

## **Relaciones fitogeográficas de las sabanas montanas de Apolo en la región Madidi, con sabanas neotropicales. La Paz, Bolivia**

Phytogeographic relationship of the montane savannas around Apolo in the Madidi region, with Neotropical savannas. LaPaz, Bolivia

**Tatiana Miranda<sup>1,2</sup>, Alfredo F. Fuentes<sup>1,2</sup>, Peter M. Jørgensen<sup>2</sup> & Stephan G. Beck<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia, [bladenka@gmail.com](mailto:bladenka@gmail.com)

<sup>2</sup> Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166-0299, USA

Las sabanas montanas de los Yungas en Bolivia se distribuyen a manera de islas y franjas, en una matriz predominante de bosques montanos, entre 1.000 y 2.500 m (Beck 1993, Beck *et al.* 2003, Killeen *et al.* 2005). En la región de Madidi, al noroeste de Bolivia, se encuentra la extensión más grande de este tipo de sabanas, en torno a la población de Apolo, abarcando aproximadamente 545 km<sup>2</sup> (Beck *et al.* 2003). Otras de menor extensión en la región se observan a lo largo de los caminos carreteros o de herradura que conectan Apolo con poblaciones circundantes como Virgen del Rosario, Azariamas, Mojos, Keara, Pelechuco, San José de Uchupiamonas y Mapiiri. Estas sabanas son estructuralmente similares pero presentan diferencias en composición, probablemente debido a factores como altitud, precipitación, geología, frecuencia de fuegos y usos. Navarro *et al.* 2002 y Beck *et al.* 2003 diferenciaron dos grandes tipos: Al norte de Apolo sabanas subhúmedas y al sur de Apolo, sabanas húmedas.

Estas sabanas son poco conocidas y han sido pobremente estudiadas, existiendo controversia respecto a las causas naturales y/o antropogénicas de su origen (Beck 1993, Killeen *et al.* 2005). El uso actual y pasado, principalmente como áreas de pastoreo, y el empleo del fuego como una práctica habitual por los habitantes de la zona (Machicao 1990), sugieren que su existencia podría estar asociada a factores antropogénicos. Sin embargo, antes de la intervención humana, es muy probable que hayan existido sabanas naturales a manera de pequeñas manchas, restringidas a filos de cerro o mesetas de arenisca (Beck 1993, Killeen *et al.* 2005, Miranda 2005). Indicios de la existencia de sabanas naturales son la presencia de especies de plantas y animales endémicos (Chapman 1930, Beck 1993, Hennessey 2002, Fuentes 2005, Graham 2005, Miranda 2005).

Biogeográficamente las sabanas montanas de los Yungas han sido asociadas con la vegetación de Cerrado del Brasil, con las sabanas del Beni en Bolivia y con el Chaco (Parker & Bailey 1991, Beck *et al.* 2003). Sin embargo, hasta la fecha no han habido estudios más detallados para esclarecer las relaciones fitogeográficas de la flora de las sabanas de Apolo con otras sabanas neotropicales.

En la presente contribución efectuamos un análisis biogeográfico semidetallado de la flora de estas sabanas, basado en colecciones y evaluaciones de la vegetación, empleando el método de la línea de intercepción (Canfield 1941). Se coleccionó material testigo de todas las especies, los especímenes se identificaron por medio de literatura, comparando con material del Herbario Nacional de Bolivia y con la ayuda de especialistas (ver agradecimientos). Las colecciones se encuentran depositadas en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) y duplicados se distribuyeron al Missouri Botanical Garden Herbarium (MO) y a otros herbarios bolivianos (BOLV, USZ). De una lista original de 120 especies y morfoespecies registradas en 70 líneas de intercepción, de 10 m cada una, descartamos las especies con identificación incompleta y el análisis se realizó en

base a 91 especies con determinación completa y confiable.

El inventario se realizó en la región con menor historia de uso (mitad noreste) del núcleo de sabanas de Apolo, donde al parecer las quemadas son menos frecuentes que en la mitad suroeste. La vegetación en este sector se encuentra mejor conservada, con una mayor cobertura vegetal, a juzgar por las características espectrales de imágenes satélite de la zona (Fig. 1) y el mapa de sistemas ecológicos de Navarro & Ferreira (2007). La vegetación potencial para la parte norte y noroeste serían bosques subandinos estacionales subúmedos a húmedos y para el sector sur bosques subandinos pluviales (Navarro 2002).

En la figura 2 se observa la contribución porcentual de los elementos biogeográficos en estas sabanas. Predominan los elementos neotropicales sabaneros de distribución

amplia, entre estas especies de Poaceae tales como *Axonopus siccus*, *Thrasya thrasyooides* y de Cyperaceae como *Bulbostylis paradoxa* (Fig. 3), que son además las dominantes (Tabla 1) y muestran adaptaciones a los fuegos, lo cual puede estar indicando que las sabanas en la actualidad están fuertemente influenciadas por los fuegos. En el componente leñoso de este grupo de especies se encuentran *Roupala montana* y *Byrsonima crassifolia*.

En segunda instancia son predominantes elementos del Cerrado. En este grupo tenemos especies como *Blepharodon lineare*, *Hemipogon sprucei*, *Leandra erostrata* y *Chamaecrista venturiana* (Anexo). Otros elementos de Cerrado mencionados por Wood (2006) para estas sabanas son *Hyptis rugosa*, *H. hirsuta*, *H. lantanifolia* y *Ruellia geminiflora*. La afinidad con el Cerrado es sorprendentemente fuerte teniendo en cuenta que estas sabanas se

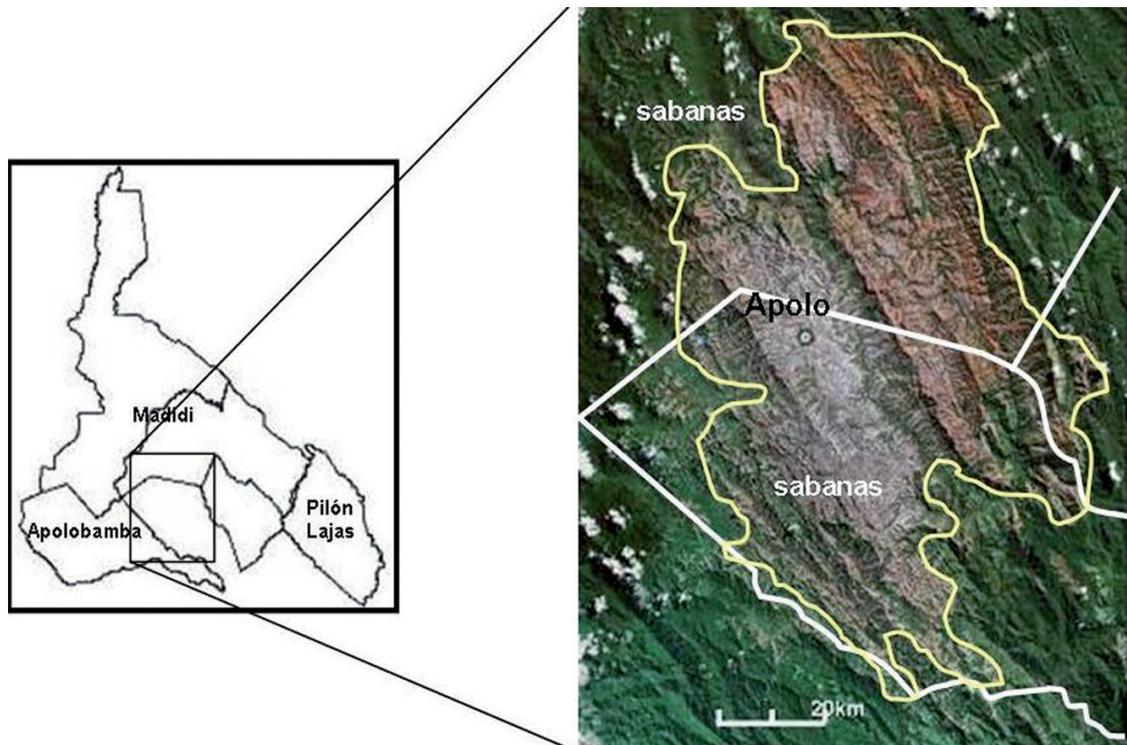
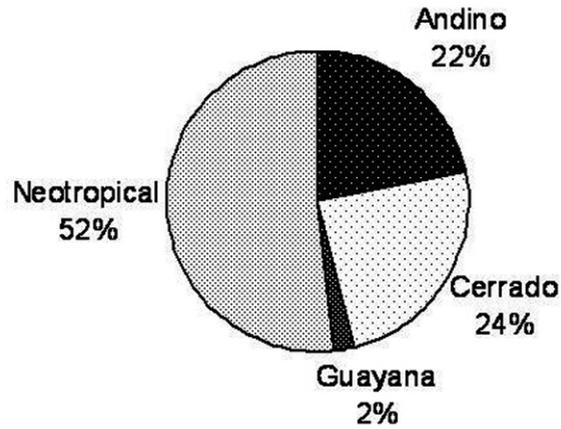


Figura 1. Localización de las sabanas montanas de Apolo.



**Figura 2.** Composición de los elementos fitogeográficas de las sabanas de Apolo.



**Figura 3.** Especies características de las sabanas montanas en la región Madidi: A. *Bulbostylis paradoxa*, B. *Bejaria aestuans*, C. *Blepharodon lineare*, D. *Puya reducta*. Fotos: A. Fuentes.

**Tabla 1:** Especies importantes en abundancia de las sabanas montanas de Apolo.

	Taxa	Abundancia
Poaceae		
	<i>Axonopus siccus</i> (Nees) Kuhlm.	912
	<i>Thrasya thrasyoides</i> (Trin.) Chase	800
	<i>Axonopus</i> sp.	653
	<i>Axonopus canescens</i> (Nees ex Trin.) Pilg.	520
	<i>Axonopus marginatus</i> (Trin.) Chase	350
	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	313
	<i>Leptocoryphium lanatum</i> (Kunth) Nees	295
Cyperaceae		
	<i>Bulbostylis paradoxa</i> (Spreng.) Lindm.	525
	Cyperaceae sp	280
Melastomataceae		
	<i>Microlicia arenariaefolia</i> DC.	388

encuentran en la actualidad aisladas, rodeadas por vegetación andina. Una posible explicación es la hipótesis de la existencia durante el Pleistoceno de condiciones climáticas más frías y secas que propiciaron la existencia de una extensa y continua formación de bosques secos similares a los del SE de Bolivia y sabanas tipo Cerrado asociadas (Prado & Gibbs 1993, Pennington *et al.* 2000, Prado 2000). En la actualidad el área de Apolo se encuentra fuertemente afectado por fuegos y pastoreo y es difícil deducir o interpretar cual fue la vegetación boscosa original predominante, si fueron bosques secos o montanos húmedos. Sin embargo, tanto al norte (en el valle del Río Tuichi), como al sur (camino a Pucasuchu) de las sabanas de Apolo existen bosques secos relictos relacionados con los del arco pleistocénico (Kessler & Helme 1999, Fuentes *et al.* 2004).

El componente florístico andino es también importante, presentando especies leñosas de distribución andina amplia como *Bejaria aestuans*, *Cavendishia bracteata* y *Baccharis latifolia*.

En este grupo de especies andinas destacan los endemismos *Cuphea nivea*, *Hieracium apoloense*, *Isidrogalvia longiflora* y *Puya reducta*, las tres últimas además conocidas hasta la fecha sólo de las sabanas de Apolo en la región de Madidi. Al grupo de especies endémicas se añaden otras registradas a partir de colecciones generales como *Gochnatia rusbyana* y *Pimenta pseudocaryophyllus* var. *fulvescens*, lo cual muestra que estas sabanas son un centro de especiación, respaldando la teoría de que existieron sabanas naturales.

En última instancia y en menor proporción se encuentran elementos de las Guayanas como *Axonopus caulescens* y *Axonopus flabelliformis*, una relación que no deja de sorprender a pesar que ya fue reportada por otros autores para otras áreas en los Andes (Berry *et al.* 1995, Ulloa & Neill 2006) aunque no precisamente para vegetación sabanera.

Las sabanas de montaña de la región de Madidi se distinguen por su diversidad en Asteraceae (21 especies registradas), una familia

particularmente diversa en los Andes, y otros elementos andinos entre los que se encuentran endemismos locales como *Cuphea nivea*, *Isidrogalvia longiflora* y *Hieracium apoloensis*. Esto sugiere la presencia de sabanas naturales aisladas mucho antes de las prácticas humanas de las quemadas frecuentes las cuales sin duda ha ampliado la extensión de las sabanas a su cobertura actual.

La presente contribución abarca apenas una pequeña porción del área de las sabanas de Apolo y es necesario realizar más prospecciones botánicas en la zona para documentar la posible presencia de otras especies endémicas y priorizar áreas de conservación en base a áreas de concentración de endemismos y tipos de vegetación sabanera bajo diferentes condiciones climáticas, de sustrato, de uso y diferentes fisionomías.

El manejo inadecuado de las sabanas está propiciando actualmente una pérdida de productividad del ecosistema (obs. pers.) y es urgente un control adecuado del fuego con planes de manejo para esta área. Las quemadas frecuentes producen un efecto contrario al deseado, favoreciendo el aumento de especies pirófitas poco palatables como *Bulbostylis paradoxa*, *Eryngium elegans* y *Puya reducta*, la primera fue además la dominante en los sitios evaluados en el presente estudio. Este aspecto quizás merece una particular atención para evaluar la frecuencia del fuego adecuada para mantener la palatabilidad de las sabanas.

### Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a National Science Foundation (DEB-0101775). Agradecemos a los responsables del Parque Madidi, a los guías y guardaparques. Agradecemos también a los siguientes especialistas: G. Barrera, G. Davidse, M. Dematteis, M. A. Farinaccio, P. Fryxell, D. J. Goyder, S. Graham, M. Kessler, J. Luteyn, O. Morrone, B. Øllgaard, J. Pruski, S. Renner, A. R. Smith, M. T. Strong, C. M. Taylor y J. R. I. Wood

por las revisiones taxonómicas de diferentes familias de plantas.

### Referencias

- Beck, S. G. 1993. Bergsavannen am feuchten Ostabhang der bolivianischen Anden – anthropogene Ersatzgesellschaften? *Scripta Geobotanica* 20: 11-20.
- Beck, S. G., E. García & F. Zenteno. 2003. Plan de manejo del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi: Documento botánica. Pp. 1-63. En: CARE-Bolivia (Ed.). Madidi de Bolivia, **Mágico, Único y Nuestro**. CD Rom, CARE-Bolivia, La Paz.
- Berry, P. E., O. Huber & B. K. Holst. 1995. Floristic analysis and phytogeography. Pp. 161-191. En: Steyermark, J. A., P. E. Berry & B. K. Holst (eds.) *Flora of the Venezuelan Guayana; Volume 1: Introduction*. Missouri Botanical Garden, Saint Louis.
- Canfield, R. 1941. Application of the line-intercept method in sampling range vegetation. *Forestry* 39: 388-396.
- Chapman, F. M. 1930. A new race of *Philbalura flavirostris* from Bolivia. *Auk* 22: 87-88.
- Fuentes, A., A. Araujo, H. Cabrera, F. Canqui, L. Cayola, C. Maldonado & N. Paniagua. 2004. Estructura composición y variabilidad del bosque subandino xérico en un sector del valle del río Tuichi, ANMI Madidi, La Paz (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 15: 41-62.
- Fuentes, A. 2005. Una introducción a la vegetación de la región Madidi. *Ecología en Bolivia* 40: 1-31.
- Graham, S. A. 2005. *Cuphea nivea* a new species from Bolivia. *Novon* 15: 136-138.
- Hennessey, A. B. 2002. First Bolivian observation of Swallow-tailed Cotinga *Phibalura flavirostris boliviana* in 98 years. *Cotinga* 17: 54-55.
- Kessler, M. & N. Helme. 1999. Floristic diversity and phytogeography of the central Tuichi

- valley, an isolated dry forest locality in the Bolivian Andes. *Candollea* 54: 341-366.
- Killeen, T. J., T. M. Siles, L. Soria & L. Correa. 2005. Estratificación de vegetación y cambio de uso de suelo en los Yungas y Alto Beni de La Paz. *Ecología en Bolivia* 40: 32-69.
- Machicao, C. A. 1990. Historia de Apolo y de la provincia Franz Tamayo. Prefectura de La Paz, La Paz. 209 p.
- Miranda, T. 2005. Composición y estructura florística de las sabanas montanas en un gradiente altitudinal, al noreste de Apolo, ANMI Madidi (La Paz-Bolivia). Tesis de licenciatura en biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 49 p.
- Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas. pp. 1-719. En: Navarro, G. & M. Maldonado (Eds.). *Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos*. Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión, Cochabamba.
- Navarro, G. & W. Ferreyra. 2007. Ecological systems of the Amazon basin of Peru and Bolivia. Map 1:1.500.000. Nature Serve, Arlington.
- Parker, T. A. & B. Bailey (eds.). 1991. A biological assessment of the Alto Madidi Region and adjacent areas of Northwest Bolivia. RAP Working Papers 1, Conservation International, Washington, D.C. 108 p.
- Pennington R. T., D. A. Prado & C. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*. 27: 261-273.
- Prado, D. E. & P. E. Gibbs. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 902-927.
- Prado, D. E. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh Journal of Botany* 57: 437-461.
- Ulloa, C. & D. A. Neill. 2006. *Phainantha shuariorum* (Melastomataceae), una especie nueva de la cordillera del Cóndor, Ecuador, disyunta de un género Guayanés. *Novon* 16: 281-285.
- Wood, J. R. I. 2006. Inter-Andean dry valleys of Bolivia - Floristic affinities and patterns of endemism: Insights from Acanthaceae, Asclepiadaceae and Labiatae. pp. 235-256. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Nota recibida en: Agosto de 2010.

Manejada por: Bonifacio Mostacedo.

Aceptada en: Septiembre de 2010.

**Anexo:** Especies de acuerdo a la distribución fitogeográfica en las sabanas montanas de Apolo.

<b>Especies</b>	<b>Distribución</b>
<i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.	Andino
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Andino
<i>Bejaria aestuans</i> Mutis ex L.	Andino
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Andino
<i>Cuphea nivea</i> S.A. Graham Sp nov. Ined.	Andino
<i>Desmoscelis calcarata</i> (Naudin) Triana	Andino
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	Andino
<i>Hemipogon apoloensis</i> Rusby	Andino
<i>Hieracium trichodontum</i> (Sch. Bip.) Arv.-Touv.	Andino
<i>Hypericum andinum</i> Gleason	Andino
<i>Ilex boliviana</i> Britton	Andino
<i>Isidrogalvia longiflora</i> (Rusby) Cruden & Dorr	Andino
<i>Lucilia flagelliformis</i> Wedd.	Andino
<i>Mutisia lanata</i> Ruiz & Pav.	Andino
<i>Puya beckii</i> Smith sp. nov. ined.	Andino
<i>Saurauia rusbyi</i> Britton	Andino
<i>Stevia bangii</i> Rugby	Andino
<i>Tagetes mandonii</i> Sch. Bip. ex Klatt	Andino
<i>Viola boliviana</i> W. Becker	Andino
<i>Xyris confusa</i> L.B. Sm. & Downs	Andino
<i>Axonopus canescens</i> (Nees ex Trin.) Pilg.	Cerrado
<i>Axonopus marginatus</i> (Trin.) Chase	Cerrado
<i>Ayapanopsis trixioides</i> (Martius ex Baker ) R.M. King & H. Rob.	Cerrado
<i>Baccharis platypoda</i> DC.	Cerrado
<i>Blepharodon lineare</i> (Decne.) Decne.	Cerrado
<i>Bulbostylis rugosa</i> M.G. López	Cerrado
<i>Campovassouria cruciata</i> (Vell.) R.M. King & H. Rob.	Cerrado
<i>Chamaecrista venturiana</i> H.S. Irwin & Barneby	Cerrado
<i>Doryopteris crenulans</i> (Fée) H. Christ	Cerrado
<i>Drosera montana</i> A. St.-Hil.	Cerrado
<i>Elionurus muticus</i> (Spreng.) Kuntze	Cerrado
<i>Eriocaulon humboldtii</i>	Cerrado
<i>Hemipogon sprucei</i> E. Fourn.	Cerrado
<i>Leandra erostrata</i> (DC.) Cogn.	Cerrado
<i>Microlicia arenariaefolia</i> DC.	Cerrado

Especies	Distribución
<i>Myrcia lasiantha</i> DC.	Cerrado
<i>Stenocephalum apiculatum</i> (Mart. ex DC.) Sch. Bip.	Cerrado
<i>Thrasya thrasyooides</i> (Trin.) Chase	Cerrado
<i>Tibouchina brittoniana</i> Cogn.	Cerrado
<i>Vernonia herbacea</i> (Vell.) Rusby	Cerrado
<i>Vernonia simplex</i> (Less.) H. Rob.	Cerrado
<i>Axonopus caulescens</i> (Mez) Henrard	Guayana
<i>Axonopus flabelliformis</i> Swallen	Guayana
<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	Neotropical
<i>Achyrocline satuireioides</i> (Lam.) DC.	Neotropical
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Neotropical
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	Neotropical
<i>Aristida adscensionis</i> L.	Neotropical
<i>Austroepatorium inulifolium</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Neotropical
<i>Axonopus siccus</i> (Nees) Kuhlm.	Neotropical
<i>Ayapana amygdalina</i> (Lam.) R.M. King & H. Rob.	Neotropical
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC. cf.	Neotropical
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B. Clarke	Neotropical
<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B. Clarke	Neotropical
<i>Bulbostylis paradoxa</i> (Spreng.) Lindm.	Neotropical
<i>Bulbostylis tenuifolia</i> (Rudge) J.F. Macbr.	Neotropical
<i>Bulbostylis vestita</i> (Kunth) C.B. Clarke	Neotropical
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Neotropical
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	Neotropical
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	Neotropical
<i>Chevreulia sarmentosa</i> (Pers.) S.F. Blake	Neotropical
<i>Cuphea odonellii</i> Lourteig	Neotropical
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	Neotropical
<i>Eragrostis lugens</i> Nees	Neotropical
<i>Eriosema crinitum</i> (Kunth) Benth.	Neotropical
<i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schltdl.	Neotropical
<i>Hieracium commersonii</i> Monnier	Neotropical
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	Neotropical
<i>Irlbachia alata</i> (Aubl.) Maas	Neotropical
<i>Leptocoryphium lanatum</i> (Kunth) Nees	Neotropical
<i>Lucilia acutifolia</i> (Poir.) Cass.	Neotropical

<b>Especies</b>	<b>Distribución</b>
<i>Lycopodium thyoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	Neotropical
<i>Paspalum gardnerianum</i> Nees	Neotropical
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Neotropical
<i>Polygala leptocaulis</i> Torr. & A. Gray	Neotropical
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Neotropical
<i>Rhynchanthera grandiflora</i> (Aubl.) DC.	Neotropical
<i>Rhynchospora globosa</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Neotropical
<i>Rhynchospora exaltata</i> Kunth	Neotropical
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	Neotropical
<i>Rhynchospora nivea</i> Boeck.	Neotropical
<i>Rhynchospora rugosa</i> (Vahl) Gale	Neotropical
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Neotropical
<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	Neotropical
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Neotropical
<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	Neotropical
<i>Sporobolus cubensis</i> (Poir.) Kerguélen	Neotropical
<i>Thelypteris linkiana</i> (C. Presl) R.M. Tryon	Neotropical
<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	Neotropical
<i>Xyris lacerata</i> Pohl ex Seub.	Neotropical