

## Relación de la cobertura leñosa con la riqueza herbácea en tres fisionomías del Cerrado *sensu lato* (Cerro Mutún, Santa Cruz, Bolivia)

### Relationship between the woody cover and herbs richness in three Cerrado *sensu lato* physiognomies (Cerro Mutún, Santa Cruz, Bolivia)

Daniel Villarroel<sup>1,2,3</sup>, Jesus Nazareno Pinto<sup>1,3</sup>, Teresa Ruiz de Centurión<sup>3</sup> & Alexander Parada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Herbario del Oriente Boliviano, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno  
Casilla Postal 2489, Avenida Irala 565, Santa Cruz, Bolivia  
E-mail: [dvillarroel@museonoelkempff.org](mailto:dvillarroel@museonoelkempff.org) Autor de correspondencia

<sup>2</sup> Proyecto Diversidad de los Cerrados del Oriente Boliviano, Darwin Initiative, Oxford University-UAGRM, Avenida Irala Nro 565, Santa Cruz, Bolivia

<sup>3</sup>Laboratorio de Ecología y Biogeografía, Carrera de Biología, UAGRM, el Vallecito, Km 9 carretera al norte, Santa Cruz, Bolivia

#### Resumen

Se estudiaron tres fisionomías del Cerrado *sensu lato* (*campo sujo*, *campo cerrado* y *cerradão*) del cerro Mutún, ubicado al este del departamento de Santa Cruz (Bolivia), para analizar la relación de la cobertura leñosa con la riqueza herbácea. La evaluación se realizó mediante la aplicación de 25 cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> distribuidos sistemáticamente dentro de una parcela de 0.1ha, la cual se aplicó dentro de cada una de las tres fisionomías estudiadas, donde se evaluó la cobertura leñosa (árboles y/o arbustos). Los datos obtenidos se analizaron mediante: i. ANOVA, para comparar las diferencias de riqueza de especies herbáceas entre fisionomías, ii. Correlación, para relacionar la riqueza de especies herbáceas con la cobertura leñosa, y iii. Similitud de especies herbáceas entre fisionomías mediante el índice de *Sørensen*. Los resultados indicaron que existen una mayor riqueza de especies herbáceas en la fisionomía con menor cobertura leñosa (*campo limpo*), determinando así que la riqueza herbácea va disminuyendo a medida que la cobertura leñosa se incrementa. El análisis de similitud indicó también que la composición de especies herbáceas cambia entre una fisionomía y otra, siendo la fisionomía del *cerradão* la que menos especies compartió con las otras dos, por lo que si bien, existen diferencias entre las riquezas de especies herbáceas según el incremento o disminución de la cobertura leñosa, esto no indica una mayor relevancia ecológica de cada una de estas, ya que cada fisionomía posee su propia identidad florística.

**Palabras clave:** Cerrado *sensu lato*, Cobertura leñosa, Riqueza, Fisionomía, cerro Mutún.

#### Abstract

With the purpose of analyzing the relationship between tree density and herb richness, three physiognomies of Cerrado *sensu lato* (*campo sujo*, *campo cerrado* and *cerradão*) were studied on Cerro Mutún, which is situated in the east of Santa Cruz Department (Bolivia). In order to evaluate tree density, 25 quadrants were established, each of one square meter, and distributed

systematically over a 0.1 hectare plot in each of the physiognomies. The data were analyzed as follows: i. Using ANOVA to establish levels of species richness in the different physiognomies. ii. Looking at the correlation between herbaceous species richness and tree cover. iii. Examination of the similarity of herbaceous species composition in the different physiognomies. Results indicate that there are statistically significant differences in herbaceous species richness among the three physiognomies examined, campo sujo having the highest level (10.32 species per m<sup>2</sup>). Herb richness falls as tree cover increases. The analysis also indicated that species composition showed significant degrees of difference, cerradão sharing fewer species in common with the other two physiognomies. Thus floristic differences as well as different levels of species richness related to tree cover are both relevant factors in the ecology of each physiognomy.

**Key words:** Cerrado *sensu lato*, Tree cover, Richness, Physiognomy, Cerro Mutún.

## Introducción

El bioma del Cerrado, está considerado entre los más diversos del Neotrópico (Klin & Machado 2005, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006, Walter 2006), además de estar considerado entre los *host post* a nivel mundial (<http://www.ambiental.net/noticias/biodiversidad/BiodiversidadHotSpotsLista.htm>). También está considerado como uno de los biomas más grandes de Sudamérica, distribuyéndose en tres países, siendo en Brasil donde abarca su mayor extensión con aproximadamente 2 millones de km<sup>2</sup> (Ribeiro & Walter 1998, Lima & Silva 2005, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006), quedando en el Sureste de Bolivia y Noreste de Paraguay una pequeña parte (Eiten 1972, Navarro 2002).

El Cerrado posee un conjunto de fisionomías o comunidades vegetales, entre las cuales se destacan principalmente las agrupadas bajo el denominado Cerrado *sensu lato*, conformado por 4-5 tipos fisionomías (Tabla 1). Otras fisionomías que están dentro del bioma del Cerrado son los campos húmedos, campos rupestres, campos de murunduns, bosques de galería (Eiten 1972, Barros 2005, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006) y la vegetación de lajas, la cual está ligada fitogeográficamente con la Caatinga brasileña en el Brasil (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006) y al bosque Chiquitano en Bolivia (obs. pers. durante el trabajo de campo realizado bajo el proyecto “Diversidad de los

Cerrados del Oriente Boliviano”), cada una de estas fisionomías nombradas presentan una estructura, composición y diversidad florística diferente a las del Cerrado *sensu lato*. Las fisionomías con menor cobertura leñosa que caracterizan al Cerrado *sensu lato*, están consideradas por Meirelles *et al.* (1997), Pivello & Coutinho (1996) y Navarro (2002) como estadios sucesionales de la fisionomía clímax, la cual es el cerradão, siendo el fuego el principal factor que regula su desarrollo sucesional, puesto que ante la ausencia de este fenómeno se produce un incremento de las poblaciones arbóreas y arbustivas, y por tanto una mayor cobertura leñosa (Henriques & Hay 2002, Hoffmann & Moreira 2002). El fuego es el factor que reduce y mantiene el crecimiento de la altura en la vegetación (Henriques & Hay 2002), reduciendo el crecimiento poblacional de especies leñosas (Sato & Miranda 1996) y favoreciendo así al incremento de las poblaciones y especies de gramíneas y hierbas (Andrade 2002, Miranda 2002), aumentando así la riqueza herbácea.

Hasta el momento muchos investigadores han realizado mayormente estudios sobre la diversidad alfa y beta de comunidades leñosas en las fisionomías del Cerrado *sensu lato*, como Furley (1999), Felfili & Júnior (2005), Lindoso & Felfili (2007) y muchos otros autores citados en Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006), pero pocos han estudiado de manera cuantitativa el cambio de la riqueza y la composición de especies herbáceas que existe

**Tabla 1.** Descripción y comparación de la terminología utilizada en Brasil y Bolivia de las fisionomías presentes en el Cerrado *sensu lato* (Eiten 1972, Tannus & Assis 2004, Barros 2005, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006).

Brasil	Bolivia	Descripción
<i>Campo limpo</i>	<i>Sabanas herbáceas</i>	Sabanas abiertas dominadas principalmente por gramíneas, graminoides y hierbas, y con presencia casi nula de árboles y/o arbustos.
<i>Campo sujo</i>	<i>Sabanas herbáceas con arbustos</i>	Sabanas abiertas dominadas principalmente por gramíneas, graminoides, hierbas y subarbustos, y una escasa presencia de árboles y arbustos dispersos.
<i>Campo cerrado</i>	<i>Bosque bajo y sabanas arboladas</i>	Chaparrales bajos con presencia de árboles y arbustos llegando a una altura entre 4 y 7 m, forman coberturas leñosas de 10-40%, también con gramíneas, graminoides, hierbas y subarbustos.
<i>Cerrado sensu stricto</i>	<i>Bosque bajo y sabanas arboladas</i>	Chaparrales de hasta 7 m de altura, con una cobertura leñosa normalmente del 40% y con poca presencia de gramíneas, graminoides y hierbas.
<i>Cerradão</i>	<i>Bosque bajo esclerófilo del Cerrado</i>	Bosques bajos generalmente mayores a 7 m de altura, con cobertura leñosa mayor al 40%, el sotobosque está casi dominado por arbustos, subarbustos y algunas hierbas.

entre una fisionomía y otra, como lo mencionan Miranda (2002) y Andrade (2002) o con el incremento gradual de la cobertura leñosa a lo largo del tiempo como indican Soares *et al.* (2006), después de haber monitoreado 20 años una zona del Cerrado sin el efecto del fuego.

Por tanto este trabajo de investigación pretende determinar y comparar la riqueza y composición herbácea (gramíneas, graminoides, hierbas y subarbustos) en tres fisionomías del Cerrado *sensu lato* (*campo sujo*, *campo cerrado* y *cerradão*) en una zona del Cerrado de boliviano (cerro Mutún) y comprobar si la riqueza de herbáceas está relacionada con el incremento de la cobertura leñosa de árboles y arbustos.

### Área de estudio

El Cerro Mutún está ubicado en la provincia Germán Bush, al sureste del departamento de Santa Cruz (Bolivia), en la frontera con Brasil

(19°11' S y 57°53' W) (Figura 1). Presenta variaciones altitudinales que van desde los 150 hasta casi los 800 m, con comunidades vegetales del Cerrado *sensu lato* desde los 300 m de altitud, desarrollándose sobre suelos pedregosos y con un alto contenido de hierro y aluminio en la cima, suelos que se van haciendo más sueltos, finos, profundos y con menor contenido de hierro y aluminio a medida que se va bajando en altitud y cambiando de situación fisiográfica (de cima a ladera), comenzando con *campo sujo* en la cima, pasando a *campo cerrado*, *cerrado sensu stricto* y *cerradão* en las laderas. Por debajo de los 300 m de altitud y en las faldas de la serranía está cubierto por bosque semideciduo chiquitano y en algunos sectores con afloramientos rocosos o campos rupestres. La temperatura media anual de la zona es de 23.8°C y con una precipitación de 1.092 mm anuales, los meses más secos se extienden de junio a septiembre (Figura 2)

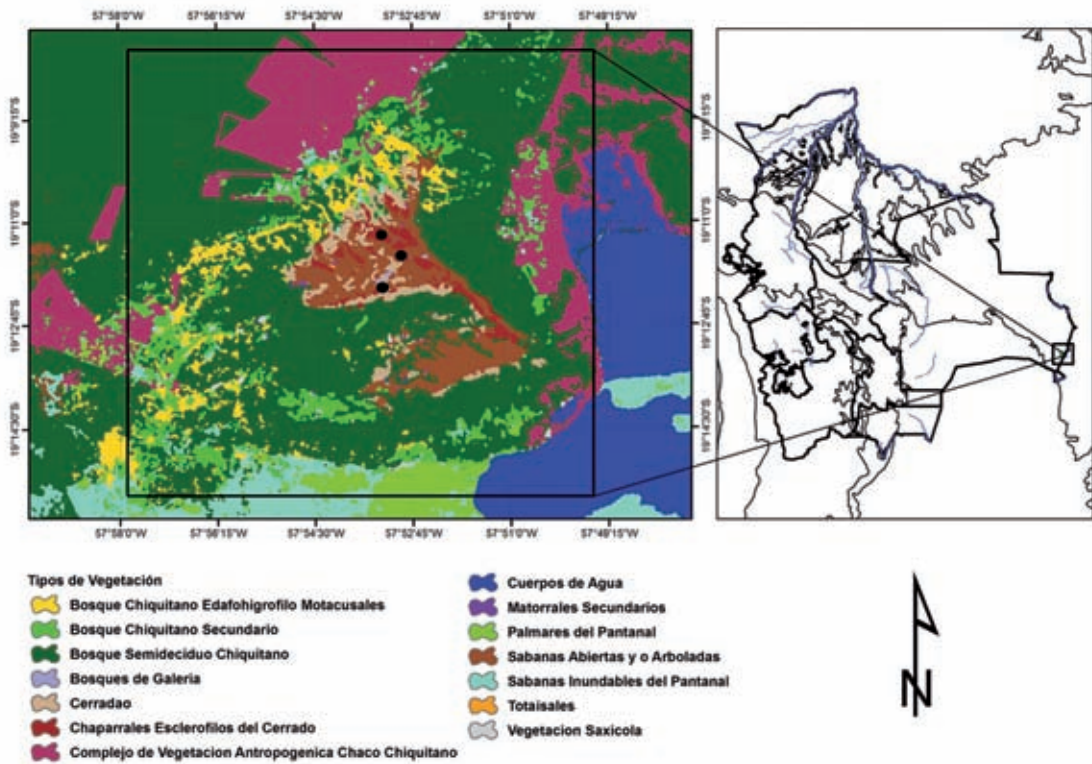


Figura 1. Mapa de vegetación y puntos de muestreo (puntos negros) de las fisionomías estudiadas en el cerro Mutún.

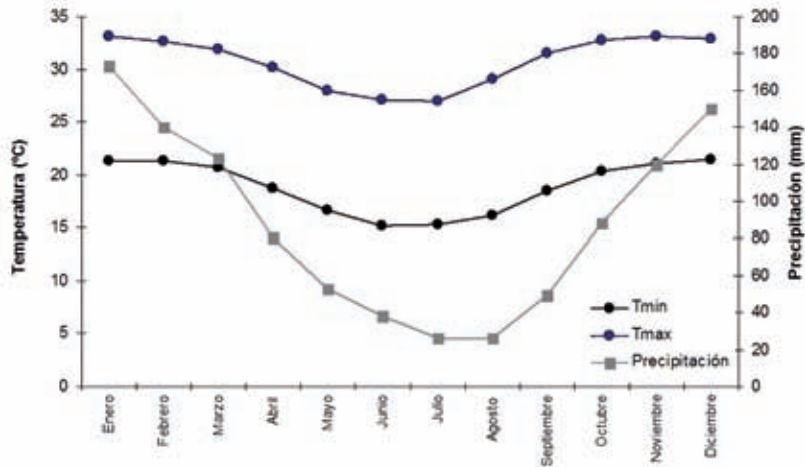


Figura 2. Promedios mensuales de precipitación y temperaturas máximas y mínimas para la zona del cerro Mutún en base a información histórica acumulada hasta 2004 ([www.diva-gis.org](http://www.diva-gis.org)). Leyenda: Tmin= temperatura mínima, Tmax= temperatura máxima.



(<http://www.diva-gis.org/Data.htm>), época cuando se producen las quemadas, de origen antropogénico o natural en todo el bioma del Cerrado. Se pudo observar e indagar que la zona fue quemada en septiembre de 2007, quema que es categorizada en Brasil y Bolivia como una quema tardía (Schmidt *et al.* 2005).

## Métodos

### Diseño de muestreo y toma de datos

El trabajo de campo se realizó en el mes de febrero de 2008. Para la ubicación de las áreas de muestreo se recorrió la zona buscando áreas homogéneas y lo más libre de intervención antropogénica (camino, sendas y ganadería). Para la determinación de la cobertura leñosa, se implementó una parcela de 0.1 ha de superficie en cada una de las tres fisionomías estudiadas, teniendo un diseño o forma de 100 x 10 m, dividiéndola en 10 subparcelas de 10 x 10 m, donde se midió el diámetro de todos los árboles y arbustos  $\geq$  a 2.5 cm a los 30 cm del suelo, como indican Lindoso & Felfili (2007), en estudios sobre la estructura y composición florística en los cerrados de Brasil. Con los datos de diámetro, se calculó el área basal, la cual refleja los valores de la cobertura leñosa (Matteucci & Colma 1982).

Para la evaluación de la riqueza de especies herbáceas (gramíneas, graminoides, hierbas, palmeras acaules y subarbustos), se aplicaron cuadrantes de 1 x 1 m, los cuales fueron ubicados sistemáticamente dentro de cada una de las subparcelas de muestreo, colocando tres en cada subparcela impar (1, 3, 5, 7, 9) y dos en las pares (2, 4, 6, 8, 10), haciendo un total de 25 cuadrantes por cada parcela. En los cuadrantes se registró a todas las especies propias de este tipo de estrato (herbáceo), anotando la presencia y cuantificando la cantidad de individuos.

### Identificación taxonómica

La identificación del material colectado en campo fue realizado mediante la utilización

de claves taxonómicas, comparación con los especímenes depositados en la colección científica del Herbario del Oriente Boliviano (USZ) del Museo Noel Kempff Mercado y la consulta a botánicos conocedores de la flora del Cerrado (Carolyn E. Proença del UB, John R. I. Wood, Steve Renvoize y Nicholas Hind del K), hasta el nivel de especie bajo el sistema de clasificación nomenclatural propuesto por Cronquist (1988). En los casos de familias consideradas complicadas en la identificación de material estéril (p.e. Asteraceae y Poaceae entre otras), se procedió a la separación de los especímenes por morfoespecie. La lista de especies elaborada se presenta en un Anexo 1.

### Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron transcritos a planillas electrónicas de Excel, para su posterior depuración y organización y luego realizar los siguientes análisis:

#### *Comparación de la riqueza de especies herbáceas entre fisionomías*

Para comparar la riqueza de especies herbáceas entre fisionomías, primero se promedió la riqueza por metro cuadrado, utilizando los datos registrados en los cuadrantes de cada una de las subparcelas, para luego después promediar la riqueza total de hierbas por metro cuadrado utilizando los promedios de las 10 subparcelas de cada parcela (0.1 ha) establecida en cada una de las tres fisionomías estudiadas. Estos datos fueron sometidos a las pruebas de normalidad (pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (prueba de Levene) (Tabla 2), para luego posteriormente realizar un análisis de varianza (ANOVA) al 0.05% de confianza mediante la utilización del programa SPSS 15.0.

**Tabla 2.** Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza de los valores de riqueza de especies herbáceas en las tres fisionomías del cerrado *sensu stricto* estudiadas.**Pruebas de normalidad**

Fisionomía	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grados - libertad	Sig.	Estadístico	Grados - libertad	Sig.
<b>Campo sujo</b>	0.16	25	0.09	0.95	25	0.23
<b>Campo cerrado</b>	0.14	25	0.19	0.95	25	0.32
<b>Cerradão</b>	0.17	25	0.05	0.93	25	0.11

**Prueba de homogeneidad de la varianza**

Riqueza		Estadístico	Grados de	Grados de	Sig.
		de Levene	libertad 1	libertad 2	
	Basándose en la media	4.06	2	72	0.021
	Basándose en la mediana	3.39	2	72	0.039
	Basándose en la mediana y con g.l. corregido	3.39	2	58.84	0.041
	Basándose en la media recortada	4.06	2	72	0.021

**Relación de la riqueza de especies herbáceas con el área basal de especies leñosas**

Esta relación, fue determinada mediante la aplicación de una correlación, utilizando las variables de riqueza de especies herbáceas promedio por metro cuadrado de cada subparcela establecida en cada fisionomía con relación al área basal total de especies leñosas de la misma subparcela. El estadístico utilizado para la correlación fue de carácter no paramétrico, mediante el evaluador de *Rho de Spearman* (Spearman 1904) al 0.05% de confianza. Este análisis se lo realizó con el programa SPSS 15.0.

**Similitud y comparación de la composición de especies herbáceas entre fisionomías**

La similitud porcentual de especies herbáceas entre fisionomías, fue calculada mediante el índice de *Sørensen* cualitativo (Magurran

1988, Moreno 2001). También se analizó y comparó la composición de especies herbáceas por fisionomía, para conocer cuáles son las especies que restringen su crecimiento a una determinada fisionomía y cuáles pueden tener una valencia ecológica alta (especies tolerantes a los cambios abióticos y bióticos) y están distribuidas en las distintas fisionomías estudiadas. Esta comparación se la analizó y graficó con el programa PC-ORD 5.12, mediante un dendrograma de dos vías (two-way cluster dendrogram) (Medeira & Oliveira 2004).

**Resultados**

Los resultados generales encontrados en este trabajo indican que el mayor número de especies herbáceas se presenta en la fisionomía del *campo sujo* y la menor en el *cerradão*, que a su vez posee la mayor cantidad de especies leñosas (árboles y arbustos) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Datos generales del número total de especies herbáceas (25 m<sup>2</sup>) y leñosas (0.1 ha), además de los valores de cobertura leñosa (0.1 ha) registradas en las tres fisionomías estudiadas del Cerrado *sensu lato* del cerro Mutún.

Fisionomía	# de especies herbáceas (25 m <sup>2</sup> )	# de especies leñosas (0.1 ha)	Cobertura leñosa (0.1 ha)
Campo sujo	46	10	0.53
Campo cerrado	26	20	1.19
Cerradão	19	26	3.43

Se observó también un incremento en la cobertura leñosa, desde el *campo sujo* hasta el *cerradão*, como es característico y ocurre naturalmente en estas tres fisionomías.

#### Comparación de la riqueza de especies herbáceas entre fisionomías

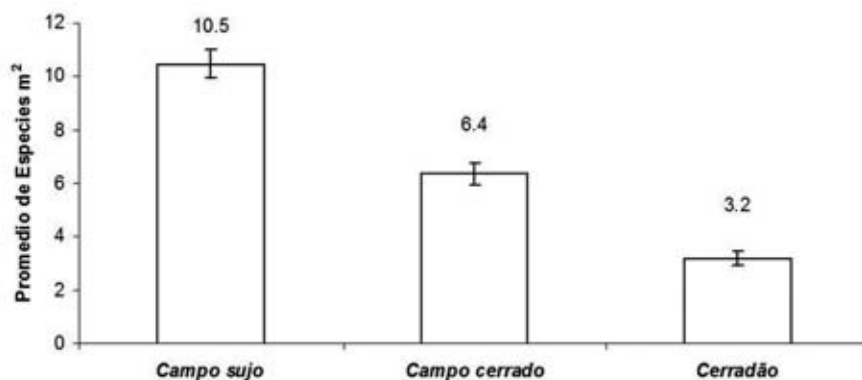
El análisis de varianza aplicado para la comparación de la riqueza de especies herbáceas por metro cuadrado encontradas en las tres fisionomías estudiadas (Figura 3), indican diferencias altamente significativas entre éstas ( $F=79.4$ ;  $P<0.01$ ), siendo el *campo sujo*, el que tiene la mayor riqueza de especies con un promedio de 10.5 spp./m<sup>2</sup>, seguido del *campo cerrado* (6.4

spp./m<sup>2</sup>) y luego con el *cerradão*, el cual presentó el promedio más bajo de riqueza (3.2 spp./m<sup>2</sup>).

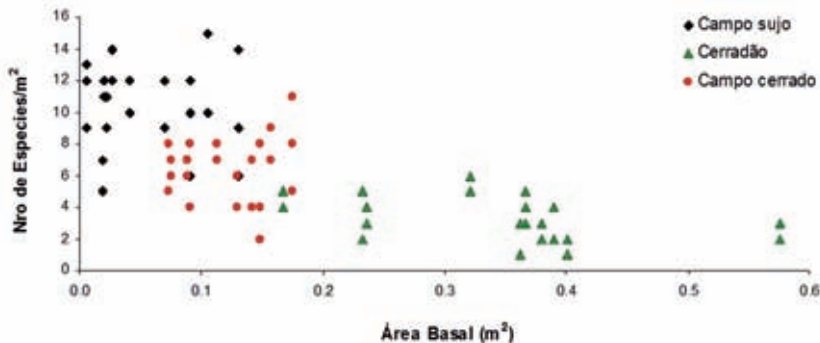
#### Relación de la riqueza de especies herbáceas con el área basal de especies leñosas

Mediante el análisis de correlación (*Rho de Spearman*) se determinó que existe un alto coeficiente de correlación negativo ( $Rho=-0.76$ ,  $n=75$ ,  $P<0.01$ ) entre las variables de riqueza de especies herbáceas y área basal de las especies leñosas (Figura 4), siendo esta relación altamente significativa.

Por lo que la riqueza de especies herbáceas disminuirá gradualmente a medida que la



**Figura 3.** Comparación de promedios de especies herbáceas por metro cuadrado entre las tres fisionomías estudiadas.  $F=79.4$ ,  $P<0.001$ . Análisis de varianza sometido a un nivel de significancia de 0.05.



**Figura 4.** Dispersión y correlación de la diversidad de especies herbáceas por metro cuadrado con el área basal de árboles y arbustos de las tres fisionomías estudiadas. Análisis de correlación Rho de Spearman.

cobertura leñosa se incrementa en el Cerrado *sensu lato*, siendo las fisionomías con mayor riqueza herbácea la de los primeros estadios sucesionales (*campo sujo*) y la fisionomía clímax (*cerradão*) la que menos especies posee.

#### Similitud y composición de especies herbáceas entre fisionomías

Las fisionomías estudiadas mostraron una baja similitud florística entre ellas (Figura 5), excepto entre el *campo sujo* y el *campo cerrado*, que superaron el 50% de similitud, por lo cual estarían siendo consideradas como iguales o similares, según lo indica Marrugan (1988).

Valores más o menos iguales al obtenido entre la similitud del *campo sujo-campo cerrado* se esperó obtener entre el *campo cerrado-cerradão*, puesto que la primera es una fisionomía que antecede al *cerradão*, pero al observar el dendrograma de dos vías (Figura 6), determinamos que existe un alto cambio en la composición de especies, entre una fisionomía a otra, lo cual explicaría la baja similitud obtenida.

El dendrograma también ilustró e indicó cuáles son las especies que restringen su crecimiento de manera específica a una determinada fisionomía y cuáles llegan a soportar el incremento o descenso de la

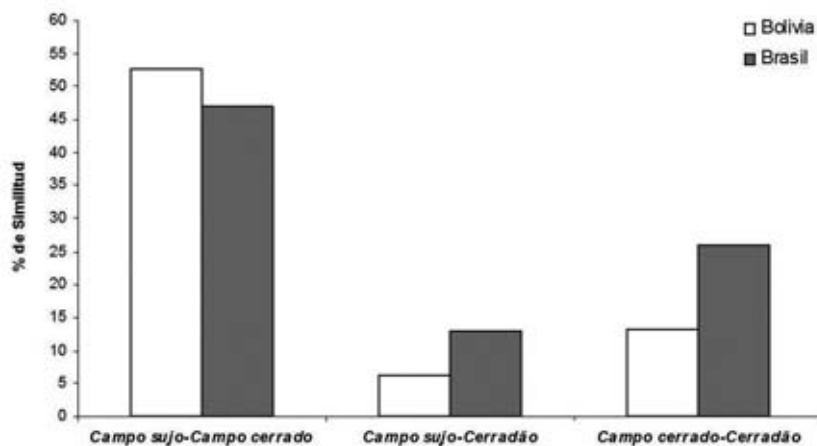
cobertura leñosa (especies con valencia ecológica alta). De esta manera, también se determinó cuáles son las especies y géneros que caracterizaron a cada uno de estos estadios sucesionales del Cerrado *sensu lato* del cerro Mutún, siendo por ejemplo las leguminosas del género *Stylosanthes* y *Zornia* las que se restringieron al *campo sujo* y especies como *Sebastiania hispida* (Euphorbiaceae) y la gramínea *Axonopus compressus* las que se encontraron en las tres fisionomías estudiadas. Mientras que las fisionomías con mayor originalidad en la composición de especies herbáceas fueron el *campo sujo* y el *cerradão*, puesto que estas presentaron una mayor cantidad de especies herbáceas que no se repitieron en las otras comunidades vegetales estudiadas.

## Discusión

### Riqueza de especies

El número total de especies estimadas para todo el bioma del Cerrado es muy variable, puesto que algunos autores como Klink & Machado (2005) indican que sería de 7.000 especies para el Cerrado *sensu lato* y las fisionomías asociadas a ésta, de las cuales al menos el 40% serían endémicas a este ecosistema. Sin embargo





**Figura 5.** Similitud de especies herbáceas entre las tres fisionomías estudiadas mediante el índice de Sørensen cualitativo y comparadas con los resultados obtenidos por Walter (2006) en los cerrados de Brasil.

Walter (2006) en un estudio de la flora del Cerrado brasileño, cuantificó un total de 6.223 especies, entre las cuales están nombradas todas las registradas en el Cerrado *sensu lato* del cerro Mutún. Soares *et al.* (2006) después de monitorear 20 años una superficie de 40 m<sup>2</sup> en Brasil, dentro de un área de cerrado *sensu stricto* (campo cerrado en este estudio) sin quemadas, llegó a registrar 122 especies, de las cuales 62 eran arbustos, 37 árboles y solo 13 hierbas, a comparación de las 26 especies de hierbas que se registraron en el Cerro Mutún en tan solo 25 m<sup>2</sup>. En el *campo sujo* del Mutún se encontró un promedio de 10.5 especies de hierbas/m<sup>2</sup>, valor que estaría muy por encima de los registrados por Tannus *et al.* (2004) de un estudio que realizaron dentro del *campo sujo* en el municipio de Itirapina (Brasil), los cuales reportaron después de dos años de estudio florístico un total de 265 especies, entre árboles, arbustos y hierbas, obteniendo un promedio de 6 especies de hierbas/m<sup>2</sup>.

No pudimos comparar los resultados obtenidos en el Cerrado del Cerro Mutún con otras zonas de Bolivia, debido a la escasa información disponible, ya que la mayoría de los estudios realizados hasta ahora solo se ha

basado en caracterizaciones y descripciones cualitativas, las cuales se han restringido más en la composición de especies leñosas, como son los estudios realizados por Killeen *et al.* (1993), Mostacedo (1995), Ibisich *et al.* (2003), Navarro (2002) y Navarro & Ferreira (2004).

#### Comparación de la riqueza de especies herbáceas entre fisionomías

Al comparar las tendencias de la riqueza de especies según las formas de vida de este trabajo con el realizado por Walter (2006) en Brasil (Tabla 4), observamos que ambos coinciden con una disminución gradual en la riqueza de especies herbáceas a medida que la riqueza y cobertura de especies leñosas se incrementa con el cambio de fisionomía, excepto en el cerrado *sensu stricto*, lo cual lo atribuimos a que este autor (Walter, 2006), incluye al *campo cerrado* dentro de esta comunidad vegetal (cerrado *sensu stricto*). Mientras que Furley (1999), Barros (2005) y Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006) utilizando los datos de Coutinho (1978), consideran diferente a esta comunidad, tanto en estructura y composición de especies, pero más o menos iguales en la cantidad de



**Tabla 4.** Comparación del número de especies por forma de vida entre las fisionomías del Cerrado *sensu lato* de Brasil (Walter 2006) y del cerro Mutún.

Fisionomía	Árboles		Arbustos		Subarbustos		Hierbas		Total	
	Mutún	Brasil	Mutún	Brasil	Mutún	Brasil	Mutún	Brasil	Mutún	Brasil
<i>Campo Limpo</i>	s/d	8	s/d	122	s/d	312	s/d	598	s/d	1.040
<i>Campo Sujo</i>	6	46	4	236	12	406	35	398	57	1.086
<i>Cerrado sensu stricto</i>	11	220	9	460	9	570	18	497	47	1.747
<i>Cerradão</i>	18	231	8	167	2	80	17	112	45	590

cobertura leñosa. Por tanto, tal vez al separar esta fisionomía (cerrado *sensu stricto*) en el estudio de Walter (2006) disminuiría la riqueza de especies herbáceas a medida que la cantidad de especies leñosas y cobertura aumente.

Comparando la tendencia de la riqueza de especies herbáceas con relación a la cobertura leñosa de las tres fisionomías estudiadas con otros ecosistemas, observamos que López & Ortuño (2007) indican que en la prepuna la mayor cantidad de especies se encuentran bajo la cobertura leñosa, promediando un total de 1.3-2.9 especies bajo los arbustos y de 0.8-1.9 especies en áreas abiertas en ambos casos sobre una superficie de 40 x 20 cm, riqueza que estaría muy debajo por los reportados en este trabajo en áreas abiertas o con mayor cobertura leñosa. La riqueza herbácea de los estadios sucesionales del cerrado *sensu lato* también supera a la riqueza de los bosques tropicales, puesto que Budowski (1985) indica que estos en sus etapas sucesionales poseen una baja riqueza de especies.

Por tanto y a diferencias de otros ecosistemas, en el Cerrado *sensu lato* la riqueza de las especies herbáceas dependería principalmente del estadio sucesional en que se encuentren y de la cantidad de cobertura leñosa, siendo las fisionomías sabánicas, las que tendrían la mayor cantidad de especies herbáceas (Castro *et al.* 1999). Esta riqueza puede variar relativamente entre fisionomías similares de una región a otra, ya que también dependería de las variaciones

climáticas, edáficas, intensidad y frecuencias de quemadas (Filgueiras 2002).

#### Similitud de especies herbáceas entre las fisionomías estudiadas

Al comparar el porcentaje de similitud de especies herbáceas mediante el índice de Sørensen cualitativo, entre las fisionomías del Cerrado *sensu lato* de Brasil (Figura 5), Walter (2006) obtuvo valores similares al que se determinados en este trabajo. Se comprobó que existió una mayor similaridad de especies herbáceas entre fisionomías que se preceden según el orden o etapa sucesional, siendo más similares el *campo sujo* con el cerrado *sensu stricto* (*campo cerrado* en este trabajo) y menos similar el *campo sujo* y el *cerradão*.

#### Conclusiones

La alta o baja riqueza de especies herbácea en las fisionomías del Cerrado *sensu lato* dependerá de la cantidad de la cobertura leñosa, puesto que las fisionomías con menor cobertura leñosa y que representan a los primeros estadios sucesionales serán las que tendrán una alta riqueza de especies. Esta relación entre la riqueza de hierbas y la cobertura leñosa también se manifiesta con el cambio gradual en la composición de especies, puesto que la similaridad disminuye con el paso de una fisionomía a otra. Por tanto, si bien las fisionomías con cobertura leñosa baja tienen

la mayor riqueza de especies en el Cerrado *sensu lato*, esto no significa que sean las más prioritarias para la conservación, ya que cada fisionomía presenta sus propias características o identidad florística, provocando así una mayor diversidad beta dentro del ecosistema.

### Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo gracias al apoyo del proyecto Diversidad de los Cerrados del Oriente Boliviano, financiado por la Darwin Initiative (Oxford University), el apoyo institucional y físico del Herbario del Oriente Boliviano (USZ) del Museo Noel Kempff Mercado y el apoyo logístico del Missouri Botanical Garden mediante el asistente del coordinador en Bolivia (Luzmila Arroyo). También agradecer a John Wood de la Darwin Initiative y al Dr. Stephan Beck del Herbario Nacional de Bolivia por sus comentarios, sugerencias y correcciones en el texto.

### Referencias

- Andrade, L. A. Z. 2002. Impacto do fogo no banco de sementes de Cerrado *sensu stricto*. Tesis de doctorado, Universidade de Brasilia, Brasilia DF. 298 p.
- Barros, R. P. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. Pp. 75-92. En: Scariot, A. J. C., Sousa-Silva & J. M. Felfili (eds.) Cerrado: Ecología, Biodiversidade e Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasilia DF.
- Budowski, G. 1985. Distribución de especies en el bosque tropical húmedo de América a la luz de los procesos de sucesión. Pp. 213-218. En: Budowski, G. (ed.) La Conservación como Instrumento Para el Desarrollo. EUNED, San José.
- Castro, A. A. J. F., F. R. Martins & G. J. Shepherd. 1999. How rich is flora of Brazilian cerrados. *Annals of Missouri Botanical Garden* 86: 192-224.
- Coutinho, L. M. 1978. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 93-96.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. The New York Botanical Garden, Nueva York. 555 p.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Reviews* 38: 201-341.
- Felfili, J. M. & M. C. S. Júnior. 2005. Diversidade alfa e beta no Cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp. 143-154. En: Scariot, A. J. C., Sousa-Silva & J. M. Felfili (eds.) Cerrado: Ecología, Biodiversidade e Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasilia DF.
- Filgueiras, T. S. 2002. Herbaceous plant communities. Pp. 121-139. En: Oliveira, P. S. & J. R. Marquis (Eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, Nueva York.
- 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.
- Gottsberger, G. & I. Silberbauer-Gottsberger. 2006. Life in the Cerrado: a south American tropical seasonal ecosystem. AZ Druck und Datentechnik GmbH. Kempten. 277 p.
- Henriques, R. P. B. & J. D. Hay. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. Pp. 140-178. En: Oliveira, P. S. & J. R. Marquis (eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, Nueva York.
- Hoffmann, A. W. & A. G. Moreira. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. Pp. 159-177. En: Oliveira, P. S. & J. R. Marquis (eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, Nueva York.

- Ibisch, P. L., S. G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero. 2003. Ecorregiones y ecosistemas. Pp. 47-88. En P. L. Ibisch & G. Mérida (Eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Edit. FAN, Santa Cruz.
- Killeen, T., E. Garcia & S. G. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Quipus S.R.L., Herbario Nacional de Bolivia - Missouri Botanical Garden, La Paz. 958 p.
- Klink, C. A. & R. B. Machado. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19(3): 707-713.
- Lima, J. E. F. W. & E. M. Silva. 2005. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado Brasileiro. Pp. 63-72. En: Scariot, A. J. C., Sousa-Silva & J. M. Felfili (eds.). Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília DF.
- Lindoso, G. d. S. & J. M. Felfili. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em neossolo quartzarenico. *Revista Brasileira de Biociências* 2: 102-104.
- López, R. & T. Ortuño. 2007. La influencia de los arbustos sobre la diversidad y abundancia de plantas herbáceas de la prepuna a diferentes escalas espaciales. *Ecología Austral* 18: 119-131.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Nueva Jersey. 179 p.
- Matteucci, S., & A. Colma 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología, Monografía N° 22, Secretaria General de la Organización de los Estados Unidos, Washington DC. 168 p.
- Meirelles, M. L., C. A. Klink & J. C. S. Silva. 1997. Un modelo de estado y transiciones para el Cerrado brasileño. *ECOTROPICOS* 10: 45-50.
- Miranda, M. I. 2002. Efeitos de diferentes regimes de queimas sobre a comunidade de gramíneas do Cerrado. Tesis de doctorado. Universidade de Brasilia, Brasilia DF. 326 p.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manual y tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. 83 p.
- Mostacedo, B. 1995. Estudio de la composición florística, estructura y algunas potencialidades del Cerrado en el Parque Nacional "Noel Kempff Mercado", Santa Cruz-Bolivia. Tesis de licenciatura en agronomía, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz. 64 p.
- Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia. Pp. 1-500. 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. Ferreira. 2004. Zonas de vegetación potencial de Bolivia: Una base para el análisis de vacíos de conservación. *Revista Boliviana de Ecológica y Conservación Ambiental* 15: 1-40.
- Pivello, V. R. & L. M. Coutinho. 1996. A quantitative successional model to assist in the management of Brazilian Cerrados. *Forest Ecology and Management* 87: 127-138.
- Ribeiro, J. F. & B. M. T. Walter. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 89-152. En: Sato, S. M. & S. P. Almeida (eds.). Cerrado: Ambiente e Flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, Brasília DF.
- Sato, M. N. & H. S. Miranda. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do Cerrado *sensu stricto* submetidos a diferentes regimes de queima. Pp. 102-111. En: Miranda, H. S., C. H. Saito & B. F. S. Dias (eds.). Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Universidade de Brasilia, Brasília DF.
- Schmidt, I. B., A. B. Sampaio & F. Borghetti. 2005. Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala*



- Adr. Juss., Malpighiaceae, em áreas de Cerrado *sensu stricto* submetidas a queimas bienais. *Acta Botânica Brasileira* 19(4): 927-934.
- Soares, J. J., M. H. A. O. Souza & M. I. S. Lima. 2006. Twenty years of post-fire plant succession in a "Cerrado" de Sao Carlos, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66(2B): 587-602.
- Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology* 15: 72-101.
- Tannus, J. L. S. & M. A. Assis. 2004. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27(3): 489-506.
- Walter, B. M. T. 2006. Fitofisionomias do bioma Cerrado: Sínteses, terminologia y relações florísticas. Tesis de doctorado. Departamento de Ecología. Universidade de Brasília-Instituto de Ciências Biológicas, Brasília DF. 373 p.

Artículo recibido en: Mayo de 2009.

Manejado por: Mónica Moraes R.

Aceptado en: Agosto de 2009.

**Anexo 1.** Lista de especies, códigos establecidos para cada una de las especies y número de individuos registrados de cada especie en 25 m<sup>2</sup> de las fisionomías del cerrado *sensu lato* estudios del cerro Mutún.

Familia	Especie	Número de Individuos/25 m <sup>2</sup>		
		Campo sujo	Campo cerrado	Cerradão
<b>Apocynaceae</b>	<i>Mandevilla pohliana</i>	2		
<b>Arecaceae</b>	<i>Allagoptera leucocalyx</i>			4
<b>Aristolochiaceae</b>	<i>Aristolochia</i> sp.			2
<b>Asclepiadaceae</b>	<i>Hemipogon sprucei</i>	10		
<b>Asteraceae</b>	<i>Chromolaena</i> sp.	30		
	<i>Ichthyothere</i> sp.	27		
	<i>Vernonia</i> aff. <i>desertorum</i>	21		
	<i>Vernonia</i> sp.1		1	
	<i>Vernonia</i> sp.2			1
	<i>Viguiera weddellii</i>	60	9	
<b>Commelinaceae</b>	<i>Commelina</i> cf. <i>erecta</i>		11	
	<i>Commelina</i> sp.			13
	<i>Dichorisandra hexandra</i>			12
<b>Cyperaceae</b>	<i>Bulbostylis junciformis</i>	5		
	<i>Bulbostylis paradoxa</i>	6		
	<i>Cyperus laxus</i>			79
	<i>Rhynchospora</i> sp.	4	4	
	<i>Scleria melaleuca</i>			1
<b>Erythroxylaceae</b>	<i>Erythroxylon campestre</i>	6	2	
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Croton</i> sp.		4	
	<i>Dalechampia</i> cf. <i>riedeliana</i>	60		
	<i>Dalechampia occidentalis</i>	4	11	
	<i>Dalechampia</i> sp.	13		
	<i>Manihot</i> cf. <i>anomala</i>			1
	<i>Manihot</i> sp.	7		
	<i>Manihot violacea</i>	42	41	
	<i>Sebastiania hispida</i>	46	73	6
	<i>Sebastiania serrulata</i>			2
<i>Sebastiania</i> sp.	2			
<b>Flacourtiaceae</b>	<i>Casearia sylvestris</i>	27	51	
<b>Gentianaceae</b>	<i>Deianira chiquitana</i>	1		
<b>Lamiaceae</b>	<i>Hypenia macrantha</i>	83	11	
<b>Leguminosae</b>	<i>Aeschynomene</i> sp.			2
	<i>Aeschynomene viscidula</i>			5
	<i>Centrosema angustifolium</i>	6	12	
	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	20		
	<i>Chamaecrista</i> sp.	1		
	<i>Clitorea</i> sp.	12	36	
	<i>Eriosema crinitum</i>	28		
	<i>Eriosema</i> sp.	17		
	<i>Mimosa</i> sp.1	1		
	<i>Mimosa</i> sp.2	6		
	<i>Mimosa</i> sp.3			1
	<i>Mimosa</i> sp.4	8		
	<i>Mimosa xanthocentra</i>			3
	<i>Stylosanthes parvifolia</i>	10		
	<i>Stylosanthes</i> sp.1	102		
	<i>Stylosanthes</i> sp.2	1		
	<i>Zornia</i> sp.1	36		
<i>Zornia</i> sp.2	15			

<b>Malpighiaceae</b>	<i>Mascagnia</i> sp.	53	45	
<b>Myrtaceae</b>	<i>Eugenia</i> cf. <i>biflora</i>		4	1
	<i>Eugenia puniceifolia</i>	1	2	
	<i>Myrcia delicatula</i>	1		
	<i>Psidium grandifolium</i>	1	3	
<b>Poaceae</b>	<i>Axonopus compressus</i>	171	280	255
	<i>Eragrostis articulata</i>	60	8	
	<i>Olyra</i> sp.2			28
	<i>Panicum</i> sp.	10		
	Poa. sp.1		5	
	Poa. sp.2	252	447	
	Poa. sp.3	11	50	
	Poa. sp.4	13	7	
	Poa. sp.5		20	
	<i>Schizachyrium</i> sp.	3		
	<i>Setaria</i> sp.			1
<b>Rubiaceae</b>	<i>Borreria capitata</i>	32	1	
	<i>Borreria</i> sp.1		9	
	<i>Borreria</i> sp.2			1