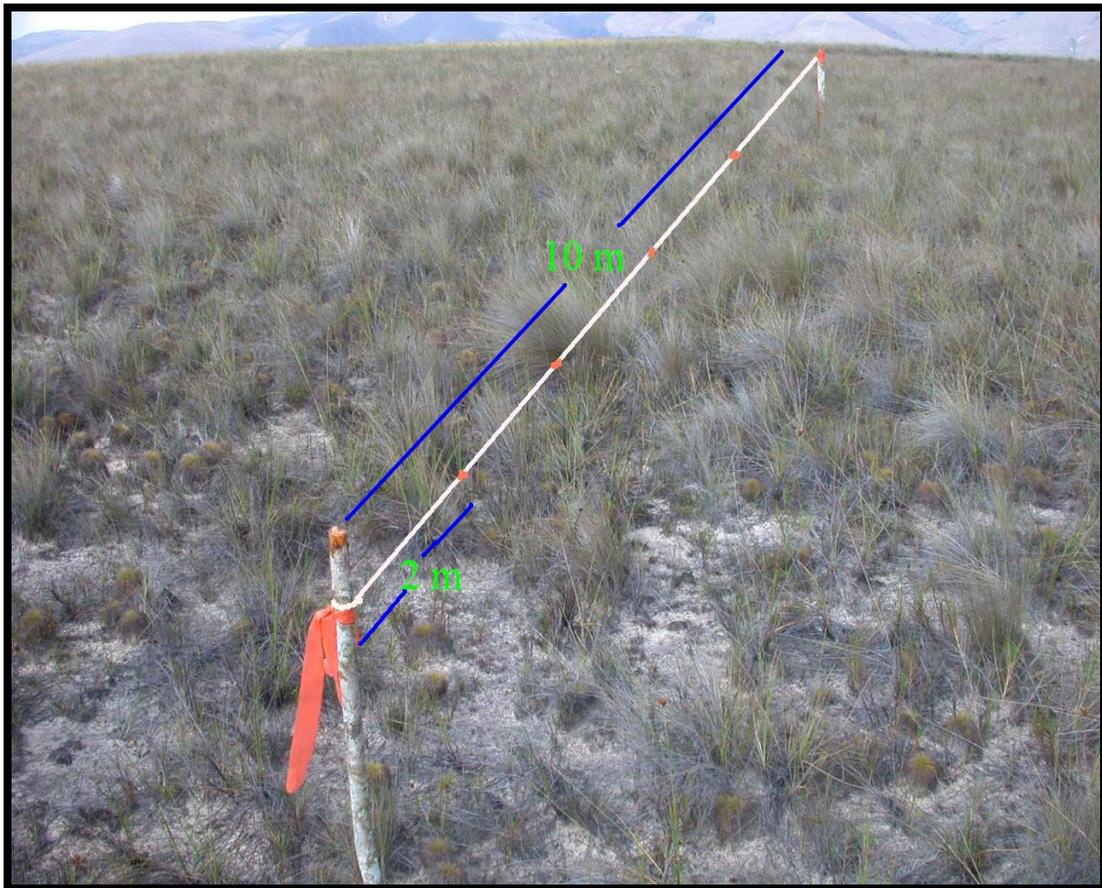


Figura 3: Método de la línea de intercepción.

5.2 Identificación Taxonómica

Se realizó la colección de morfoespecies (en el caso de estériles) en los primeros muestreos para luego poder compararlos con las colecciones fértiles. Se registraron datos de pendiente, profundidad y fisiografía del terreno. En el tendido de la línea de intercepción se cuidó de no pisar al área adyacente para evitar la alteración de la estructura de la vegetación. Para la identificación taxonómica se coleccionaron y herborizaron todas las especies a lo largo de la línea. Las colecciones registradas se numeraron para luego ser identificadas mediante claves botánicas y/o por comparación con material del Herbario Nacional de Bolivia (LPB). Además apoyaron especialistas en ciertos grupos como: Asteraceae: J. Prusky (MO); Cyperaceae: *Bulbostylis* C. Araujo (HLS); Poaceae: *Axonopus* O. Morrone (HLS) y varios grupos S. Beck y Alfredo Fuentes (LPB).

5.3 Análisis de la composición y estructura florística

5.3.1 Representatividad del muestreo

Curva de especies vs. Longitud del muestreo

Es una forma de examinar la representatividad del muestreo. La curva se obtiene graficando el número de especies acumulativo vs. la longitud de la línea de muestreo. Si el incremento en el número de especies disminuye o se hace cero, entonces la línea muestreada fue suficientemente larga (Cuello *et al.* en prensa).

Abundancia

La abundancia es la presencia de cada especie en el muestreo o área definida, en este caso se presentaron tablas y graficas de abundancia en todo el gradiente y en cada nivel (Mostacedo & Fredericksen 2000).

Cobertura

La cobertura total es la superficie del suelo cubierta por los individuos de una especie o de todas las especies. La cobertura total, representa el porcentaje de la línea cubierta por vegetación (Cuello *et al.* en prensa), se calculó como la suma de las intercepciones de todos los individuos dividida por la longitud de la línea, multiplicada por 100, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CT = (\Sigma I/L) * 100$$

Donde:

CT (m) = Cobertura total

I (m) = Sumatoria de la intercepción de todas las especies

L (m) = Largo de la longitud de la línea

La cobertura relativa de especies es el porcentaje de la cobertura vegetal ocupada por una especie, se calcula sumando las intercepciones de cada especie, dividida por la suma de todas las intercepciones y se calcula mediante la siguiente fórmula (Mostacedo & Fredericksen 2000):

$$CR = (\Sigma I_i / \Sigma I_T) * 100$$

Donde:

CR = Cobertura relativa

ΣI_i = Sumatoria de las intercepciones de la especie i

ΣI_T = Sumatoria de todas las intercepciones del total de las especies

Diversidad florística

Se analizó mediante el número total de especies por la longitud de las líneas, cuantificando el número de especies por familia. Se presenta mediante una lista de especies ordenada por familia, de acuerdo al total las líneas muestreadas (Matteucci & Colma 1982).

Para determinar la diversidad se calculó el índice de Shanon Wiener a partir de el número de especies y el número de individuos (Mostacedo & Fredericksen 2000).

$$H = -\sum P_i \ln P_i.$$

Donde:

H= Índice de Shanon-Wiener

P_i= Numero de individuos de cada especie/Número de individuos
de todas las especies

Ln= Logaritmo natural neperiano.

5.3.2 Estructura florística

Se analizó la estructura según la distribución de la cobertura y categoría de las alturas. Se utilizaron las siguientes clases de altura o estratos:

Estrato bajo de 0,1 a 0,20 m

Estrato medio 1 de 0,21 a 0,40 m

Estrato medio 2 de 0,41 a 0,60 m

Estrato superior > 0, 60 m

5.3.3 Similitud Florística

Se realizaron comparaciones de la composición florística entre niveles altitudinales utilizando el índice de similitud de Sørensen (IS). Para esto se utilizó el índice de similaridad de Sørensen (Matteucci & Colma 1982) De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IS = (2c/a+b) * 100$$

Donde:

IS = Índice de Sørensen

c = Número de especies comunes en la línea de intercepción.

a = Número de especies en a

b = Número de especies en b

También se calculó el índice de Shanon–Wiener descrito anteriormente para comparar la diversidad en los niveles del gradiente altitudinal.

El programa PC ORD 4.0 (McCune & Mefford 1999) fue usado para realizar el Análisis de Componentes Principales para tener distribuciones gráficas de las especies, también para ejecutar el análisis de clasificación considerando la cobertura relativa de las especies, de esta manera se obtuvieron dendrogramas para los distintos niveles del gradiente evaluado.

Para buscar diferencias significativas entre los niveles, se efectuó el análisis de varianza (ANOVA) con el programa SPSS 11.0 (Visauta 2002), relacionando tanto cobertura relativa como abundancia con el gradiente altitudinal.

6. Resultados

6.1 Composición y diversidad florística

Se registraron 7810 individuos, distribuidos en 31 familias, 78 géneros y 120 especies en todo el gradiente. Los niveles altitudinales empleados en este estudio son los siguientes: 1.700–1.799 m (denominado 1.800 m en el texto), 1.800 –1899 m (1.900 m en el texto), 1.900–1.999 m (2.000 m en el texto) y 2100–2199 m (2.200 m en el texto). El nivel 2.000–2100 m no se evaluó porque al realizarse el estudio las escasas áreas no eran accesibles en este nivel o se encontraban recientemente quemadas. Cada línea o unidad muestral fue de 10 m de largo. Se censaron un total de 70 líneas, distribuidas de la siguiente manera:

Nivel Altitudinal (m)	Número de líneas
1.800 (1.716 hasta 1.795)	14
1.900 (1.800 hasta 1.829)	19
2.000 (1.958 hasta 1.990)	17
2.200 (2.020 hasta 2.247)	20

El número de muestreos de las líneas de 10 m, en cada nivel no es uniforme, es por eso que se tomo en cuenta el promedio de las familias y especies de cada línea censada para efectuar las comparaciones.

El promedio de especies en todo el gradiente fue de 13 spp., el promedio de familias y especies por línea fue seis y 13, respectivamente (n=70) para todo el inventario. El promedio de familias y especies a 1.800 m fue de seis y 14 (n=14), a 1.900 m fue de cinco familias y 11 especies (n=19), a 2.000 m fue de seis y 12 (n=17), y por último a 2.200 m fue de siete y 13 (n=20), es así que en los niveles 1.900 y 2.000 m se encuentran los promedios más bajos y a 1.800 y 2.200 m los promedios más altos; sin embargo,

considerando el total de especies encontradas estas van ascendiendo a medida que los niveles del gradiente suben (Tabla 2).

Tabla 2. Datos de diversidad florística en los niveles del gradiente altitudinal

Niveles del gradiente (m)	1.800	1.900	2.000	2.200	Total
Número total de especies	48	53	57	77	120
Número total de familias	17	17	20	20	31
Promedio de especies por línea	14	11	12	13	13
Promedio de familias por línea	6	5	6	7	6
Número de individuos	1548	1910	1870	2482	7810
Promedio del número de individuos por línea	111	100	110	124	111

Curva de especies vs. longitud línea

La curva de especies vs. longitud línea no llega a estabilizarse por completo en ninguno de los niveles, sin embargo a los 1.900 y 2.000 m tiene cierta tendencia a la asíntota a los 170 y 190 m. El número de especies aumenta desde 8 a 48 en 14 líneas a 1.800 m, a 1.900 m aumenta desde 5 a 53 (n=19), a 2.000 m de 6 a 57 (n=17) y por último a 2.200 m de 7 a 77 especies (n=20) (Figura 4). En el caso de 1.800 m la curva va ascendiendo sin estabilizarse, en el caso de 1.900 m se logra estabilizar a los 170 metros, en el caso de 2.000 m no se llega a estabilizar y por último en el caso de 2.200 tampoco se estabiliza.

Abundancia

Se encontraron a 1.800 m, un total de 1548 individuos; a 1.900 m, 1910; a 2.000 m, 1870 y a 2.200 m, 2482 individuos (Tabla 3). Las familias más abundantes en todo el gradiente fueron Poaceae con un 64% y con valores muy inferiores Cyperaceae (19%), seguida de Melastomataceae (5%), Asteraceae (3%) y el grupo de las Pteridophyta (2%) (Figura 5).

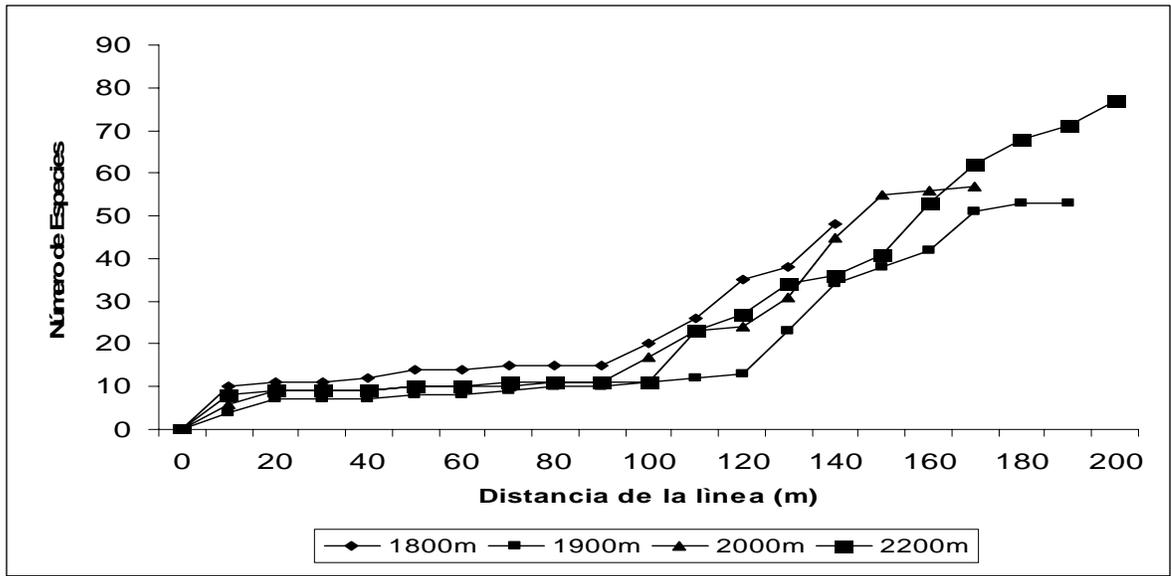


Figura 4. Número de especies vs. longitud de las líneas censadas en los diferentes niveles altitudinales.

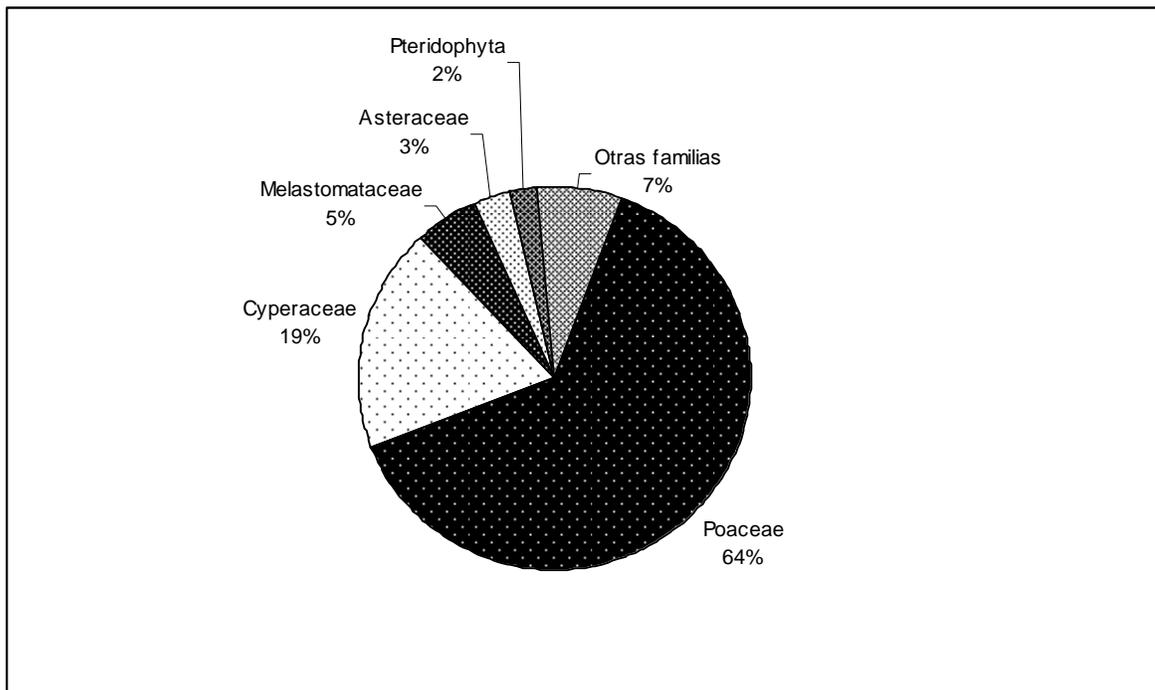


Figura 5. Las familias más abundantes en todo el gradiente altitudinal.

A los 1.800, 1.900 y 2.200 m Poaceae es la familia más abundante, mientras que a 2.000 m es menos abundante. La familia Cyperaceae es más abundante en los niveles 1.900 y 2.000 m, en tanto que a 1.800 y 2.200 m es menos abundante. Melastomataceae se comporta de distinta manera, presentando su menor abundancia a 1.800 m y en los siguientes niveles este valor aumenta irregularmente (Tabla 3).

Las especies más abundantes en todo el gradiente fueron *Axonopus siccus*, *A. caulescens*, *A. canescens*, *Thrasya thrasyoides* y *Bulbostylis paradoxa*; mientras que entre las especies herbáceas y arbustivas destacan por su abundancia, *Microlicia arenariaefolia*, *Pteridium arachnoideum* y *Baccharis latifolia* (Figura 6).

Tabla 3. Comparación de la abundancia de familias en los distintos niveles altitudinales.

Familias	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	Total
Poaceae	1104	1196	952	1720	4972
Cyperaceae	294	434	425	310	1463
Melastomataceae	55	126	105	127	413
Asteraceae	29	21	99	104	253
Pteridophyta	5	18	73	64	160
Iridaceae	16	10	71	33	130
Xyridaceae	12	39	6	3	60
Gentianaceae	8	7	6	18	39
Phytolaccaceae	0	36	0	0	36
Apiaceae	0	0	35	0	35
Clusiaceae	0	0	28	2	30
Lythraceae	4	0	22	0	26
Ericaceae	2	0	1	21	24
Violaceae	0	0	0	22	22
Lamiaceae	0	0	19	0	19
Otras familias	19	23	28	58	128
Total	1548	1910	1870	2482	7810

La especie más abundante a 1.800 y 1.900 fue *Axonopus siccus*, mientras que a 2.000 m fue *Axonopus caulescens*, y a 2.200 *Thrasya thrasyoidea* presenta mayor abundancia. *Bulbostylis paradoxa*, otra de las especies importantes en todo el gradiente disminuye gradualmente con la altitud. Entre las arbustivas, *Microlicia arenariaefolia*, fue proporcionalmente menos abundante a 1.800 m, y disminuye linealmente en este orden: 1.900, 2.000 y 2.200 m; por su parte, *Pteridium arachnoideum* presentó sus valores más altos en los niveles superiores 2.000 y 2.200 m, disminuyendo en los 1.900 m, y no se encontró a 1.800 m (Anexo 3).

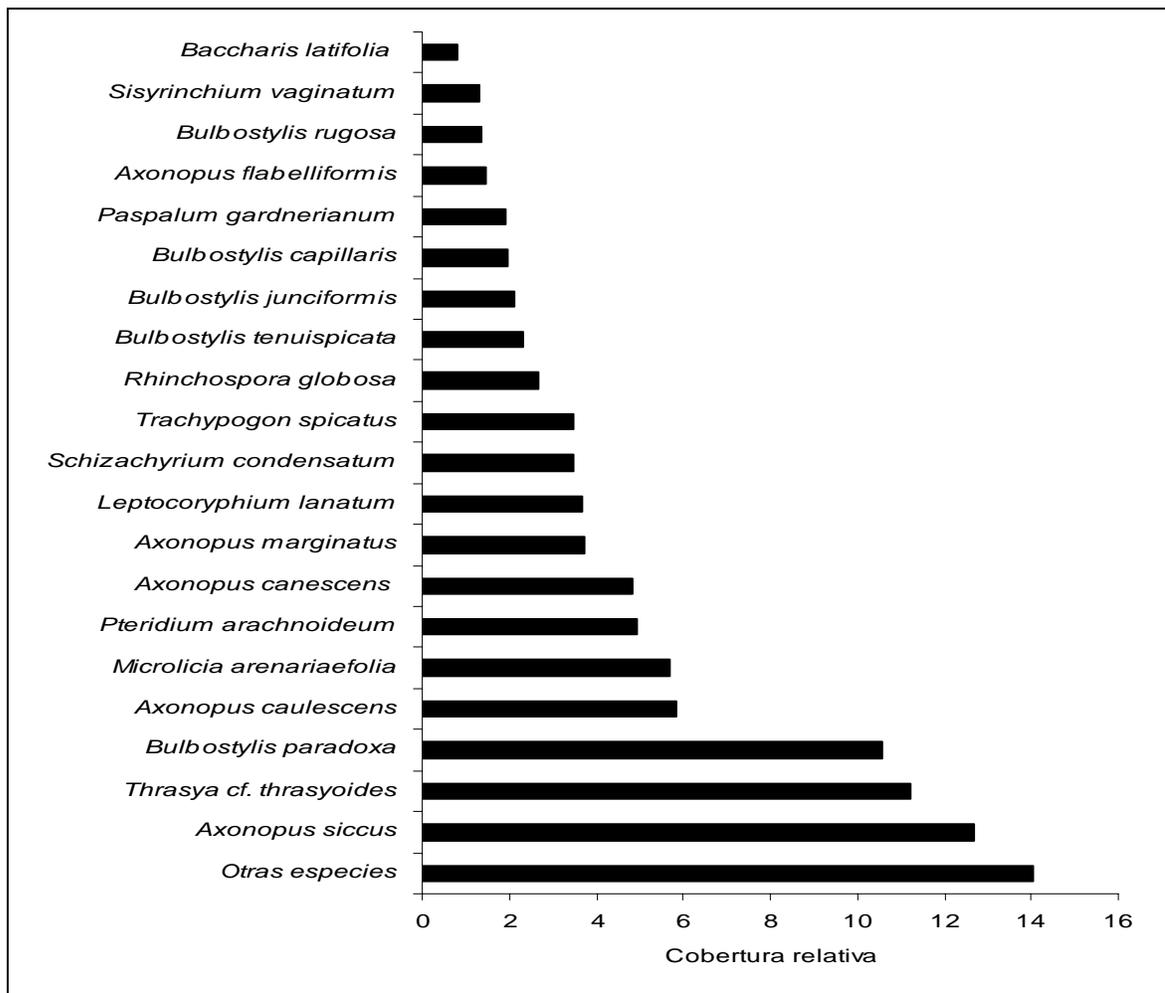


Figura 6. Las especies más abundantes de acuerdo a su cobertura relativa a lo largo de los niveles altitudinales (revisar Anexo 3 las especies con mayor cobertura están marcadas con *).

Cobertura

La cobertura en el total de las líneas evaluadas es de 53.14% (372 m, n=70) y el promedio para todas las líneas muestreadas fue de $5.31 \text{ m} \pm 1.85 \text{ m}$. Se observa que la cobertura se incrementa gradualmente con la altitud (Anexo 2). Las familias que presentan mayor cobertura relativa en todo el gradiente son: Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Pteridophyta y Asteraceae (Figura 7).

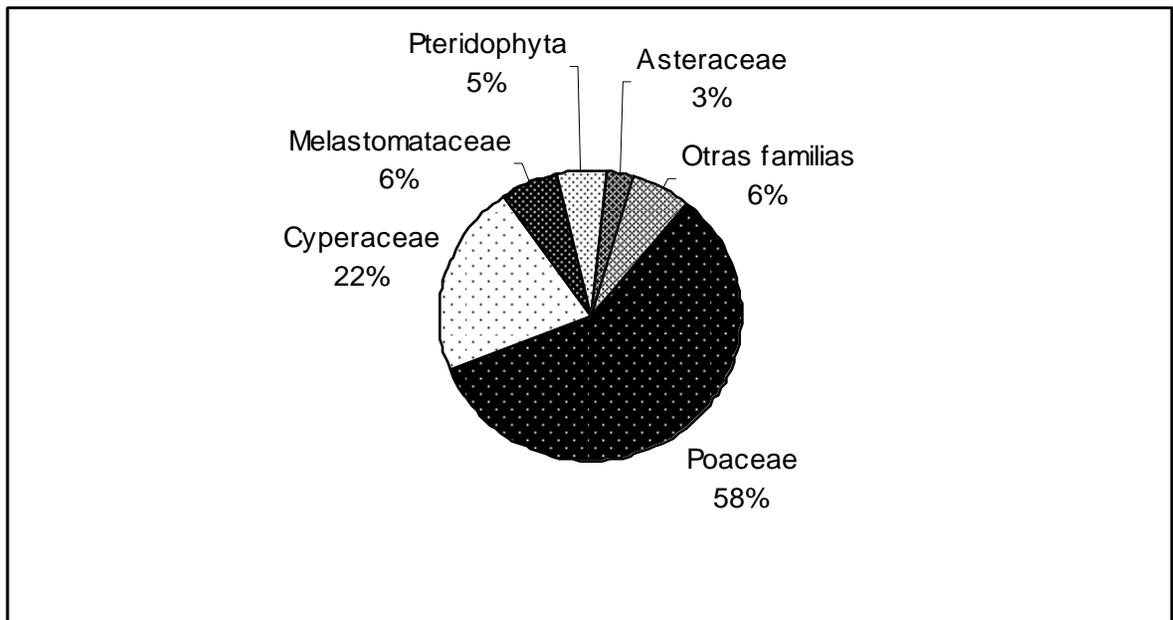


Figura 7. Familias con mayor cobertura relativa en los niveles altitudinales.

Poaceae a 1.800 y 2.200 m presentó los valores más altos de cobertura relativa, en el caso de Cyperaceae los valores a 1.800, 1.900 y 2.000 m no difieren mucho, pero disminuye sustancialmente a 2.200 m. La familia Melastomataceae, a diferencia de Poaceae, presenta sus menores valores a 1.800 y 2.200 y sus mayores valores a 1.900 y 2.000 m (Tabla 4, Figura 8).

Las especies que presentan los valores mas altos de cobertura relativa en todo el gradiente son: *Axonopus siccus*, *Thrasya thrasyoides*, *Bulbostylis paradoxa*, *Axonopus caulescens*, *Microlicia arenariaefolia* y *Pteridium arachnoideum* (Figura 8).

La cobertura relativa de las especies a lo largo del gradiente indica que no se distribuyen uniformemente. Especies como *Axonopus siccus* varían en sus valores de cobertura desde 2.8% a 2.200 m hasta 26.0% a 1.900 m, al igual que *Bulbostylis paradoxa* que va desde 3.78% a 2.200 m y 20.8% a 1.900 m; sin embargo especies como *Pteridium arachnoideum* presentan valores que van de 2.8% a 1.900 m y 9.0% a 2.000 m y a 2.200 con 5.92%, estando ausente a 1.800 m (Tabla 5, Anexo 3).

Tabla 4. Coberturas relativas de familias a lo largo del gradiente altitudinal.

Familia	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	Total
Poaceae	66,22	53,72	42,16	67,03	57,73
Cyperaceae	24,02	28,76	26,8	11,8	21,52
Melastomataceae	4,53	8,34	7,11	4,72	6,12
Pteridophyta	0,41	2,84	9,24	6,46	5,24
Asteraceae	1,62	0,61	5,5	3,78	3,08
Iridaceae	0,55	0,2	3,19	1,2	1,33
Apiaceae	0	0	2,17	0	0,52
Bromeliaceae	0,39	1,13	0,08	0,38	0,48
Phytolaccaceae	0	2	0	0	0,47
Ericaceae	0,06	0	0,04	1,27	0,47
Xyridaceae	0,6	1,11	0,28	0,05	0,45
Gentianaceae	0,14	0,16	0,14	0,57	0,3
Lamiaceae	0	0	1,08	0	0,26
Violaceae	0	0	0	0,72	0,25
Orchidaceae	0,05	0,05	0,1	0,51	0,22
Otras familias	1,4	1,08	2,12	1,51	1,52
Total	100	100	100	100	100

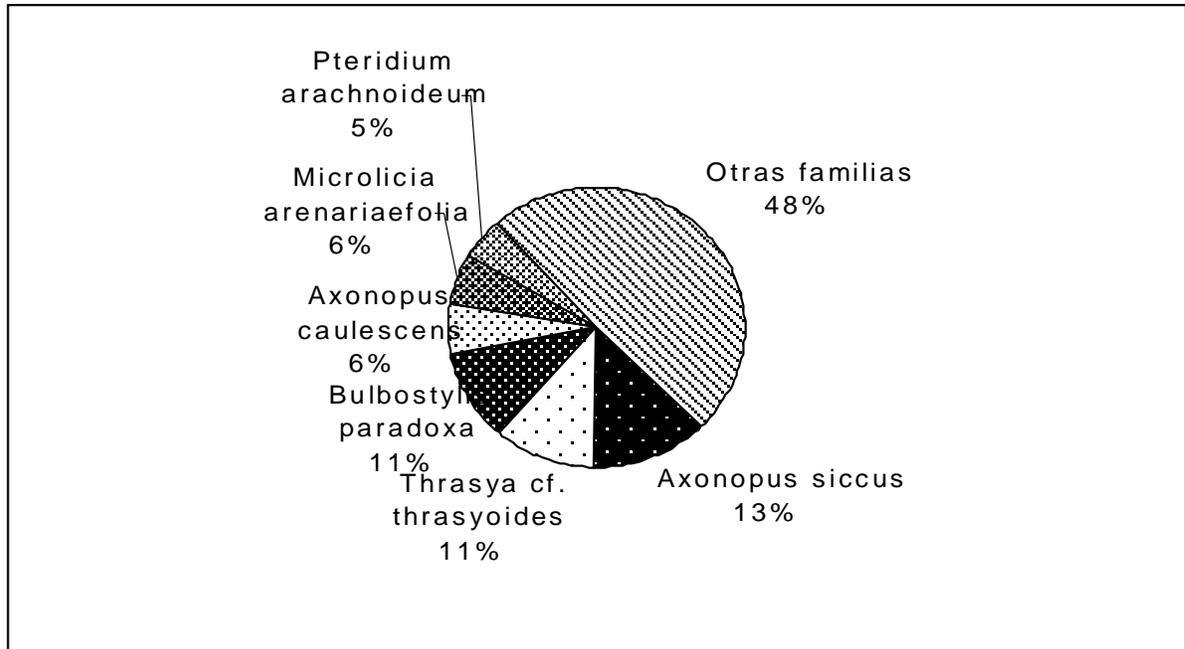


Figura 8: Especies más importantes de acuerdo a la cobertura relativa.

Tabla 5. Coberturas relativas (%) de las especies mas abundantes en los niveles del gradiente altitudinal.

Especie	Niveles				Total
	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	
<i>Axonopus siccus</i>	19,07	26,01	9,57	2,8	12,7
<i>Thrasya thrasyoides</i>	4,36	3,52	1,7	26,36	11,23
<i>Bulbostylis paradoxa</i>	14,3	20,83	7,66	3,78	10,55
<i>Axonopus caulescens</i>	3,15	2,71	5,98	9,22	5,86
<i>Microlizia arenariaefolia</i>	4,53	8,25	7,1	3,5	5,67
<i>Pteridium arachnoideum</i>	0	2,84	8,95	5,92	4,92
<i>Axonopus canescens</i>	7,61	4,84	3,22	4,58	4,83
<i>Axonopus marginatus</i>	5,65	5,86	3,19	1,65	3,7
<i>Leptocoryphium lanatum</i>	8,62	1,68	0,47	4,75	3,65
<i>Schizachyrium condensatum</i>	2,91	1,88	4,64	4,04	3,48
<i>Trachypogon spicatus</i>	4	0,65	1,38	6,49	3,45
<i>Rhynchospora globosa</i>	6,01	4,41	2	0,33	2,67
<i>Bulbostylis tenuispicata</i>	2,88	2,72	4,5	0,28	2,32
<i>Poaceae TMG 465</i>	0	0,02	8,57	0,11	2,12
<i>Bulbostylis capillaris</i>	0,19	0,39	6,21	0,99	1,97
Otras especies	29,36	13,32	45,03	29,85	27,99
Total	100	100	100	100	100

El análisis de varianza tomando en cuenta la cobertura en los distintos niveles del gradiente altitudinal (1.800–2.200m) muestra que los distintos niveles altitudinales presentan cierta diferencia entre los mismos según la cobertura relativa, con un nivel de significancia de 0.05 ($p = 0.00$; $F=12.29$) (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba ANOVA de un factor con nivel de significancia de 0,05; considerando los niveles altitudinales y la suma de las intercepciones.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,133	3	0,044	12,299	0
Intra-grupos	28,216	7806	0,004		

Prueba ANOVA de un factor con nivel de significancia de 0,05, considerando los niveles altitudinales y los estratos de altura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	167,352	3	55,784	115,599	0
Intra-grupos	3766,894	7806	0,483		

Diversidad florística

Las familias más diversas en todo el gradiente fueron Asteraceae con 18 géneros y 32 especies (27%), Poaceae, 14 géneros y 29 especies (20%), Cyperaceae, 3 géneros y 12 especies (10%), con valores menores se encuentran Melastomataceae, Fabaceae, Orchidaceae y 2 familias con 2 especies y 5 familias con 3 especies, las que presentan una sola especie son 17 (14%) familias (Figura 9, Anexo 2).

El total de las especies registradas son 120, de estas las que se encontraron una vez alcanzan a 21 especies representando 17,5%, las que se encontraron distribuidas en un solo nivel del gradiente alcanzan a 38 especies representando 31,6% y las que se encuentran en todos los gradientes son 82 especies representando 68,4% (Anexo 4). En el Anexo 3 se encuentra el listado total de las especies encontradas en el área de estudio.

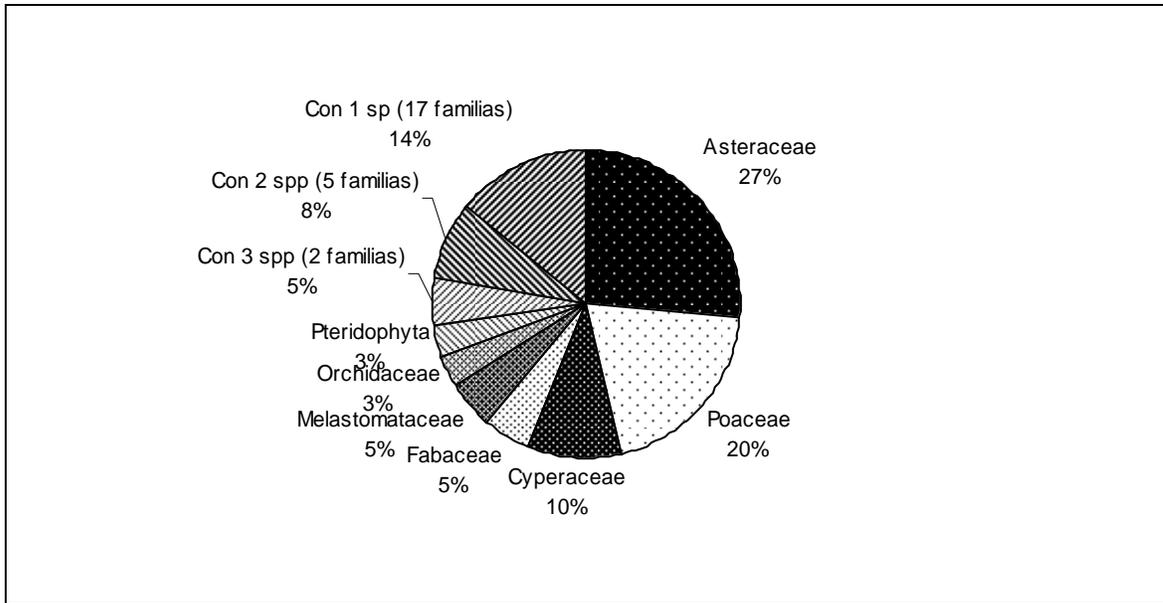


Figura 9: Diversidad florística a nivel de familias en las sabanas montañas de Apolo.

Considerando el índice de diversidad de Shanon-Wiener, se obtuvieron los siguientes valores:

$$H_{1.800} = 2.9$$

$$H_{1.900} = 3.0$$

$$H_{2.000} = 3.3$$

$$H_{2.200} = 3.1$$

$$H_{total} = 3.4$$

El índice de diversidad es mayor en los niveles superiores (2.000 y 2.200 m) y es más bajo en los niveles inferiores (1.800 y 1.900 m).

6.2 Estructura de la vegetación

El número de individuos tiene una relación negativa con la altura del estrato, la mayor cantidad de individuos se encuentran en los estratos de menor altura y disminuyen a medida que se incrementa la altura del mismo, el mismo comportamiento sigue la abundancia y cobertura relativa (Tabla 7, Figura 10).

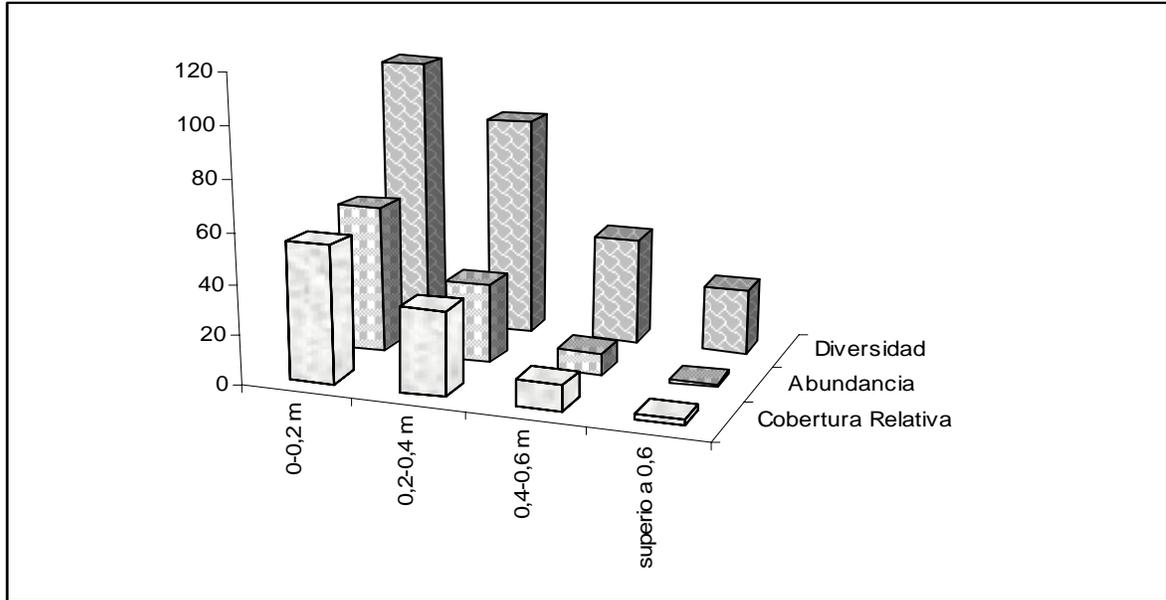


Figura 10: Comparación de la estructura de acuerdo a la diversidad, abundancia y cobertura relativa.

En el estrato bajo con los mayores valores se encuentran a 1.900 y 2.200 m, y los menores valores a 1.800 y 2.000 m; en el caso del estrato medio 1, presenta más individuos a los 1.800 y 2.000 m, y disminuyen a 1.900 y 2.200 m; el estrato medio 2, presenta su mayor valor a 1.800 m, en el nivel 1.900 m disminuye; sin embargo, a 2.000 y 2.200 m aumenta su valor; por último, para el estrato superior la cantidad de individuos disminuye con la altitud (Figura 11).

La cobertura relativa muestra que sus mayores valores se encontraron en el estrato bajo llegando a más del 50% hasta apenas 1.97% en el estrato superior. La distribución de las coberturas de los estratos en relación con el gradiente altitudinal, muestra que el estrato bajo presenta sus mayores valores a 1.900 y 2.200 m, y sus menores valores a 1.800 y 2.000 m; el estrato medio 1 tiene mayor cobertura en los niveles 1.800, 1.900 y 2.000 m, pero disminuye a 2.200 m; el estrato medio 2 tiene mayor cobertura a 1.800 y 2.000 m y menor cobertura a 1.900 y 2.200 m; el estrato superior sigue más o menos el mismo patrón,

con menores valores de cobertura a 1.900 y 2.200 y mayores valores a 1.800 y 2.000 (Tabla 7).

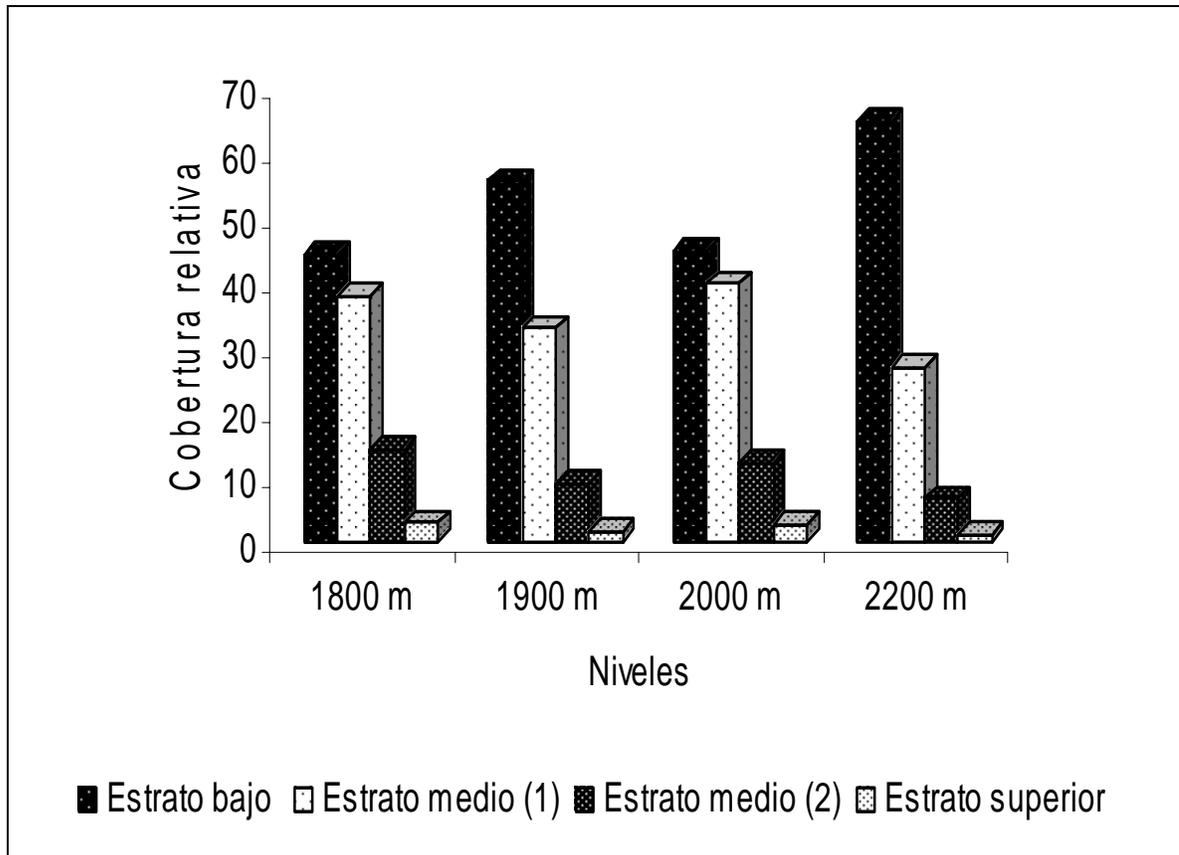


Figura 11. Estructura vertical en los diferentes niveles altitudinales.

6.3 Similitud florística

Los niveles 2.000 y 2.200 m presentaron la mayor cantidad de especies en común (37) con un índice de similitud IS (Índice de Sørensen) =55.22%, sin embargo, este IS no es el más alto, ya que los niveles 1.900 y 2.000 m presentaron un IS de 56.36%, con 31 especies en común. Entre 1.800 y 2.000 m se obtuvo el IS mas bajo (47.62%) con 25 especies en común, al igual que entre 1.800 y 2.200 IS = 52.8% con 33 especies en común, pero los niveles 1.800 y 1.900 m presentaron 27 especies en común con un IS =53.46 (Tabla 9).

Tabla 7. Estructura a lo largo del gradiente altitudinal.

Diversidad (N° de especies)	Niveles del gradiente altitudinal				
	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	Total
Estrato bajo	43	48	54	70	109
Estrato medio 1	31	39	44	54	88
Estrato medio 2	18	19	24	21	43
Estrato superior	12	13	9	10	26
Total	48	53	57	77	120
Cobertura Relativa (%)	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	Total
Estrato bajo	44,51	56,02	44,98	65,04	54,55
Estrato medio 1	38,07	33,24	40,12	27,1	33,58
Estrato medio 2	14,3	9,01	12,18	6,79	9,9
Estrato superior	3,12	1,73	2,72	1,06	1,97
Total	100	100	100	100	100
Abundancia (N° de individuos)	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	Total
Estrato bajo	662	1201	978	1730	4571
Estrato medio 1	608	570	714	567	2459
Estrato medio 2	230	118	158	167	673
Estrato superior	48	21	20	18	107
Total	1548	1910	1870	2482	7810

Las familias de hábito graminoide más importantes que se encuentran distribuidas en todos los estratos son Poaceae, Cyperaceae, Xyridaceae, y entre las herbáceas y arbustivas se encuentran Pteridophyta, Asteraceae, Melastomataceae. Las especies, tanto gramínoideas como herbáceas y subarbustivas, que se distribuyen en todos los estratos son: *Axonopus siccus*, *Axonopus caulescens*, *Baccharis latifolia*, *Bulbostylis paradoxa*, *Axonopus canescens*, *Microlicia arenariaefolia* y *Pteridium arachnoideum* (Tabla 8).

La familia más abundante del estrato bajo en todo el gradiente altitudinal fue Poaceae, disminuyendo en los estratos siguientes; Cyperaceae, Melastomataceae, Asteraceae y Pteridophyta tienen el mismo comportamiento, siendo más abundantes en el estrato bajo, disminuyendo en los estratos superiores.

Thrasya thrasyoides (613 individuos) es la especie más abundante en el estrato bajo, en todo el gradiente altitudinal, presentando su mayor valor a 2.200 m, disminuyendo considerablemente a 1.800, 1.900 y 2.000 m. *Axonopus caulescens*, se comporta de la misma manera teniendo su valor mayor a 2.200 m y el menor a 1.800 m (Tabla 7); entre las especies herbáceas y arbustivas más importantes del estrato bajo tenemos que *Microlicia arenariaefolia* es más abundante a 1.900 m y 2.200. *Vernonia simplex* presenta valores irregulares en todo el gradiente, y *Pteridium arachnoideum* lo mismo, estando ausente a 1.800 m (Tabla 7).

En estrato medio 1, la especie más abundante es: *Axonopus siccus*, siendo su mayor valor a 1.900 y 2.000 m; *Axonopus canescens* no presenta mayor variación en su abundancia en todos los niveles; las especies herbáceas y arbustivas más abundantes de este estrato, como *Microlicia arenariaefolia* y *Pteridium arachnoideum* en general tienden a ser más abundantes en los niveles superiores, mientras que *Phytolacca bogotensis*, se encontró solo a 1.900 m y es más abundante en este estrato.

Axonopus siccus es la especie más abundante en el estrato medio 2, muestra cierta tendencia a disminuir con la altitud, al igual que *A. canescens*. (Tabla 7). Entre las especies herbáceas y arbustivas de este estrato, *Pteridium arachnoideum* no se encontró a 1.800, presentando su mayor valor a 2.000 m; *Microlicia arenariaefolia* en este estrato solo se encontró a 1.900 y 2.000 m con pocos individuos; mientras que *Baccharis latifolia* solo se registró a 2.200.

Nuevamente *Axonopus siccus* es la especie más abundante en el estrato superior, con mayor abundancia a 1.800 m, hasta casi estar ausente en los 2.200 m; *Trachypogon spicatus* presenta sus mayores valores a 1.800 y 2.000 m, y sus menores valores a 1.900 y 2.200. Entre las especies herbáceas y arbustivas importantes de este estrato encontramos a

Baccharis latifolia solo a 2.200 m, *Eryngium elegans* solo en el nivel 2.000 m, y *Microlicia arenariaefolia* solo 1 individuo a 1.900 (Tabla 8).

Tabla 8. Especies importantes de acuerdo con estrato de altura y niveles del gradiente.

Estrato	Especie	Niveles del gradiente altitudinal				Total
		1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m	
	<i>Thrasya cf. thrasyoides</i>	23	48	51	491	613
Estrato	<i>Axonopus caulescens</i>	48	66	173	183	470
Bajo	<i>Microlicia arenariaefolia</i>	50	102	61	92	305
(0,2-0,4 m)	<i>Vernonia simplex</i>	13	2	16	13	44
	<i>Pteridium arachnoideum</i>	0	2	22	13	37
	<i>Axonopus siccus</i>	105	163	130	50	448
Estrato	<i>Axonopus canescens</i>	51	46	41	46	184
medio 1	<i>Microlicia arenariaefolia</i>	5	17	32	13	67
(0,4-0,6 m)	<i>Pteridium arachnoideum</i>	0	7	12	33	52
	<i>Phytolacca bogotensis</i>	0	24	0	0	24
	<i>Axonopus siccus</i>	48	31	38	25	142
Estrato	<i>Axonopus canescens</i>	54	17	10	3	84
medio 2	<i>Pteridium arachnoideum</i>	0	8	20	3	31
(0,6-0,8 m)	<i>Microlicia arenariaefolia</i>	0	5	10	0	15
	<i>Baccharis latifolia</i>	0	0	0	10	10
	<i>Axonopus siccus</i>	10	5	2	1	18
Estrato	<i>Trachypogon spicatus</i>	9	1	5	2	17
superior	<i>Pteridium arachnoideum</i>	0	1	5	0	6
(0,8 y más)	<i>Baccharis latifolia</i>	0	0	0	3	3
	<i>Baccharis trimera</i>	0	0	2	0	2
Total		48	21	20	18	107

Tabla 9. Comparación florística de los diferentes niveles altitudinales. El número de especies en común (arriba del diagonal), la diversidad en cada nivel (números del diagonal) y valores del índice de Sørensen (abajo del diagonal).

Niveles	1.800 m	1.900 m	2.000 m	2.200 m
1.800 m	48	27	25	33
1.900 m	53,46	53	31	36
2.000 m	47,62	56,36	57	37
2.200 m	52,8	55,38	55,22	77

El análisis de componentes principales ordena de acuerdo a datos cuantitativos la cobertura relativa en cada uno de los niveles del gradiente, (mostrada en el eje y), con cada especie (mostrada en el eje z), y representados con porcentajes (mostrado en el eje x). En este caso mostramos las especies más importantes, como *Axonopus siccus* y *Bulbostylis paradoxa* presentan mayores cobertura a 1.800 y 1.900 (el tamaño de cada triangulo representa la cobertura relativa en cada gradiente). Sin embargo, en el caso de *Pteridium arachnoideum* y *Microlicia arenariaefolia* las mayores coberturas se encuentran a 2.000 y 2.200 (Figura 12).

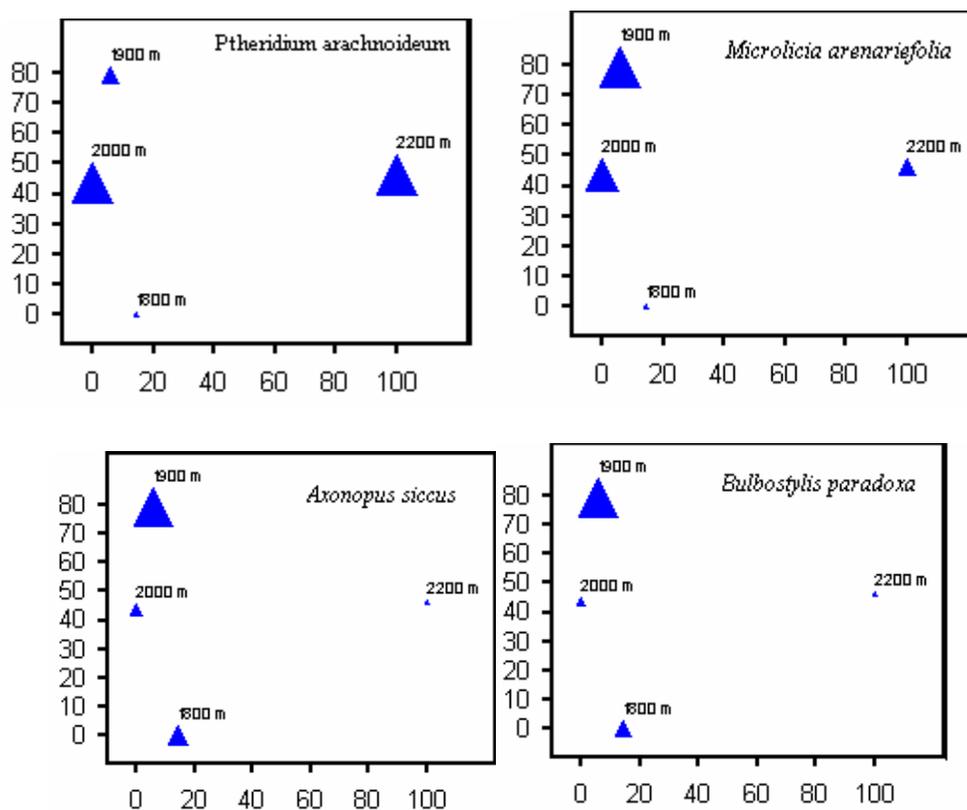


Figura 12. Distribución de las especies más importantes en el gradiente altitudinal.

El análisis de clasificación, esta determinado de acuerdo a las especies, con su cobertura relativa en cada gradiente y las especies en común entre los gradientes. Siendo prácticamente similares los niveles 1.800 y 1.900 y aproximadamente 70% similares los

niveles 1.800, 1.9000 y 2.000 m. Separando el nivel 2.200 m en un grupo independiente (Figura 13).

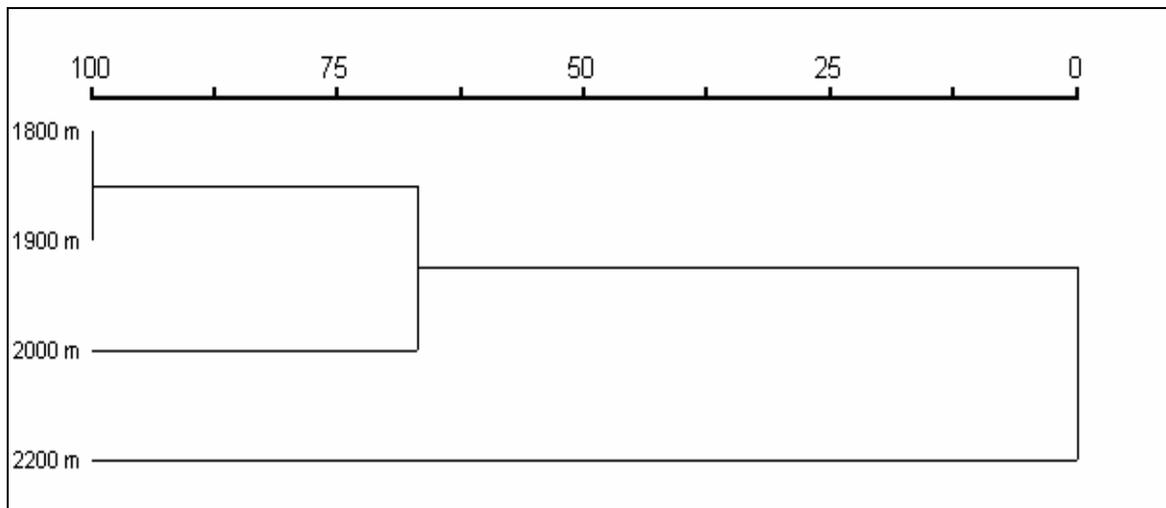


Figura 13. Clasificación de los niveles del gradiente altitudinal, tomando en cuenta la cobertura relativa de las especies.

7. Discusión

Composición florística y diversidad

Es difícil hacer comparaciones objetivas con otros estudios realizados en sabanas neotropicales por la variedad de metodologías empleadas en las mismas, incluso con estudios que han utilizado líneas de intercepción, pues las unidades muestreadas tienen diferente longitud. A esto hay que añadir la dificultad que supone el identificar precisa y completamente las especies sabaneras, en especial las gramínoideas en las evaluaciones cuantitativas. En muchos casos solo se pueden efectuar consideraciones generales mediante la revisión de las listas de especies. Sin embargo y en base a la revisión bibliográfica, se coincide con ciertas tendencias que se plantean a continuación:

En general las sabanas neotropicales bien drenadas, como es el caso del área de estudio en este trabajo, suelen estar dominadas por un reducido grupo de géneros de gramíneas como

Andropogon, *Axonopus*, *Elionurus*, *Schizachyrium*, *Trachypogon* y ciperáceas como *Bulbostylis*, *Fimbristylis* y *Rhynchospora* (Mostacedo & Killeen 1997). Las sabanas evaluadas en el presente estudio siguen esta tendencia, pero presentan a su vez géneros leñosos de ambientes montanos como *Bejaria* (Ericaceae), *Saurauia* (Actinidaceae), *Ilex* (Aquifoliaceae) (Beck 1993) que más bien son característicos de bordes de bosque o del propio bosque (Vasquez 1997).

La familia Asteraceae es una de las más diversas en este estudio, como suele serlo en general en vegetación andina por encima de los 2.000 m (Gentry 1988, Oliveira & Marquis 2002). Cuenta tanto con especies de borde de bosque (*Baccharis platypoda*, *Mutisia lanata*), como de sabana (*Baccharis aphylla*, *Vernonia simplex*). *Puya* (Bromeliaceae) es otro género andino típico de vegetación abierta, especialmente sobre rocas (Vasquez 1997), que se ha registrado en nuestras evaluaciones en las sabanas de Apolo.

Es destacable también la abundancia y dominancia de *Bulbostylis paradoxa* en gran parte del gradiente evaluado. Esta especie (pirófita) presenta adaptaciones a las quemas como su hábito en macollos y la presencia de un caudex grueso que protege al tejido de renovación en el centro (Steyermark & Huber 1978, Vasquez 1997). La expansión de esta especie muy probablemente está relacionada con la adaptación a lugares anegados temporalmente, ya que también se encuentra en las sabanas de tierras bajas y en Cerrado (Haase & Beck 1989, Killeen *et al.* 1998).

La presencia en estas sabanas de especies endémicas como *Hemipogon andinum* (Asclepiadaceae), *Isidrogalvia longiflora* (Liliaceae), *Cuphea nivea* (Lythraceae) una nueva especie recién descrita por Graham (2005), que se presenta en lugares abiertos sugiere la existencia de manchones de sabanas en la zona antes de la aparición e influencia del hombre (Beck 1993), probablemente en forma de parches sobre suelos muy

superficiales rodeados de bosque (Sarmiento 1983), como ocurre en la actualidad en las serranías marginales subandinas del Madidi y Pilon Lajas (Fuentes en prensa).

Las sabanas de Apolo tienen mayor afinidad con sabanas ecológicamente similares y geográficamente más próximas como las de Coroico, con las que comparten bastantes especies y la mayor parte de los géneros (Beck 1993). Los parches de sabanas en las cimas de las serranías subandinas marginales del Madidi también muestran afinidad con las sabanas de Apolo (Fuentes en prensa).

Con el Cerrado del Parque Noel Kempff se tienen muy pocas especies en común, pero comparten por ejemplo géneros como *Aristida*, *Axonopus*, *Elionurus*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Thrasya* y *Trachypogon* entre las gramíneas. Se trata en su mayor parte de géneros con amplia distribución característicos de suelos bien drenados rocosos y pobres (Mostacedo & Killeen 1997); además comparten gramínoideas como *Xyris* (Xyridaceae) y *Eriocaulon* (Eriocaulaceae). Entre los géneros arbustivos y subarbustivos en común destacan principalmente *Miconia* (Melastomataceae), *Chamaecrista* (Fabaceae), *Hyptis* (Lamiaceae), *Myrcia* (Myrtaceae) y *Roupala* (Proteaceae) (Gutierrez 1995).

Las siguientes especies, características del llamado “campo limpo” (variante estructural del Cerrado casi sin componente leñoso): *Blepharodon lineare*, *Hemipogon sprucei*, *Axonopus marginatus* y *Vernonia herbacea*, se encontraron casualmente en las sabanas de Apolo que también en su mayor parte carecen de árboles o arbustos. La afinidad, al menos a nivel genérico, es mayor con las sabanas bien drenadas de Cerrado, con las que comparte 23 géneros (Mostacedo & Killeen 1997, Oliveira & Marquis 2002), que con las inundadas, con las que comparte 13 géneros (Gutierrez 1995).

La diversidad de las sabanas de Apolo es menor cuando se la compara con las sabanas de Cerrado del escudo precámbrico y sabanas inundadas. En estudios efectuados en el Cerrado

del Parque Noel Kempff Mercado en Cerrado y en sabanas inundadas, se registraron 130 especies en Cerrado en 240 m lineales y en sabanas inundadas se tienen 98 especies en 260 m lineales (Gutiérrez 1995). En el presente estudio solamente se registraron 120 especies, en un total de 700 m lineales (Anexo 3).

Existen varias causas para esta diferencia, una puede ser consecuencia de la mayor antigüedad y estabilidad geológica del escudo precámbrico, donde se ha desarrollado la vegetación del Cerrado, con relación al sistema andino, lo que ha permitido una mayor adaptación y especiación de las plantas de sabana (Huber 1987). Otra de las causas probables es que en las sabanas de Apolo la frecuencia de quemas sea mayor con relación a las del Cerrado del parque Noel Kempff. Apolo es una población antigua, hay poco componente leñoso y las visitas periódicas realizadas hemos observado quemas extensivas, en estos caminos precolombinos.

Se ha supuesto que la diversidad va disminuyendo a medida que aumenta la elevación, sin embargo estudios que corroboren esto son relativamente escasos (Sarmiento 1984, Steyenmark 1995). Este estudio reporta lo contrario, mostrando mayor diversidad a mayores altitudes, aunque este hecho es difícil de interpretar sin tener conocimiento suficiente de la historia de uso del territorio del área estudiada. El encontrar mayor diversidad en los niveles altitudinales superiores podría indicar la existencia de sabanas en el área previa intervención directa del hombre, especialmente con el manejo del fuego (Sarmiento 1984, Killeen 1998).

Es probable que la mayor antigüedad de las sabanas en los niveles superiores haya favorecido el establecimiento de un mayor número de especies propias de sabanas montanas (Sarmiento 1984, Huber 1987), mientras que en los niveles inferiores (< 1.800 m), dada su probable menor antigüedad y la mayor trashumancia humana, hubiesen

permitido la introducción de especies aloctonas con mayores ventajas adaptativas a condiciones de excesiva frecuencia de fuegos (Oliveira & Marquis 2002, Killen 1998), imperantes en la actualidad, y estas estén acompañadas de un reducido grupo de especies de las sabanas montanas originales (Sarmiento 1984, Hanagarth & Szwagrzak 1998).

La diferencia en la diversidad florística entre los niveles puede estar condicionada más bien por distintas historias de uso referidas a la frecuencia de las quemas y mayor o menor carga ganadera (Steyermark 1987, Sarmiento 1984, Beck 1998, Killen 1998, Hanagarth & Szwagrzak 1998, Oliveira & Marquis 2002), que repercuten directamente en la estructura y fertilidad de los suelos, como sugiere la presencia y abundancia de especies de borde de bosque en ambos niveles superiores, entre éstas *Saurauia rusbyi*, *Ilex boliviana*, *Baccharis platypoda*, *Bejaria aestuans*, *Cavendishia bracteata*, *Chusquea* spp. y *Pteridium arachnoideum* (Fuentes en prensa).

Por el contrario, la mayor abundancia de especies pirófitas y/o adaptadas a suelos anegados, y rocosos como *Bulbostylis paradoxa*, *Axonopus marginatus*, *Axonopus siccus*, *Elionurus muticus* y *Leptocoryphium lanatum* (Beck 1993), además de la menor cobertura de la vegetación en los niveles inferiores, indicarían una mayor destrucción de los suelos (Beck 1998b, Oliveira & Marquis 2002). Lo anterior concuerda con la situación de las sabanas en la zona, en los niveles inferiores que se encuentran más próximos a los núcleos de población, la matriz predominante está constituida por sabana, con manchas de bosques en las quebradas, mientras que en los niveles superiores y más hacia el este la situación se invierte, pues la vegetación predominante es boscosa y las sabanas se reducen a manchas o lenguas interdigitadas con el bosque principalmente al lado de los caminos (Killen 1998).

La curva especies vs. área no llega a estabilizarse por completo en ninguno de los casos (Figura 4), sin embargo, tiene mayor tendencia en la asíntota a los 190-170 m de longitud

en los niveles 1.900 y 2.000 respectivamente, no ocurre lo mismo en el nivel 1.800 m donde faltó más longitud de muestreo para hacer una evaluación representativa de este nivel. La curva del nivel a 2.200 m, a pesar de tener mayor longitud de muestreo, se mantiene en posición vertical posiblemente por la mayor presencia de especies de borde de bosque en este nivel (Figura 3), por esta razón tomamos en cuenta los promedios para realizar los cálculos de diversidad, realizando una estandarización para poder comparar y atenuar el error.

En el caso de sabanas de Cerrado y campos Cerrados del parque Noel Kempff Mercado las curvas se estabilizan a los 260 m y en campos rupestres a los 180 m (Mostacedo & Killeen 1997). Es también probable que la diferencia de 100 m de rango altitudinal entre los diferentes niveles sea insuficiente y por lo tanto se necesita más longitud de líneas para determinar mejor la representatividad del muestreo.

Estructura

La cobertura total de la vegetación disminuye con la altitud (Tabla 2), hecho que guarda relación con el mayor grado de degradación de los suelos y de las sabanas en niveles inferiores, en que predominan especies adaptadas al fuego y suelos pobres y rocosos, en general poco o nada palatables como *Axonopus siccus*, *Trachypogon spicatus*. En algunos lugares se presentan estas especies intercaladas con suelos desnudos (Renvoize 1998).

Comparando la dominancia a nivel de familia del presente estudio con otros estudios de sabanas en Bolivia, apenas coincide la dominancia de Poaceae entre las cinco familias más importantes, además de Melastomataceae con el Cerrado del escudo precámbrico y Asteraceae con el Chaco (Killeen 1997, Fuentes 2002). En el caso de las especies sólo existe coincidencia en *Axonopus marginatus* con el Cerrado del Parque Noel Kempff entre

las dominantes (Tabla 8), reflejando la gran variabilidad de las sabanas en Bolivia, relacionada con diferencias climáticas, geomorfológicas, biogeográficas e históricas (Beck 1998, Hanagarth & Szwagrzak 1998).

La mayor cobertura encontrada en el estudio pertenece a las familias Poaceae y Cyperaceae (Figura 7) Asteraceae, que es la familia con mayor diversidad, queda relegada al quinto lugar en cobertura, después de Melastomataceae y Pteridophyta, cuyas especies no forman colonias numerosas como las Poaceae o Cyperaceae, sino más bien se distribuyen como individuos aislados y dispersos sin llegar a alcanzar valores altos de cobertura (Mostacedo & Killeen 1997). Este mismo patrón de abundancia y diversidad se da en el Cerrado y en las sabanas húmedas del Parque Nacional Noel Kempff Mercado con especies leñosas de Fabaceae y Myrtaceae, que se presentan en forma aislada (Oliveira & Marquis 2002, Killeen 1998).

En cuanto a la estructura vertical, de los cuatro estratos diferenciados, la cobertura disminuye con la altura de cada estrato, al igual que la abundancia y diversidad, aunque en distintas proporciones en los distintos rangos. En los niveles 1.900 y 2.200 m la cobertura y la abundancia en el estrato bajo (0 a 20 cm.), representan casi la mitad o algo más del valor total, a diferencia de los niveles 1.800 y 2.000 m en que estos valores representan menos de la mitad (Tabla 7). Este patrón se presenta en los estudios realizados en el Cerrado del escudo precámbrico, en este caso el cerradão presenta la mayor cobertura en el estrato de 0-20 cm y el campo Cerrado la mayor cobertura esta entre 20-40 cm (Mostacedo 1995). Además de suelo superficial presenta poca materia orgánica más la intensidad de fuego en el área que cambia la estructura y composición del paisaje (Sarmiento 1984, Mostacedo 1995). En las sabanas de Venezuela la cobertura alcanza 55% de vegetación y el estrato

inferior (0-20 cm), con especies dominantes como *Leptocoryphium lanatum* y *Axonopus canescens*.

De las cinco especies más abundantes en los distintos estratos, las dos primeras invariablemente son gramíneas y el resto corresponde a subarbustos, arbustos y a la subespecie del helecho cosmopolita *Pteridium aquilinum* (en este trabajo considerado como *Pteridium arachnoideum*) (Tabla 7). Entre las gramíneas, las especies de *Axonopus* dominan en todos los estratos, además de *Thrasya thrasyooides* en el estrato bajo y *Trachypogon spicatus* en el estrato superior: *Microlicia arenariaefolia* y *Pteridium arachnoideum* son las especies más importantes en todo el gradiente, aunque no se encuentran entre las cinco especies más abundantes en todos los niveles altitudinales. En el caso de sabanas de Venezuela en los llanos se presenta la misma estructura con la presencia de *Trachypogon vestitus*, *Leptocoryphium lanatum* y *Axonopus canescens*, en nuestro estudio estas especies se encuentran con menores coberturas (Sarmiento 1984).

El número más alto de individuos de *Pteridium arachnoideum* se encuentra a 2.200 m en el estrato medio. Esta especie tiene una amplia adaptación a condiciones edáficas y climáticas pero prefiere suelos húmidos y humedad relativamente alta como en esta altitud (Beck com. pers.). En el caso de *Microlicia arenariaefolia* es una especie arbustiva que crece en todos los estratos, presenta su hábitat en cerradão (bosque deciduo), laja arenisca y en lugares rocosos (Killeen 1998), distribuida en Bolivia y Brasil, de igual forma presenta mayor adaptabilidad a lugares donde existen quemadas continuas, por su xilopodio (Vasquez 1997).

A diferencia de otras sabanas como las de Cerrado, las de este estudio no presentan prácticamente árboles o arbustos altos. Sin embargo, en otros sectores como cerca de la población de Apolo y al sur del mismo se observan áreas de sabanas arboladas o arbustivas.

La mayor o menor abundancia del componente leñoso se puede atribuir a la frecuencia de los fuegos, a mayor frecuencia disminuye el componente leñoso como ocurre por ejemplo en el Cerrado según Coutinho (1982) y Furley (1999).

Similitud florística

Las especies de sabana tienden a tener mayor amplitud ecológica que las especies de bosques, teniendo mayor distribución altitudinal y latitudinal (Beck 1998, Oliveira & Marquis 2002). Puede que esta sea una de las causas para que no se encuentren diferencias significativas a lo largo del gradiente o que el rango altitudinal evaluado corresponda en su mayor parte a un solo piso de vegetación. En el nivel superior a 2.200 m al lado del bosque montano húmedo aparecen mas especies leñosas de este bosque como *Saurauia rusbyi*, *Bejaria aestuans*.

Podrían encontrarse diferencias significativas muestreando a nivel de pisos altitudinales con un rango mayor de diferencia altitudinal. Concretamente en relación a la clasificación y considerando la cobertura relativa de las especies, se separa claramente el nivel superior (2.200 m) de los demás (Tabla 6 y Figura 13), aunque como mencionamos anteriormente esta diferencia puede estar más bien relacionada con el grado de degradación de los suelos. Los dos índices de similitud de Sørensen y el índice de Shanon–Wiener realizados para comparar la diferencia entre los niveles (Tabla 9), no encuentran una diferencia significativa entre los niveles, estas diferencias al realizar el dendrograma se acentúa más pero diferenciando el nivel superior (2.200 m) de los demás niveles. En las tierras bajas, en las que no median factores altitudinales como en este estudio, existe mayor diferencia significativa en sitios de tierra firme o bien drenados, que en sitios inundados como en el Cerrado del Parque Noel Kempff (Tabla 10) (Gutierrez 1995, Mostacedo 1995).

Tabla 10: Cuadro comparativo de la diversidad y estructura florística con otras sabanas en Bolivia.

Localidad	Fuente	Área en m	Altitud en m	No familias	No especies	Cobertura total	Familias dominantes	Especies dominantes	Estrato dominante
Apolo	Miranda et al.	700	1700-2.200	31	120	0,53	Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Pteridophyta, Asteraceae	<i>Axonopus canescens</i> , <i>A. siccus</i> , <i>Microlicia arenariaefolia</i> , <i>Pteridium arachnoideum</i>	0-20cm
Noel Kempff Mercado (Cerrado)	Mostacedo & Killeen 1997	240	190-195	46	130	0,47	Poaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Dilleniaceae.	<i>Poaceae sp3</i> , <i>Paspalum pectinatum</i> , <i>Elionurus muticus</i> , <i>Borreria sp.</i> , <i>Tretapteris racemulosa</i>	20-40cm
Noel Kempff Mercado (Cerradão)	Mostacedo & Killeen 1997	240	190	37	113	0,37	Poaceae, Clusiaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Bombacaceae.	<i>Trachypogon sp1.</i> , <i>Poaceae sp11.</i> , <i>Casearia javitensis</i> , <i>Roupala montana</i> , <i>Caraipa sp1.</i>	0-20cm
Flor de oro (sabanas húmedas)	Gutiérrez 1995	260	400-500	35	98	0,62	Poaceae, Bromeliaceae, Araliaceae, Apocynaceae, Myrtaceae.	<i>Poaceae sp1.</i> , <i>Ananas ananasoides</i> , <i>Didymopanax distractiflorus</i> , <i>Hancoria speciosa</i> , <i>Myrcia regnelliana</i> .	20-40 cm
Toledo (sabanas húmedas)	Gutiérrez 1995	260	400-500	35	96	0,47	Poaceae, Adiantaceae, Malphighiaceae, Lythraceae, Rubiaceae.	<i>Poaceae sp1</i> , <i>Adiantum serratodentatum</i> , <i>Banisteriopsis af. lucida</i> , <i>Rudgea cornifolia</i> .	40-60cm

8. Conclusiones

Las sabanas montanas del presente estudio, si bien presentan géneros comunes con otras sabanas neotropicales, difieren de manera evidente a nivel específico de otras sabanas estudiadas en Bolivia, caracterizándose por la diversidad de Asteraceae, la presencia de especies características de sabanas andino-yungueñas, además de un reducido grupo de especies del Cerrado del escudo precámbrico y algunas especies endémicas.

Los índices de similitud no encontraron diferencias significativas, entre los niveles altitudinales evaluados, esto puede estar relacionado con distintas historias de uso como por ejemplo la quema, que inciden en la estructura y composición de las áreas estudiadas.

Se registraron las siguientes especies endémicas: *Hemipogon andinum* (Asclepiadaceae), *Isidrogalvia longiflora* (Liliaceae) y *Cuphea nivea* (Lythraceae). Además *Axonopus caulescens* se constituye en nuevo registro para Bolivia, esta especie se la conocía anteriormente en las sabanas denominadas herbazales de la Guyana venezolana entre los 2.000 m de altitud.

La cobertura total de los 700 m lineales alcanza un 53 %, con especies dominantes de *Axonopus siccus*, *Thrasya thrasyoides*, *Bulbostylis paradoxa* y *Axonopus caulescens*, también presenta elementos de bosque como *Bejaria aestuans*, *Saurauia rusbyi* y el helecho cosmopolita *Pteridium arachnoideum*.

También se encuentran en las sabanas montanas de Apolo especies como *Bulbostylis paradoxa*, *Leptocoryphium lanatum* y *Axonopus canescens*, que son especies características de sabanas neotropicales húmedas de quemadas frecuentes y de agua estancada estacionalmente.

Especies como *Bulbostylis paradoxa*, *Bulbostylis junciformis* y *Microlicia arenariaefolia* presentan estrategias de adaptación, con estructuras resistentes a la quema, y de esta manera garantizan una mejor sobrevivencia.

9. Referencias bibliográficas.

- Beck, S. 1993. Bergsavannen am feuchten Ostabhang der bolivianischen Anden – anthropogene Ersatzgesellschaften? *Scripta Geobotanica* 20: 11-20.
- Beck, S. 1998a. Floristic inventory of Bolivia –an indispensable contribution to sustainable development? Pp. 243-267. En: Barthlott, W. & Winiger, M. (eds.). *Biodiversity. A challenge of development research and policy*. Springer, Berlin.
- Beck, S. 1998b. Fitosociología de las gramíneas de Bolivia. Pp 644 En: Renvoize, S.A. 1998. *Gramíneas de Bolivia*. The Royal Botanic Gardens, Kew. 644 p.
- Beck, S., Killen, T. & García, E. 1993. Vegetación de Bolivia. pp. 6-24. En: Killen, T., E. García & Beck S. (eds.) *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. Edit. Quipus. La Paz.
- Beck, S.G., E. García & F. Zenteno. 2003. Plan de Manejo Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi: Documento botánica. En: CARE–Bolivia (editor). *Madidi de Bolivia, mágico, único y nuestro*. CD Rom. CARE–Bolivia. La Paz. 63 p.
- Canfield, R. 1941. Application of the line-intercept method in sampling range vegetation. *Forestry* 39: 388–396.
- Coutinho, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. Pp. 273-291. En: Huntley, B.J. & B.J. Walker. (eds). *Ecology of Tropical Savannas*. Springer-Verlag, Berlin.

- Cuello, N., T. Killeen & C. Antezana. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. Pp. 78–90. En: Miranda L. & E. Castellano. Memoria del curso de vegetación. (En prensa) Santa Cruz.
- Foster, R. 1991. Plant communities of Alto Madidi, Bajo Tuichi, and the Foothill Ridges. pp. 15–19. En: T.A. Parker III & B. Bailey (editors). A biological assessment of the Alto Madidi region. RAP Working Papers 1. Conservation International, Santa Cruz.
- Fuentes, A. 2002. Ecología del fuego en el Parque Kaa-Iya del Gran Chaco y zonas aledañas: Componente botánico-flora. pp 93-111. En: J. Guerrero (editor). Ecología del Fuego en el Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado Kaa-Iya del Gran Chaco. Proyecto Kaa-Iya, CABI y WCS. Santa Cruz.
- Fuentes, A. Una introducción a la vegetación de la región de Madidi. Ecología en Bolivia. En prensa.
- Furley, P.A. 1999. The nature and diversity of Neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography* 8: 223-241.
- Gentry, A. 1988. Change in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75(1): 1-34
- Gentry, A. 1991. Phytogeography of Alto Madidi, Bajo Tuichi, and the Foothill Ridges. Pp. 19-21. En: T. Parker & B. Bailey (eds.). A Biological Assessment of the Alto Madidi Region and adjacent areas of Northwest Bolivia May 18-June 15, 1990. Conservation International, Washington D.C.
- Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forest. Pp. 103-126. En: S. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. Luteyn (editors).

Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. The New York Botanical Garden Bronx, Nueva York.

Graham, S. 2005. *Cuphea nivea* (Lythraceae), a New Species from Bolivia. *Novon* 15: 136–138.

Haase, R. & S. Beck. 1989. Structures and composition of savanna vegetation in northern Bolivia: a preliminary report. *Brittonia* 41 (1): 80-100 pp.

Hanagarth, W. & Szwagrzak, A. 1998 Geocology and biodiversity-problems and perspectives for the management of natural resources of Bolivia's forest and savanna ecosystems. Pp. 289-310. En: Barthlott, W.; Winiger Berlin, M. (eds.). *Biodiversity. A Challenge of Development Research and Policy*. Springer.

Huber, O. 1987. Neotropical savannas their flora and vegetation. *Tree* 2(3): 67-71.

Huber, O. 1995 Vegetación. pp. 97-160. En: Steyermark, J.A, P. Berry & Holst B. (eds.) *Flora of the Venezuelan Guayana*. Missouri Botanical Garden. St. Louis.

Hugh, E, P. Glinni & C. Blair-Myers, 1999. Vegetación Map of Tropical South America at. Esc: 1:5 000 000. Joint Research Centre. Italia. 33p.

Ibisch, P.L., S.G. Beck, B. Gerkmann & A. L. Carretero. 2003. Ecoregiones y ecosistemas. pp 47–88. En: P. Ibisch & G. Mérida (editores). *Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia*. Estado de Conocimiento y Conservación. Fundación Amigos de la Naturaleza. Santa Cruz de la Sierra.

Killeen, T.J. 1998. Vegetación y flora del Parque Nacional Noel Kempff Mercado. pp. 86–111. En: T.J. Killeen & T.S. Schulenberg (Editors). *A biological assesment of Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Bolivia*. RAP Working Papers 10. Conservation International. Washington, D.C.

- Matteucci S. & A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología N°22 Secretaria de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Washington, D.C. 162 p.
- Mccune, B. & M. Mefford. 1999. Manual de PcOrd. Nueva York. 253 p.
- Miranda, V., J. Córdova & M. Quisberth (eds.). 1994. Mapa de provincias fisiográficas de Bolivia y memoria explicativa. Esc: 1:1.000.000. Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Alemania) & Servicio Geológico de Bolivia. La Paz.77 p.
- Mostacedo, B. & T. Killeen. 1997. Estructura y composición en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Santa Cruz, Bolivia. Boletín de la Sociedad Botánica de México 60: 25–43.
- Mostacedo, B. & T.S. Fredericksen. 2.000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).Santa Cruz, 87 p.
- Müller, R., S.G. Beck & R. Lara. 2002. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos climáticos. Ecología en Bolivia 37(2): 5–14.
- Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas. pp. 1–500 En: G. Navarro & M. Maldonado. Geografía Ecología de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño Departamento de difusión. Cochabamba.
- Oliveira, P. & R. Marquis (eds). 2002. The Cerrados of Brasil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. The cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University. Nueva York. Pp 398
- Ribera, M., M. Liberman, S., Beck & M. Moraes. 1996. Vegetación de Bolivia Pp. 169-22. En: Mihotek (coordinador). Comunidades, Territorios Indígenas y Biodiversidad en

- Bolivia. Centro de investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”, Santa Cruz.
- Sarmiento, G. 1983. The Savannas of Neotropical America. Pp. 79–108. En: F. Boulière (ed.) Ecosystems of the world 13. Tropical Savannas. Elsevier Scientific Publishing Company, Londres.
- Sarmiento, G. 1984. The Ecology of Neotropical Savannas. Harvard University. Nueva York. Pp. 235.
- (SENAMHI) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 1990. Registros climáticos de Estaciones Meteorológicas de Bolivia. Registros Estadísticos. 91 p.
- Steyermark, J. & Huber, O. 1978. Flora del Ávila. Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales y Ministerio del Ambiente y de los recursos naturales renovable. Caracas. 971 p.
- Steyermark, J., P. Berry. & B. Holst. 1995. Flora of the Venezuelan Guayana Vol 1. Introduction. P. Berry., B. Holst. & K. Yatskievych (eds). Missouri Botanical Garden. St. Louis. 320 p.
- Suárez, R. (coordinador). 2001. Mapa geológico de Bolivia. Servicio Nacional de Geología y Minería & Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. La Paz Esc: 1:1.000.000
- Tovar, O. 1990. Tipos de Vegetación, Diversidad Florística y Estado de Conservación de la Cuenca de Mantaro. Centro de Datos para la Conservación. Lima 72 p.
- Vasquez, R. 1997. Flórula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Missouri Botanical Garden. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 1046 p.
- Visauta, B. 2002 Análisis estadístico con SPSS para Windows. Mc Graw Hill Interamericana. Barcelona. 326 p.
- Walter, H & S. Breckle 1984 Oekologie der Erde., Fischer, Berlin. 461 S.

Weberbauer, A. 1945. El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Ministerio de Agricultura.
Lima. 776 p.

Zambrana, C. 2005. Distribución y diversidad potencial de la avifauna en un complejo de áreas protegidas del noreste de La Paz, implicaciones para la conservación. Tesis de grado para optar al grado de Licenciatura en Biología. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz pp 97.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de líneas muestreadas con coordenadas y altitud de Apolo				
Número de orden	Nivel altitudinal	Altitud (m)	Longitud (°)	Latitud (°)
1	2	1800	14°37	68°22
2	2	1800	14°37	68°22
3	2	1837	14°35	68°20
4	2	1837	14°35	68°20
5	1	1777	14°34	68°20
6	1	1777	14°34	68°20
7	3	1958	14°32	68°18
8	3	1958	14°32	68°18
9	3	1985	14°31	68°18
10	3	1985	14°31	68°18
11	4	2226	14°31	68°15
12	4	2226	14°31	68°15
13	4	2247	14°31	68°15
14	4	2247	14°31	68°15
15	4	2215	14°30	68°15
16	4	2215	14°30	68°15
17	2	1859	14°37	68°22
18	2	1825	14°35	68°22
19	2	1835	14°36	68°22
20	2	1855	14°34	68°20
21	1	1730	14°34	68°20
22	1	1795	14°34	68°20
23	4	2020	14°31	68°19
24	3	1990	14°31	68°18
25	3	1990	14°31	68°18
26	3	1990	14°31	68°16
27	4	2220	14°31	68°15
28	4	2220	14°31	68°15
29	4	2222	14°31	68°15
30	2	1815	14°38	68°23
31	1	1785	14°36	68°22
32	1	1785	14°36	68°22
33	1	1784	14°36	68°22
34	1	1784	14°37	68°22
35	1	1784	14°37	68°22
36	1	1784	14°37	68°22
37	1	1716	14°34	68°20
38	2	1.800	14°34	68°20
39	2	1829	14°34	68°20
40	2	1800	14°34	68°20
41	2	1800	14°34	68°20

Anexo 1: Tabla de líneas muestreadas con coordenadas y altitud de Apolo				
Número de orden	Nivel altitudinal	Altitud (m)	Longitud (°)	Latitud (°)
42	2	1826	14°33	68°20
43	3	1924	14°33	68°20
44	3	1924	14°34	68°20
45	3	1924	14°36	68°22
46	3	1924	14°33	68°20
47	3	1995	14°32	68°20
48	4	2007	14°32	68°19
49	4	2239	14°31	68°15
50	4	2239	14°31	68°15
51	4	2209	14°31	68°15
52	4	2209	14°31	68°15
53	4	2033	14°31	68°17
54	4	2214	14°31	68°16
55	4	2092	14°31	68°17
56	4	2092	14°31	68°17
57	4	2048	14°31	68°17
58	3	1990	14°32	68°20
59	3	1900	14°37	68°22
60	3	1990	14°37	68°22
61	3	1990	14°36	68°22
62	3	1900	14°36	68°22
63	2	1830	14°35	68°20
64	2	1800	14°36	68°21
65	1	1733	14°37	68°21
66	1	1745	14°37	68°22
67	1	1754	14°31	68°16
68	2	1837	14°38	68°27
69	2	1837	14°38	62°23
70	2	1837	14°38	68°23

Anexo 2: Diversidad de las sabanas de montaña		
Familia	Género	Especie
Actinidaceae	1	1
Apiaceae	1	1
Aquifoliaceae	1	1
Asclepiadaceae	3	3
Asteraceae	18	32
Bromeliaceae	2	2
Cariophyllaceae	1	1
Clusiaceae	1	1
Cyperaceae	3	12
Droseraceae	1	1
Ericaceae	3	3
Eriocaulaceae	1	1
Fabaceae	5	6
Gentianaceae	1	1
Iridaceae	1	2
Lamiaceae	1	1
Liliaceae	1	1
Lythraceae	1	2
Malpighiaceae	1	1
Melastomataceae	5	6
Myrtaceae	1	1
Orchidaceae	3	4
Phytolaccaceae	1	1
Poaceae	14	24
Polygalaceae	1	1
Proteaceae	1	1
Pteridophyta	4	4
Rubiaceae	2	2
Solanaceae	1	1
Violaceae	1	1
Xyridaceae	2	2

Anexo 3: Abundancia y Cobertura Relativa de las especies de sabanas de montaña

Familia	Especie	Colecta testigo	Abundancia			Total Cobertura relativa	Total						
			1800 m	1900 m	2000 m		1800 m	1900 m	2000 m	2200 m			
Actinidaceae													
	<i>Saurauia rusbyi</i> Britton	TMG 877	1	0	0	17	18	0.03	0,0	0,0	0.47	0.1	
Apiaceae													
	<i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schtdl.	CMG 3086	0	0	35	0	35	0,0	0,0	2.17	0,0	0.5	
Aquifoliaceae													
	<i>Ilex boliviana</i> Britton	CMG 3182	0	0	5	7	12	0,0	0,0	0.26	0.21	0.1	
Asclepiadaceae													
	<i>Blepharodon lineare</i> (Decne.) Decne.	TMG 409	1	0	0	0	1	0.03	0,0	0,0	0,0	0.0	
	<i>Hemipogon andinum</i> Rusby	TMG 830	1	0	0	0	1	0.02	0,0	0,0	0,0	0,0	
	<i>Hemipogon sprucei</i> E. Fourn.	TMG 765	3	4	1	1	9	0.3	0.15	0.01	0.02	0.0	
Asteraceae													
	<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	FCM 336	0	0	0	4	4	0,0	0,0	0,0	0.08	0.0	
	<i>Tagetes mandonii</i>	CMG 3097	0	3	11	0	14	0,0	0.09	0.42	0,0	0.1	
	<i>Stevia bangii</i>	TMG 761	2	0	0	0	2	0.19	0,0	0,0	0,0	0.0	
	<i>Campovasoura cruciata</i>	CMG 2987	0	0	0	2	2	0,0	0,0	0,0	0.04	0.0	
	<i>Eupatorium aff. leptcephalum</i>	TMG 478	0	5	7	4	16	0,0	0.2	0.51	0.13	0.2	
	<i>Austroeparorium inulaefolium</i>	TMG 499	0	0	1	0	1	0,0	0,0	0.08	0,0	0.0	
	Asteraceae sp6	TMG 751	1	0	0	0	1	0.02	0,0	0,0	0,0	0,0	

	Asteraceae sp7	TMG 871	0	0	0	2	2	0,0	0,0	0,0	0,05	0,0
	<i>Ayapana amygdalina</i> (Lam.) R.M. King & H. Rob.	CMG 2976	7	0	19	0	26	0,3	0,0	1,81	0,0	0,4
	<i>Ayapanopsis trixioides</i> (Martius ex Baker) R.M. King & H. Rob.	FCM 7	0	0	5	0	5	0,0	0,0	0,23	0,0	0,0
	<i>Baccharis aphylla</i> var. <i>boliviensis</i>	TMG 280	0	0	3	1	4	0,0	0,0	0,09	0,01	0,0
	<i>Baccharis chilca</i> Kunth	TMG 474	0	0	2	0	2	0,0	0,0	0,04	0,0	0,0
	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	FCM 44	0	0	0	54	54	0,0	0,0	0,0	2,31	0,8
	<i>Baccharis platypoda</i> DC.	TMG 856	0	0	0	2	2	0,0	0,0	0,0	0,25	0,0

Anexo 3: Abundancia y Cobertura Relativa de las especies de sabanas de montaña

Familia	Especie	Colecta testigo	Abundancia					Cobertura				
			1.800	1.900	2.000	2.200	Total	1.800	1.900	2.000	2.200	Total
	<i>Chaptalia mutaris</i> (L.) Pol.	TMG 245	0	2	0	0	2	0,0	0,05	0,0	0,0	0,01
	<i>Chevreulia sarmentosa</i> (Pers.) S.F. Blake	CMG 3130	0	0	0	2	2	0,0	0,0	0,0	0,04	0,01
	<i>Eupatorium</i> aff. <i>leptocephalum</i>	TMG 478	0	0	2	0	2	0,0	0,0	0,22	0,0	0,05
	<i>Hieracium commersonii</i>	TMG 887	0	3	4	0	7	0,0	0,03	0,06	0,0	0,02
	<i>Hieracium trichodontum</i> (Sch. Bip.) Arv.-Touv.	TMG 315	2	0	0	0	2	0,14	0,0	0,0	0,0	0,02
	<i>Vernonia simplex</i> (Less.) H. Rob.	TMG 256	14	2	16	15	47	0,79	0,07	0,59	0,25	0,38
	<i>Lucilia acutifolia</i> (Poir.) Cass.	TMG 243	0	1	0	0	1	0,0	0,02	0,0	0,0	0,01
	<i>Lucilia flagelliformis</i> Wedd.	FCM 15	0	5	4	2	11	0,0	0,15	0,23	0,04	0,1
	<i>Mutisia lanata</i> Ruiz & Pav.	CMG 3096	0	0	0	2	2	0,0	0,0	0,0	0,13	0,05
	<i>Stenocephalum apiculatum</i> (Mart. ex DC.) Sch. Bip.	FCM 333	0	0	5	0	5	0,0	0,0	0,54	0,0	0,13

	<i>Stevia benderii</i>	CMG 3079	2	0	20	14	36	0.09	0,0	0.67	0.46	0.34
	<i>Vernonia herbacea</i> (Vell.) Rusby	FCM 80	1	0	0	0	1	0.09	0,0	0,0	0,0	0.02
Bromeliaceae												
	<i>Puya beckii</i> Smith Sp nov. Ined.	TMG 161A	1	3	2	1	7	0.39	0.15	0.08	0.02	0.13
	<i>Tillandsia</i> sp1	TMG 811	0	5	0	4	9	0,0	0.98	0,0	0.36	0.36
Cariophyllaceae												
	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	TMG 468	0	0	1	0	1	0,0	0,0	0.01	0,0	0,0
Clusiaceae												
	<i>Hypericum andinum</i> Gleason	TMG 868	0	0	28	2	30	0,0	0,0	0.51	0.08	0.15
Cyperaceae												
	<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B. Clarke	CMG 3105	0	0	0	58	58	0,0	0,0	0,0	1.59	0.56
	<i>Bulbostylis paradoxa</i> (Spreng.) Lindm.	CMG 2907	112	244	91	78	525	14.3	20.83	7.66	3.78	10.55
	<i>Bulbostylis rugosa</i> M.G. López	TMG 875	1	6	45	33	85	0.06	0.15	4.24	0.79	1.35
	<i>Bulbostylis tenuifolia</i>	TMG 477	51	70	92	5	218	2.88	2.72	4.5	0.28	2.32
	<i>Bulbostylis junciformis</i>	TMG 800	3	12	68	25	108	0.19	0.39	6.21	0.99	1.97
	<i>Bulbostylis vestita</i>	CMG 3105	0	0	0	33	33	0,0	0,0	0,0	1.62	0.57
	<i>Rhynchospora exaltata</i>	TMG 387	114	93	62	11	280	6.01	4.41	2,0	0.33	2.67
	<i>Rhynchospora</i> cf. <i>globosa</i>	TMG 715	13	0	34	0	47	0.58	0,0	1.1	0,0	0.37
	<i>Fimbristylis</i> sp1	TMG 234	0	9	0	0	9	0,0	0.26	0,0	0,0	0.06
	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	CMG 3063	0	0	0	17	17	0,0	0,0	0,0	0.65	0.23
	<i>Rhynchospora rugosa</i> (Vahl) Gale	CMG	0	0	3	4	7	0,0	0,0	0.1	0.26	0.12

	<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	TMG 859	18	3	12	1	34	0.74	0.06	0.59	0.01	0.28
	<i>Andropogon</i> sp1	TMG 185	4	28	0	27	59	0.06	0.71	0,0	0.27	0.27
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	TMG 613	4	12	0	8	24	0.24	0.3	0,0	0.51	0.29
	<i>Axonopus</i> af. <i>canescens</i> (Nees ex Trin.) Pilg.	TMG 192	0	0	0	8	8	0,0	0,0	0,0	0.23	0.08
	<i>Axonopus canescens</i> (Nees ex Trin.) Pilg.	TMG 192	137	164	69	150	520	7.61	4.84	3.22	4.58	4.83
	<i>Axonopus flabelliformis</i> Swallen	TMG 732	68	21	0	19	108	5.29	0.83	0,0	1.08	1.48
	<i>Axonopus marginatus</i> (Trin.) Chase	TMG 799	108	153	43	46	350	5.65	5.86	3.19	1.65	3.7
	<i>Axonopus siccus</i> (Nees) Kuhlman.	TMG 733	260	322	209	121	912	19.07	26.01	9.57	2.8	12.7
	<i>Axonopus caulescens</i>	TMG 824	75	95	224	259	653	3.15	2.71	5.98	9.22	5.86
	<i>Chusquea</i> cf. <i>delicatula</i> Hitchc.	CMG 3050	0	0	0	1	1	0,0	0,0	0,0	0.06	0.02
	<i>Chusquea</i> sp1	CMG 2808	0	0	0	1	1	0,0	0,0	0,0	0.08	0.03
	<i>Chusquea</i> sp2	TMG 185	0	0	0	15	15	0,0	0,0	0,0	0.38	0.13
	<i>Digitaria</i> sp1	TMG 265	17	1	0	0	18	0.71	0.01	0,0	0,0	0.12
	<i>Elionurus muticus</i>	TMG 309	8	32	1	1	42	0.22	0.63	0.07	0.02	0.21
	<i>Eragrostis lugens</i> Nees	TMG 233	0	1	17	0	18	0,0	0.03	0.4	0,0	0.1
	<i>Leptocoryphium lanatum</i> (Kunth) Nees	TMG 263	137	67	12	79	295	8.62	1.68	0.47	4.75	3.65
	<i>Paspalum gardnerianum</i> Nees	TMG 737	57	92	5	60	214	2.14	2.75	0.07	2.46	1.9
	Poaceae sp1	TMG 465	0	1	110	1	112	0,0	0.02	8.57	0.11	2.12
	Poaceae sp2	TMG 490	0	8	74	5	87	0,0	0.14	2.32	0.18	0.66
	Poaceae sp3	TMG 710	1	0	0	4	5	0.11	0,0	0,0	0.21	0.09
	Poaceae sp4	TMG	0	9	0	0	9	0,0	0.26	0,0	0,0	0.06

		826										
	Poaceae sp5	TMG 869	0	2	0	20	22	0,0	0.08	0,0	0.58	0.22
	Poaceae sp6	TMG 895	0	2	0	4	6	0,0	0.27	0,0	0.07	0.09
	<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	CMG 2972	0	3	0	0	3	0,0	0.14	0,0	0,0	0.03
	<i>Schizachyrium</i> sp1	TMG 886	35	47	67	117	266	2.91	1.88	4.64	4.04	3.48
	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	TMG 743	0	0	0	11	11	0,0	0,0	0,0	0.34	0.12
	<i>Sporobolus cubensis</i> (Poir.) Kerguélen	TMG 181	35	11	0	20	66	1.35	0.35	0,0	0.56	0.51
	<i>Thrasya cf. thrasyoidea</i> (Trin.) Chase	TMG 851	65	93	59	583	800	4.36	3.52	1.7	26.36	11.23
	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	TMG 734	75	29	50	159	313	4,0	0.65	1.38	6.49	3.45
Polygalaceae												
	<i>Polygala leptocaulis</i> Torr. & A. Gray	CMG 3082	0	4	0	0	4	0,0	0.19	0,0	0,0	0.05
Proteaceae												
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	AF 4194	0	0	0	9	9	0,0	0,0	0,0	0.41	0.15
Pteridophyta												
	<i>Doryopteris crenulans</i> (Fée) H. Christ	TMG 890	3	0	0	14	17	0.36	0,0	0,0	0.53	0.25
	<i>Lycopodium thyoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	TMG 557	0	0	14	1	15	0,0	0,0	0.29	0.01	0.07
	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	TMG 237	0	18	59	49	126	0,0	2.84	8.95	5.92	4.92
	<i>Thelypteris linkiana</i> (C. Presl) R.M. Tryon	TMG 382	2	0	0	0	2	0.05	0,0	0,0	0,0	0.01
Rubiaceae												
	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC. cf.	RS 9309	0	0	0	1	1	0,0	0,0	0,0	0.08	0.03
Solanaceae												
	<i>Solanum</i> TMG 238 L.	TMG 238	0	1	0	0	1	0,0	0.03	0,0	0,0	0.01
Violaceae												
	<i>Viola boliviana</i> W. Becker	AF 4660	0	0	0	22	22	0,0	0,0	0,0	0.72	0.25

Xyridaceae												
	<i>Xyris confusa</i> L.B. Sm. & Downs	TMG 825	0	15	2	3	20	0,0	0.31	0.09	0.05	0.11
	<i>Xyris lacerata</i> Pohl ex Seub.	TMG 759	12	24	4	0	40	0.6	0.8	0.19	0,0	0.34
Total			1548	1910	1870	2482	7810	100	100	100	100	100

Anexo 4: Distribucion de las especies de acuerdo a los gradientes						
	Especies	Niveles (m)	1.800	1.900	2.000	2.200
Actinidaceae	<i>Saurauia rusbyi</i>		x			x
Apiaceae	<i>Eryngium elegans</i>				x	
Aquifoliaceae	<i>Ilex boliviana</i>				x	x
Asclepiadaceae	<i>Blepharodon lineare</i>		x			
Asteraceae	<i>Hemipogon andinum</i>		x			
	<i>Hemipogon sprucei</i>		x	x	x	x
	<i>Achyrocline satureioides</i>					x
	<i>Tagetes mandonii</i>			x	x	
	<i>Ageratum conizoides</i>		x			
	<i>Asteraceae TMG 402</i>					x
	<i>Asteraceae TMG 498</i>			x	x	x
	<i>Campovassoura cruciata</i>		x			
	<i>Baccharis condfolia</i>					x
	<i>Ayapana amygdalina</i>		x		x	
	<i>Ayapanopsis trixioides</i>				x	
	<i>Baccharis aphylla var. boliviensis</i>				x	x
	<i>Baccharis chilco</i>				x	
	<i>Baccharis latifolia</i>					x
	<i>Baccharis platypoda</i>					x
	<i>Chaptalia mutaris</i>			x		
	<i>Chevreulia sarmentosa</i>					x
	<i>Eupatorium aff. leptcephallum</i>				x	
	<i>Hieracium ommersonii</i>			x	x	
	<i>Hieracium trichodontum</i>		x			
	<i>Vernonia simplex</i>		x	x	x	x
	<i>Lucilia acutifolia</i>			x		
	<i>Lucilia flagelliformis</i>			x	x	x
	<i>Mutisia lanata</i>					x
	<i>Stenocephalum apiculatum</i>				x	
	<i>Stevia bangii</i>		x		x	x
	<i>Vernonia herbacea</i>		x			
	<i>Austraeupatorium inulaefolium</i>				x	
	<i>Baccharis nitida</i>					x
Bromeliaceae	<i>Puya beckii</i>		x	x	x	x
	<i>Tillandsia TMG 811</i>			x		x
Cariophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i>				x	
Clusiaceae	<i>Hypericum andinum</i>				x	x
Cyperaceae	<i>Bulbostylis capillaris</i>					x
	<i>Bulbostylis junciformis</i>		x	x	x	x
	<i>Bulbostylis paradoxa</i>		x	x	x	x
	<i>Bulbostylis rugosa</i>		x	x	x	x
	<i>Bulbostylis tenuispicata</i>		x	x	x	x
	<i>Rhynchospora exaltata</i>					x
	<i>Rhynchospora vestita</i>		x	x	x	x
	<i>Rhynchospora nivea</i>		x		x	
	<i>Fimbristylis TMG 234</i>			x		
	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i>					x
	<i>Rhynchospora rugosa</i>				x	x

Anexo 4: Distribucion de las especies de acuerdo a los gradientes					
	Especies	1.800	1.900	2.000	2.200
Cyperaceae	<i>Rhynchospora cf. globosa</i>			x	x
Droseraceae	<i>Drosera montana</i>	x			x
Ericaceae	<i>Bejaria aestuans</i>			x	x
	<i>Cavendishia bracteata</i>				x
	<i>Gaultheria reticulata</i>	x			x
Eriocaulaceae	<i>Eriocaulon humboldtii</i>	x			
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>			x	
	<i>Camptosema cf. rubicunda</i>			x	
	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	x			
	<i>Chamaecrista cf. venturiana</i>		x		
	<i>Desmodium molliculum</i>			x	
	<i>Eriosema crinitum</i>	x			
Gentianaceae	<i>Irlbachia alata</i>	x	x	x	x
Iridaceae	<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	x	x	x	x
Lamiaceae	<i>Hyptis atrorubens</i>			x	
Liliaceae	<i>Isidrogalvia longiflora</i>		x		
Lythraceae	<i>Cuphea nivea</i>			x	
	<i>Cuphea odonellii</i>	x			
Malpighiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i>		x		
Melastomataceae	<i>Leandra erostrata</i>		x		x
	<i>Desmoscelis calacarata</i>				x
	<i>Microlicia arenariaefolia</i>	x	x	x	x
	<i>Rhynchanthera grandiflora</i>				x
	<i>Leandra</i>				x
	<i>Tibouchina TMG 606</i>			x	
Myrtaceae	<i>Myrcia lasiantha</i>			x	x
Orchidaceae	<i>Epidendrum TMG 779</i>				x
	<i>Oncidium TMG 889</i>	x		x	x
	<i>Orchidaceae TMG 855</i>				x
	<i>Stelis TMG 896</i>		x		
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>		x		
Poaceae	<i>Andropogon leucostachyus</i>	x	x	x	x
	<i>Andropogon TMG 185</i>	x	x		x
	<i>Aristida adscensionis</i>	x	x		x
	<i>Axonopus af. canescens</i>				x
	<i>Axonopus canescens</i>	x	x	x	x
	<i>Axonopus flabelliformis</i>	x	x		x
	<i>Axonopus marginatus</i>	x	x	x	x
	<i>Axonopus siccus</i>	x	x	x	x
	<i>Axonopus caulescens</i>	x	x	x	x
	<i>Chusquea CMG 2808</i>				x
	<i>Chusquea delicatula</i>				x
	<i>Chusquea TMG 545</i>				x
	<i>Digitaria TMG 265</i>	x	x		
	<i>Elionurus muticus</i>	x	x	x	x
	<i>Eragrostis lugens</i>		x	x	
	<i>Leptocoryphium lanatum</i>	x	x	x	x
	<i>Paspalum gardnerianum</i>	x	x	x	x

Anexo 4: Distribucion de las especies de acuerdo a los gradientes

	Especies	1.800	1.900	2.000	2.200
Poaceae	<i>Axonopus caulesecns</i>		x	x	X
	<i>Schizachyrium condensatum</i>		x		
	<i>Schizachyrium TMG 886</i>	x	x	x	X
	<i>Setaria parviflora</i>				X
	<i>Sporobolus cubensis</i>	x	x		X
	<i>Thrasya cf. thrasyooides</i>	x	x	x	X
	<i>Trachypogon spicatus</i>	x	x	x	X
Polygalaceae	<i>Polygala leptocaulis</i>		x		
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>				X
Denstediaceae	<i>Doryopteris crenulans</i>	x			X
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium thyoides</i>			x	X
	<i>Pteridium arachnoideum</i>		x	x	X
	<i>Thelypteris linkiana</i>	x			
Rubiaceae	<i>Borreria capitata</i>				X
	<i>Solanum TMG 238</i>		x		
Violaceae	<i>Viola boliviana</i>				X
Xyridaceae	<i>Xyris confusa</i>		x	x	X
	<i>Xyris lacerata</i>	x	x	x	

