

***Guadua paniculata* (Bambusoideae) en la Chiquitania Boliviana: Ecología del fuego y la oportunidad para un forraje nativo**

***Guadua paniculata* (Bambusoideae) in the Bolivian Chiquitania: Fire ecology and the opportunity of a native forage**

Joseph W. Veldman^{1,2}

RESUMEN

Guadua paniculata Munro es un bambú adaptado al fuego que predomina en grandes regiones del bosque seco Chiquitano en el oriente de Bolivia. En este artículo presento datos de ocho sitios ("guapasales" con 35 a 100 % cobertura de *Guadua*) ubicados en distintas regiones de la Chiquitania con los siguientes objetivos: 1) investigar la interacción entre la presencia de *Guadua*, los incendios forestales y los árboles, y proveer una descripción de la vegetación asociada a *Guadua*; y 2) estimar la producción de forraje de *Guadua* y analizar su contenido nutritivo para el ganado. Los guapasales tuvieron baja densidad y área basal de árboles (240 árboles/ha, ≥ 5 cm DAP; 5,8 m²/ha) debido a la combinación de frecuentes incendios y la elevada cantidad de combustible fino producido por el bambú mismo. *Guadua* puede producir hasta 16 Mg/ha de biomasa fina (<25 mm grosor; 8 \pm 4 Mg/ha, promedio \pm 1DES) que aumenta la intensidad de incendios y la inflamabilidad del bosque. *Guadua* parece capaz de convertir bosques a guapasales por medio de la inducción del fuego que produce una alta mortalidad de árboles de bosque. Por lo tanto, es importante incluir *Guadua* en más estudios de conservación y manejo en esta región propensa a los incendios. Las hojas de *Guadua* sirven para la ganadería pero falta estudiar cómo manejar el forraje producido por esta gramínea para que sea más accesible para el ganado. No obstante, en este estudio demuestro que *Guadua* produce hasta 4,7 Mg/ha de forraje de buena calidad (10,5% contenido de proteína) y sugiero que *Guadua* puede ser utilizada como un forraje nativo en una región que está experimentando altas tasas de deforestación por el establecimiento de extensos pastizales de especies exóticas de pastos.

Palabras claves: bambú, incendios forestales, ganadería, Poaceae, productos forestales no maderables.

ABSTRACT

Guadua paniculata Munro is a fire adapted bamboo that dominates large regions of the Chiquitano dry forest in eastern Bolivia. In this study I present data from eight sites (bamboo stands with 35-100 % *Guadua* cover) located across the Chiquitania region in order: 1) to investigate the interaction between *Guadua*, fire, and trees, and to provide a description of the vegetation associated with these bamboo stands; and 2) to estimate *Guadua* forage production and analyze its nutrient content. *Guadua* stands had both low densities of trees and low tree basal area (240 trees/ha, ≥ 5 cm DBH; 5.8 m²/ha) due to a combination of frequent fires and fine fuel loads created by the bamboo itself. *Guadua* is able to produce up to 16 Mg/ha of fine and small biomass (<25mm; 8 \pm 4 Mg/ha, mean \pm 1SD) that increases flammability and fire intensity. *Guadua* appears able to convert tree dominated forests to bamboo stands by contributing to fire-induced tree mortality. As such, it will be important to include *Guadua* in more studies of the conservation and management in this fire susceptible region. The leaves of *Guadua* serve as cattle forage but more research is needed to determine how to make the forage produced by this grass available for animal production. Nonetheless, I demonstrate that *Guadua* produces up to 4.7 Mg/ha of high quality forage (10.5% protein content) and suggest that *Guadua* could be utilized as a native forage species in a region that is experiencing high deforestation rates due to the cultivation of exotic pasture grasses.

Key words: bamboo, forest fires, cattle ranching, Poaceae, non-timber forest products.

¹ Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Avenida 2 de Agosto esquina Cuarto Anillo, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Casilla 6204

² Department of Botany, University of Florida, Gainesville, FL 32611-8526, USA, E-mail: veldman@ufl.edu

INTRODUCCIÓN

Los regímenes de perturbación de la Chiquitania, Bolivia, están cambiando debido a que el ser humano aumenta la frecuencia de incendios forestales, perturba el bosque para el aprovechamiento forestal y reemplaza los ecosistemas forestales por cultivos y potreros para la ganadería (p.ej., Steininger *et al.* 2001). Los incendios forestales incineran árboles, causan pérdidas de nutrientes, y aumentan la probabilidad y la intensidad de futuros incendios (Laurance 2003). El aprovechamiento forestal incrementa la susceptibilidad de los bosques a incendiarse, ya que durante el aprovechamiento forestal se construyen carreteras y se abre el dosel (Nepstad *et al.* 1999). Por otra parte, en la implementación de la ganadería no sólo hay deforestación, sino también la sustitución de la diversidad del bosque nativo por una o unas pocas especies de pastos no nativos. Además; los potreros son fuentes de incendios que pueden afectar a los bosques (p.ej., Uhl y Buschbacher 1985, Martínez M. *et al.* 2003). Dado este escenario de mayor frecuencia de incendios y una intensificación en el aprovechamiento forestal de los bosques, es necesario saber más acerca de las especies vegetales que aprovechan estas condiciones para extenderse en la Chiquitania.

Una especie bien adaptada al fuego y a la perturbación es el bambú *Guadua paniculata* Munro al que localmente se le dice “guapa” (Killeen *et al.* 1990). En la Chiquitania *Guadua* tiene una amplia distribución y forma manchas mono dominantes conocidas como guapasales que pueden cubrir más de 1000 ha (J. Veldman, obs. pers.). En toda la región se estima que *Guadua* domina “millones” de ha (Killeen *et al.* 1990). No obstante, *Guadua* se encuentra también en colonias pequeñas en los bosques (J. Veldman, obs. pers.).

Aunque *Guadua* es una de las especies más dominantes en varias zonas de la región (Killeen *et al.* 1990, Jardim *et al.* 2003), ha recibido poca atención en estudios anteriores del bosque seco Chiquitano. Normalmente se incluye como una especie del cerradão o matorral (Killeen *et al.* 1990; Killeen y Hinz 1992), y en algunos casos los guapasales han sido clasificados como chaparral o bosque secundario sin que se resalte la dominancia de *Guadua* ni los incendios frecuentes de estos ecosistemas (p.ej., Navarro y Ferreira 2007). El sólo hecho de considerar a *Guadua* como un componente de dichos sistemas refleja la falta de reconocimiento del dinámico potencial que tiene *Guadua* de incentivar el fuego que elimina árboles de bosque y fomenta la

conversión de bosques a guapasales. No obstante, Killeen *et al.* (1990) y Jardim *et al.* (2003) sí reconocieron que *Guadua* se encuentra en áreas en que ellos llaman “la transición bosque-sabana” (un nombre más dinámico) y Killeen *et al.* (1990) notaron que los guapasales experimentan frecuentes incendios.

Guadua, como muchas especies de bambú, rebrota agresivamente después de experimentar incendios (Killeen *et al.* 1990) y puede producir cantidades grandes de biomasa fina (<25 mm grosor) que es altamente inflamable (Keeley y Bond 1999). El ciclo de gramíneas y fuego (D'Antonio y Vitousek 1992) propone que la proliferación de una especie de gramínea y los incendios forestales forman un proceso auto-catalítico que puede transformar un ecosistema originalmente dominada por árboles a un sistema dominado por gramíneas y caracterizado por frecuentes incendios. *Guadua* cabría dentro de este modelo dadas sus características (Keeley y Bond 1999). Como consecuencia, el primer propósito del presente estudio era analizar si la combinación de *Guadua* y fuego requiere más atención, y cuál es su importancia para la ecología y conservación del bosque seco Chiquitano.

Por sus usos tradicionales en la construcción de casas *Guadua* es reconocido como un producto forestal no maderable (Sandoval 2001). Menos sabido es que *Guadua* puede servir como forraje para ganado y caballos. La palatabilidad de *Guadua* fue reconocido por Killeen (1990) pero en general los ganaderos ven a *Guadua* como dejan pastorear una maleza (B. Colombara, *com. pers.* 2008). Aunque algunas estancias y comunidades dejan en los guapasales, tumban *Guadua* para sembrar cultivos de *Brachiaria* spp. y *Panicum maximum* es muy común (J. Veldman, *obs. pers.*).

Dado que la deforestación y la extensión de pastos cultivados amenazan al bosque seco Chiquitano, el segundo objetivo de este estudio era proveer información básica sobre el potencial de *Guadua* como forraje nativo en la región de estudio. Conocer los usos potenciales de esta especie es relevante, ya que su cobertura puede seguir aumentando por los incendios forestales y la perturbación del bosque en la Chiquitania.

MÉTODOS

Área del estudio

Los ecosistemas de la Chiquitania, Bolivia, que están ubicados en el borde sureño de la Amazonia, son tan

dinámicos como diversos. Por ejemplo, ya se ha demostrado que en estos ecosistemas hay una alta sensibilidad a cambios climáticos; hace solamente tres mil años, áreas que actualmente están ocupadas por bosques eran sabanas (Mayle *et al.* 2000). Las sabanas (mayormente *cerrado*) todavía cubren grandes partes de la región y experimentan un régimen de fuego anual (Killeen y Hinz 1992). Aunque en el presente el mosaico de bosques y sabanas de la región depende mucho de las características del suelo, la topografía y la hidrología (Killeen *et al.* 1990), los cambios climáticos a largo plazo (Hutyra *et al.* 2005) y los cambios de regímenes de perturbación (*p.ej.*, fuego) pueden alterar las perturbaciones de la vegetación en el futuro (Nepstad *et al.* 2001, Nepstad *et al.* 2004).

Para entender mejor cuál es la vegetación asociada a una especie que es adaptada al fuego y poca estudiada en la Chiquitania, he analizado datos de ocho zonas (guapasales) en las provincias Nuflo de Chavez y Velasco del Departamento de Santa Cruz donde la cobertura de *Guadua* es de al menos 25% (Tabla 1). Los ocho guapasales son parte de un proyecto más extenso que estudia la conversión de bosque a sabana y que incluye unos 32 sitios de estudio en toda la Chiquitania. Estos sitios fueron elegidos al azar por una base de datos hecha por medio de análisis satelital e identificación de áreas que cambiaron de bosque a sabana (o guapasal) entre 1986 y 2005. Seis de los ocho sitios analizados para el presente estudio son guapasales nuevos (*p.e.*, áreas que eran bosques hace 22 años) y dos son guapasales antiguos (establecidos hace >22 años; J. Veldman, datos no publicados).

Las mediciones de los ocho guapasales fueron realizados de febrero a mayo del año 2008 desde la época lluviosa media hasta el principio de la época seca. Para los estudios sobre la producción y calidad de forraje de *Guadua* utilicé un guapasal en la estancia Cacarachi de la familia Colombara (694285 8185262; UTM WGS 84 Zona 20) ubicado 22 km al oeste del pueblo de San Ignacio de Velasco durante la primera semana de junio del año 2008 después de nueve meses de producción de hojas.

Características biofísicas de los guapasales

Para describir la vegetación asociada con *Guadua* e investigar las relaciones entre *Guadua*, el fuego, y los árboles, ubiqué al azar de dos a cinco transectos de 20 m de largo en cada uno de los ocho sitios (n=8). A lo largo de cada transecto medí: 1) la cobertura de *Guadua*

por presencia o ausencia en 41 puntos (cada 0,5 m); 2) la altura de *Guadua* donde estaba presente; 3) la biomasa de *Guadua* <25 mm diámetro en tres parcelas de corte de 1 m² (3 m²/transecto); y 4) la biomasa de hojarasca de *Guadua* (hojarasca y palitos <25 mm diámetro) en tres parcelas de 50 x 50 cm (0,75 m²/transecto), separando la materia de *Guadua* de la hojarasca de otras fuentes. La materia fresca fue pesada en el campo y se colectaron submuestras que fueron secadas a 65°C durante 48 horas para calcular la biomasa seca.

Utilizando los mismos transectos, se tomaron datos de los árboles (20 x 8 m), identificándolos y midiendo el DAP (diámetro a 1.3 m) y la altura de cada árbol ≥5 cm DAP. Adicionalmente, también se midió la altura y la cobertura del dosel arbóreo (>2 m) utilizando un densímetro esférico (Lemmon 1956) en tres puntos por transecto. Las mediciones de dosel no incluyen la cobertura de *Guadua*.

Además de las mediciones ya descritas, también tomé datos sobre la intensidad de fuego y del pastoreo en cada sitio. Para esto, medí la altura máxima de carbón que se veían en el tronco de los árboles vivos y muertos (Fry 2008). Además, estimé la presión de pastoreo contando el número de cruces de ganado en cada transecto (número de sendas que intersecta una línea recta de 40 m; Lange 1969, Pringle y Landsberg 2004).

Producción y contenido nutritivo del forraje

No toda la biomasa de *Guadua* sirve para forraje, ya que el ganado solamente se come las hojas, las vainas y las ramas más pequeñas rodeadas por las vainas (J. Veldman, obs. pers.). Como consecuencia, no toda la biomasa de *Guadua* se puede calcular directamente como forraje. En un guapasal de la estancia Cacarachi ubiqué cuatro transectos de 20 m siguiendo el método descrito anteriormente para estimar la biomasa total de *Guadua*. Posteriormente, coseché y pesé toda la biomasa fina de *Guapa* a pío (<25 mm de diámetro del tallo) presente en las tres parcelas de 1 m² por transecto.

Adicionalmente separé las láminas, las vainas, y las ramas más pequeñas del material restante. Pesé este material como forraje y guardé muestras para calcular el peso seco y para el análisis foliar y bromatológico. Las muestras fueron analizadas para medir el contenido de proteína, fósforo (P), y calcio (Ca) en el laboratorio de Suelos, Agua y Plantas del CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical) en Santa Cruz de la Sierra. Adicionalmente, el contenido de proteína y P de las

láminas de *Guadua* colectadas en los ocho guapasales (Tabla 1) también fueron analizadas en este laboratorio.

Datos y Análisis

Todas las variables medidas en los transectos de cada sitio (cobertura, altura, biomasa de *Guadua*, altura de cada árbol, y altura y cobertura del dosel; Tabla 1) fueron

promediados para obtener una media de cada variable por sitio (n=8). Los valores reportados representan el promedio de los ocho sitios más una desviación estándar (1DES). Las relaciones curvilineares entre las variables fueron identificadas con una regresión lineal y funciones de poder utilizando el programa SPSS 12.0. Las variables que no cumplieron con la distribución normal fueron transformadas mediante logaritmos.

Tabla 1. Ubicaciones y número de transectos en los ocho sitios donde se realizó el estudio de *Guadua* en la Chiquitania (ordenados de oeste a este). Las coordenadas y alturas son promedios de valores obtenidos con GPS en el centro de cada transecto. N = guapasales desde 1986 y A = guapasales que ya existían antes de 1986 según un análisis satelital (J. Veldman, datos no publicados).

Antigüedad	Zona o Pueblo Cercano	Provincia	Coordenadas (UTM WGS 84 Zona 20)		Altura (m)	No. de Transectos
N	San Ramón	Ñuflo de Chaves	553792	8183011	375	3
N	Lomerío	Ñuflo de Chaves	622004	8158285	417	3
N	Concepción	Ñuflo de Chaves	631775	8244874	412	4
N	San Ignacio	Velasco	687416	8187409	452	5
A	San Ignacio	Velasco	696168	8184592	449	5
N	Carmen de Ruíz	Velasco	715546	8249468	281	2
N	San Ignacio	Velasco	716102	8209649	410	2
A	Paraguá	Velasco	725938	8264433	222	2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Guadua y fuego

Las áreas de la Chiquitania donde se encuentra *Guadua* son caracterizadas por frecuentes incendios, densidades bajas de árboles, y dosel de árboles abiertos (Tabla 2). Los sitios del presente estudio tuvieron de 35 a 100 % de cobertura de *Guadua* que formó un dosel de bambú de 2,6 m (promedio) con alturas máximas de 3 hasta 7 m (Tabla 2). Todos los guapasales del estudio se habían quemado dentro de los últimos dos años y tenían altas cantidades de combustible fino producida por *Guadua* (8 ± 4 Mg/ha; Tabla 2). Las bajas densidades de árboles que encontré en estos lugares probablemente se deben a una combinación de una alta mortalidad y una baja regeneración de árboles causadas por los incendios.

Guadua es una especie heliófita y su abundancia (cobertura) depende mucho de la cobertura del dosel

de los árboles. En el presente estudio, encontré una menor abundancia de *Guadua* bajo abundantes coberturas del dosel de árboles (Fig. 1). En base a lo anterior, se puede suponer que *Guadua* simplemente crece en sitios donde no hay bosques altos con dosel cerrados (e.g., sedimentos terciarios, Killeen *et al.* 1990). Así mismo, se puede concluir que *Guadua* es una especie de bosque secundario que crece mejor en lugares donde el ser humano ha perturbado el dosel (e.g., Navarro y Ferriera 2007). Aunque es muy probable que la fertilidad de los suelos y la perturbación del bosque también determinen la abundancia y la distribución de *Guadua*, las nociones que sólo consideran estos factores ignoran que *Guadua* puede ser un participante activo, y no pasivo, de los ecosistemas donde ocurre.

Tabla 2. Factores biofísicos medidos en guapasales de la Chiquitania (n=8).

	Promedio \pm 1 DES	Rango (mín-máx)
<u>Guadua</u>		
cobertura (%)	67 \pm 21	35 – 100
altura promedio (m)	2,6 \pm 0,7	1,3 – 3,5
altura máxima (m)	5,0 \pm 1,5	3,0 – 7,0
biomasa de la planta (Mg/ha)	6,5 \pm 3,7	1,8 – 14
biomasa de hojarasca (Mg/ha)	1,5 \pm 1,0	0,2 – 2,6
forraje potencial (Mg/ha)	1,5 \pm 1,3	0,3 – 4,1
combustible fino (Mg/ha)	8,0 \pm 4,1	2,0 – 16
<u>Árboles</u>		
cobertura del dosel (%)	30 \pm 22	9 – 63
altura promedio del dosel (m)	4,2 \pm 3,6	0 – 11
altura máxima del dosel (m)	14 \pm 8	0 – 25
densidad (individuos/ha)	240 \pm 180	25 – 530
área basal (m ² /ha)	5,8 \pm 4,0	0 – 12
<u>Incendios</u>		
altura de carbón (m)	2,2 \pm 1,8	0,6 – 5,2
tiempo desde fuego (años)	1,2 \pm 0,4	1 – 2
<u>Pastoreo</u>		
cruce de ganado (sendas/40m)	0,8 \pm 1,0	0 – 2,6

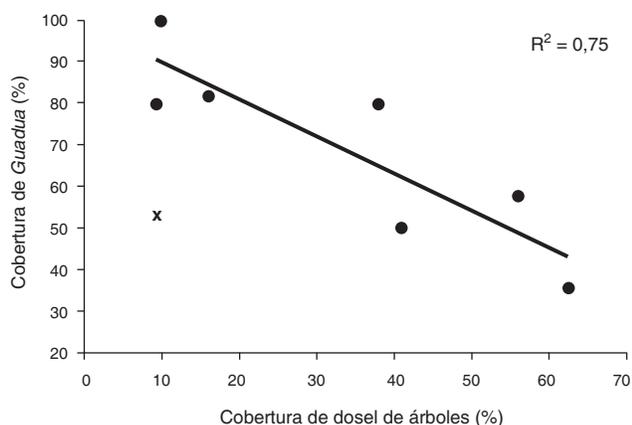


Figura 1. Relación negativa entre la cobertura de *Guadua* y el dosel de árboles. Cobertura de *Guadua* = -0.88 [cobertura de dosel] + 98.4; $p = 0.011$. El sitio marcado con x fue excluido del análisis porque era un lugar que experimenta mucho más pastoreo que los otros sitios (2,6 cruces/40m). Si se incluye el valor atípico, la regresión seguiría con una relación negativa ($R^2 = 0,44$; $p = 0.071$).

En la Chiquitania *Guadua* puede aumentar su disponibilidad de luz incrementando la inflamabilidad

del bosque y la intensidad de incendios que matan a los árboles. La cantidad medida de combustible fino de *Guadua* tuvo una relación negativa con la densidad y el área basal de árboles vivos, indicando que a mayor abundancia de *Guadua*, menor abundancia de árboles (Fig. 2 a,b). Más aún, encontré que también hay una relación negativa entre la altura de carbón y la densidad de árboles (Fig. 2 c), lo cual indica que la intensidad de fuego en la historia se relaciona con el número de árboles presentes en los guapasales. Así mismo, encontré una menor densidad de individuos (240 ± 180 árboles/ha) y una menor área basal de árboles ($5,8 \pm 4,0$ m²/ha) en los guapasales comparados con los bosques en donde no hay *Guadua*. Por ejemplo, Killeen *et al.* (1998) reportaron 914 árboles/ha con un área basal de 27,6 m²/ha en un bosque de Lomerío (árboles ≥ 5 cm DAP), y el bosque de INPA cerca de Concepción tiene 437 árboles/ha con un área basal de 21 m²/ha (árboles ≥ 10 cm DAP; Villegas *et al.* en revisión).

Las especies de árboles encontradas en los guapasales incluyeron especies de bosque y especies de sabanas. En total se reportaron 43 especies de las cuales sólo siete aportaron el 50% de abundancia relativa: *Magonia pubescens* A. St.-Hil. (Sapindaceae; 15%), *Luehea paniculata* Mart. (Malvaceae, Tilioidae; 10%), *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae; 6%), *Phyllostylon rhamnoides* (J. Pois.) Taub. (Ulmaceae; 6%), *Anadenanthera culubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae; 5%), *Aspidosperma rigidum* Rusby (Apocynaceae; 4%) y *Eriotheca roseorum* (Cuatrec.) A. Robyns (Malvaceae, Bombacoidae; 4%). De estas especies, *Anadenanthera* y *Phyllostylon* son las únicas especies maderables que encontré con frecuencia. Otras especies maderables (y sus abundancias relativas) fueron *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae; 2,1%), *Caesalpinia pluviosa* DC (Fabaceae; 1,9%), *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. (Anacardiaceae; 1,6%), *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae; 1,4%), *Aspidosperma cylindrocarpon* Müll. Arg. (Apocynaceae; 0,9%) y *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nicholson (Bignoniaceae; 0,5%). Desproporcional a su abundancia relativa, *Anadenanthera*, *Astronium* y *Tabebuia* representaron el 15%, 13% y 7% de los troncos muertos, respectivamente.

Una posible explicación es que los fuegos frecuentes están favoreciendo a las especies de árboles mejor adaptadas a resistir el fuego (*p.ej.*, *Magonia pubescens*) mientras contribuyen a las bajas densidades de árboles maderables en los guapasales (*p.ej.*, Pinard y Huffman 1997).

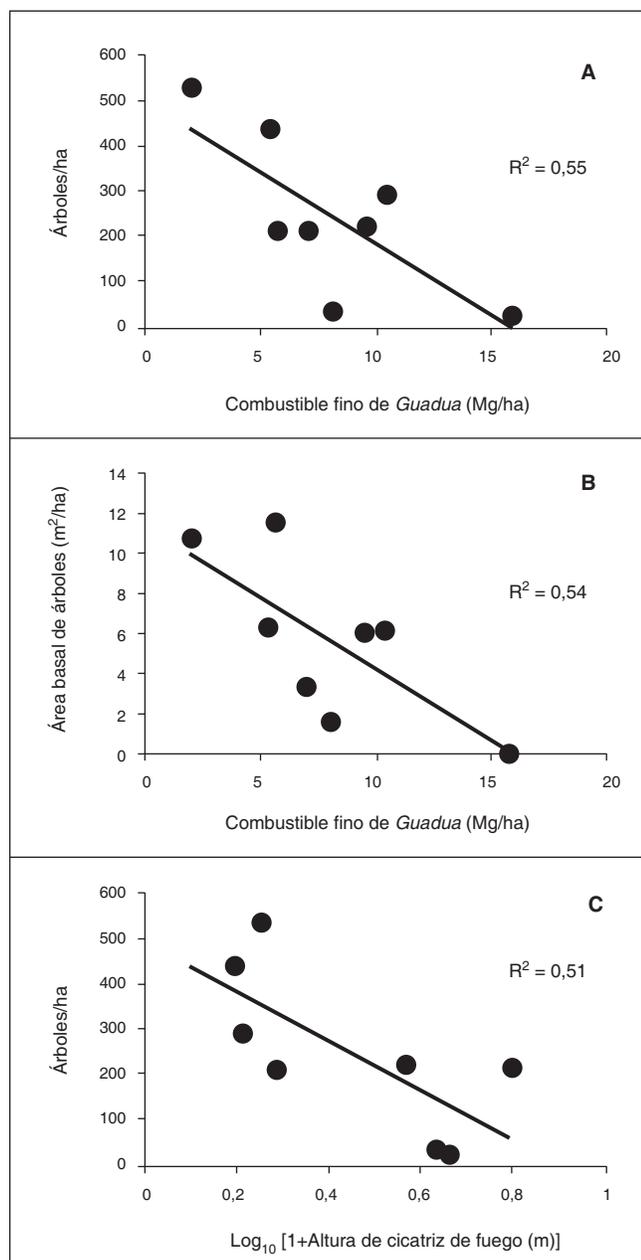


Figura 2. Tres regresiones que indican que la interacción entre *Guadua* y los incendios forestales tiene fuertes consecuencias para los árboles en el bosque seco Chiquitano. **A)** Relación negativa entre la cantidad de combustible fino de *Guadua* (biomasa seca < 25 mm de diámetro del tallo) y la densidad de árboles (≥ 5 cm DAP; árboles = $-32[\text{combustible fino de } Guadua] + 502$; $p = 0,035$). **B)** Relación negativa entre la cantidad de combustible fino de *Guadua* y el área basal de árboles (≥ 5 cm DAP; área basal = $-0,727 [\text{combustible fino de } Guadua] + 11,6$; $p = 0,037$). **C)** Relación negativa entre la altura promedio de carbón en árboles y la densidad de árboles (≥ 5 cm DAP; árboles = $-528 \log_{10}[1+\text{altura de cicatriz de fuego}] + 484$; $p = 0,046$).

La correlación entre la presencia de *Guadua* y la frecuencia de fuego merece más atención por su importancia para la conservación y el manejo del bosque seco Chiquitano. La prueba más consistente es que en este estudio encontré una clara relación entre las altas intensidades de incendios y las cargas de combustible fino de *Guadua* en lugares con bajas densidades de árboles. Como si esto fuera poco, seis de los ocho sitios muestreados eran bosques hace 20 años y ahora están dominados por *Guadua* (J. Veldman, datos no publicados), lo que indica que la interacción *Guadua*-fuego definitivamente ha favorecido la monodominancia de *Guadua* y ha desplazado a los árboles del bosque seco. Para exponer un modelo conceptual de fuego (Fig. 3 a) y explicar los factores que determinan las distribuciones de *Guadua* y de árboles en la Chiquitania (Fig. 3b), propongo dos diagramas (Fig. 3a,b) que además exponen una noción dinámica de *Guadua*, el fuego, y el bosque para que de ahora en adelante no vuelvan a ser tratados como entidades fijas.

Guadua no es la única bambusoidea que puede mantenerse y extenderse por medio de un ciclo auto-catalítico (Fig. 4a). Otras especies de bambú también pueden crear su propia perturbación para formar manchas mono dominantes en bosques tropicales. Por ejemplo, *Guadua weberbaueri* y *Guadua sarcocarpa* escalan y tumban árboles en Madre de Dios, Perú, proliferándose por aprovechar la luz solar de los claros que han creado (Bronson y Griscom 2006).

Los estudios del bosque seco Chiquitano se han enfocado mayormente en áreas con alto potencial de producción de madera y muy poca *Guadua* (p.ej., Killeen *et al.* 1998, Fredericksen *et al.* 2000, Killeen *et al.* 2005), lo que significa que falta investigar a fondo la relación entre la *Guadua* y el manejo forestal sostenible. Por ejemplo, la *Guadua* prolifera en las carreteras y en los claros que se abren en los bosques por el aprovechamiento forestal, expandiéndose en áreas donde antes sólo ocurría en manchas pequeñas (J. Veldman, obs. pers.). En un estudio de gramíneas en patios de acopio, 1 a 5 años después de aprovechamiento forestal *Guadua* estuvo presente en solamente uno de 16 patios, pero cubría el 75% de la parcela de 30 m² (J. Veldman, datos no publicados).

Si nos imaginamos un escenario de proliferación de *Guadua* después del aprovechamiento forestal seguido de incendios, las consecuencias para el manejo forestal sostenible podrían ser catastróficas (Fig. 3a,b). Por esta razón, es de extrema importancia incluir a *Guadua* en

más estudios forestales y considerar a esta especie en proyectos de monitoreo en el bosque seco Chiquitano.

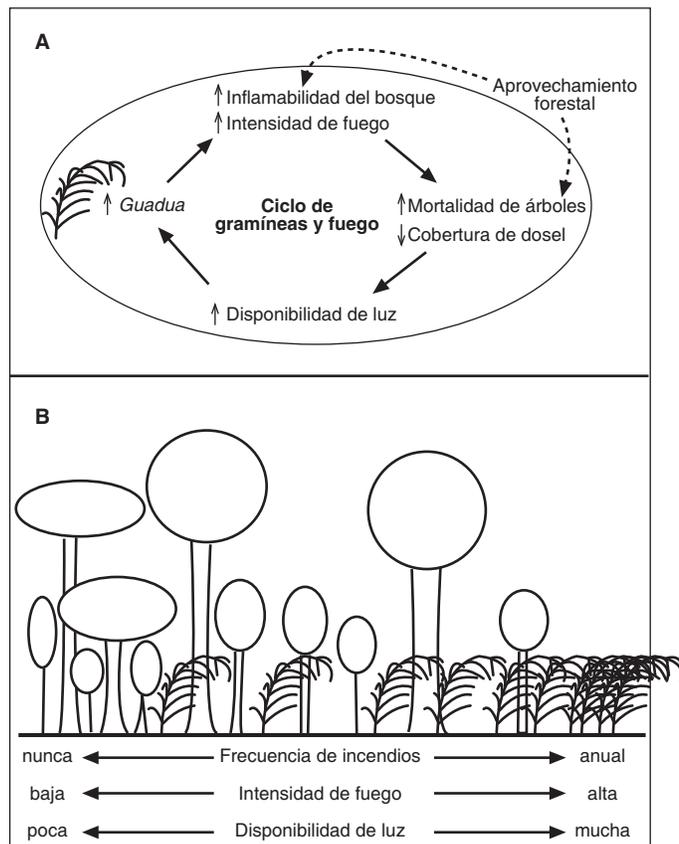


Figura 3. Diagrama que muestra que el fuego constituye una hipótesis alternativa para explicar la abundancia de *Guadua* y de árboles del bosque seco Chiquitano. **A)** Modelo del ciclo de gramíneas y fuego en el cual una gramínea como el *Guapa* puede ser parte de un proceso auto-catalítico que puede fomentar el reemplazo de un bosque por un sistema dominado por gramíneas y caracterizado por frecuentes incendios (basado en D'Antonio and Vitousek 1992, Keeley y Bond 1999). El aprovechamiento forestal y otros tipos de perturbación pueden interactuar con el ciclo, contribuyendo a la proliferación de *Guadua*. **B)** Diagrama de árboles y *Guadua* a lo largo de un gradiente de fuego y apertura de dosel.

Guadua como un forraje nativo

Aunque he asociado la presencia de *Guadua* y fuego con la degradación del bosque, hay un lado positivo de esta gramínea. *Guadua* tiene un alto potencial como forraje en la Chiquitania dada su alta productividad y alto contenido nutritivo (Tabla 3 y 4). La producción de forraje de *Guadua* que medí en mi estudio se puede comparar con la de otros forrajes como *Brachiaria* spp. y *Panicum maximum*, e incluso supera la producción de

Brachiaria spp. (Tabla 3). La cosecha de *Guadua* al inicio del la época seca en un guapasal de la estancia Cacarachi produjo $4,7 \pm 3,3$ Mg/ha de forraje (Tabla 3).

En base a una ecuación que relaciona la biomasa total de *Guadua* con el peso de forraje disponible (Fig. 4), calculé que los otros ocho guapasales del estudio (Tabla 1) produjeron menor cantidad que Cacarachi pero de todas maneras fueron muy productivos ($1,5 \pm 1,3$ Mg/ha, rango 0,3 – 4,1 Mg/ha; Tabla 2 y 3).

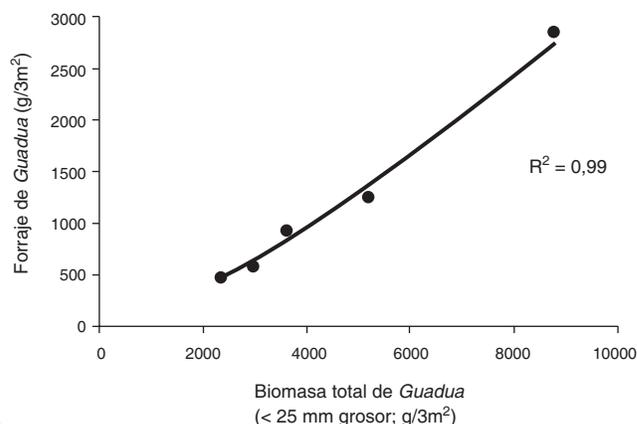


Figura 4. Relación entre la biomasa total de *Guadua* y el peso de hojas que puede servir para forraje por cada transecto de 20 m. Cada punto representa un transecto que contiene tres parcelas de corte de 1 m² en que se midió la biomasa total y el peso de las hojas y sus vainas; forraje seco = 0,014 [peso total]^{1,34}.

El otro aspecto de valor de un forraje es su contenido nutritivo, principalmente de proteínas y minerales. La materia cosechada de *Guadua* en Cacarachi tuvo un contenido de proteína bastante alto para la nutrición de ganado (Tabla 4). El 10,5 % de proteína que se midió en las láminas, las vainas, y los tallos más pequeños es mucho mejor que valores de 6 a 7,5 % reportado para *Brachiaria* spp. en otras partes de Santa Cruz (Joaquín y Herrero 2003). Lógicamente el contenido de proteína es aun más elevado en las láminas solas (13,2 %; tabla 4). Por otra parte, el fósforo y el calcio, que también son importantes para la nutrición de los animales, se encontraron en altas cantidades en el forraje de *Guadua* colectado (Tabla 4).

Mi propósito al presentar estos datos sobre *Guadua* es plantear la posibilidad de que esta gramínea se utilice como forraje "potencial" para el ganado, utilizando un manejo integrado de éste y otros forrajes. Obviamente, hay que tener en cuenta que cultivar o promover *Guadua* sin ningún tipo de manejo puede resultar en guapasales con doseles de más de 2 m los cuales quedarían fuera

del alcance de los animales. Un factor adicional que hay que tener en cuenta a la hora de manejar este forraje es que tiene espinas, y que la densidad de sus numerosos tallos es muy alta, lo que dificulta su pastoreo.

Si *Guadua* creciera de manera que todas sus hojas quedaran expuestas y fueran accesibles para el ganado, esta gramínea sería el pasto preferido de la ganadería en la Chiquitania. No obstante, *Guadua* seguirá siendo una especie sin potencial para el hombre hasta que se investigue cómo manejarla. Estos manejos podrían incluir: 1) la cosecha de *Guadua* como pasto de corte; 2) la apertura de cordones o sendas en los guapasales para facilitar su acceso al ganado; y 3) la poda de tallos de *Guadua* para mantenerlos a una altura accesible para el ganado.

Por último, no se sabe si la alta producción de forraje que se ha estimado puede ser alcanzada bajo algún tipo de manejo. Es necesario investigar cómo manejar y aprovechar esta especie que probablemente será cada vez más abundante en la Chiquitania, si la frecuencia de incendios forestales sigue incrementándose. Dada la calidad y la alta producción de su forraje, definitivamente vale la pena estudiar este bambú. Como evidencia de que *Guadua* realmente sirve para forraje, una madrugada durante mi trabajo de campo me levanté y al salir de la casa encontré un caballo con su cabeza metida en la carrocería de la camioneta. Allí se comió unos 2 kg de *Guadua* que había colectado el día anterior.

Tabla 3. La producción de forraje (hojas), biomasa total de *Guadua paniculada* y pasturas cultivadas de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*.

Especie	Forraje (Mg/ha)	Biomasa Total (Mg/ha)	Medida	Manejo	Sitio (s)	Fuente
<i>Guadua</i>	4.7	17.1	Disponible	sin pastoreo, 9 meses desde fuego	Estancia Cacarachi	Presente estudio
<i>Guadua</i>	1.5 ^a	6.5	Disponible	varios	Chiquitania Tabla 1	Presente estudio
<i>B. brizantha</i>	1.3 ^b	5.4	Disponible	sin pastoreo, 3 años desde fuego	San Ignacio de Velasco	J. Veldman, datos no publicados
<i>B. decumbens</i>	1.1	6.6	Producción 12 meses	carga animal	Area Integrada de Santa Cruz	Joaquin y Herrero (2003)
<i>P. maximum</i>	5.2 ^b	15.0	Producción 8 meses	carga animal + fertilizantes	Ribeirão Preto, Brasil	Silveira <i>et al.</i> (2005)

^a calculado por ecuación de Fig. 4

^b calculado basado en datos de Rivero (1999; citado por Joaquin y Herrero 2003) para relaciona la materia seca total al peso de hojas

Tabla 4. Contenido de proteína, fósforo (P), y calcio (Ca) en forraje cosechado de *Guadua paniculada* en la estancia Cacarachi, 23 km al este de San Ignacio de Velasco, Santa Cruz Bolivia (columna 1). Como referencia, los valores mínimos (niveles críticos) y recomendados para criar ganado también están incluidos.

	Forraje (lámina + vaina)	Lámina sola ^a	nivel crítico ^b	nivel recomendado ^c	calidad de <i>Guadua</i>
Proteína (%)	10.5	13.2	< 7 %	11.2	buena
P (%)	0.15	0.15	< 17 ppm	0.22	buena
Ca (%)	0.2	-	< 72 ppm	0.22-0.35	buena

^a Promedio de láminas colectadas en ocho guapasales (Tabla 1)

^b McDowell y Conrad (1977) citado por Velásquez-Pereira *et al.* (1997)

^c Minson *et al.* (1976)

AGRADECIMIENTOS

La ayuda de J. Alvarez y J. Iraipi durante el trabajo de campo fue indispensable. Este trabajo ha recibido apoyo financiero de Dissertation Improvement Grant de la Fundación Nacional para las Ciencias de los Estados Unidos (NSF DIG) a J. Veldman y F.E. Putz y del Garden Club of America Award in Tropical Botany a J. Veldman. Gracias a la familia Colombara por apoyar el trabajo de campo en las estancias Cacarachi y Santa Clara y por las ideas de O. Colombara y B. Colombara acerca del potencial de *Guadua* como forraje. Gracias a C. Pizano y L. Markesteyn por comentar y revisar el manuscrito

BIBLIOGRAFÍA

- D'Antonio, C. M. y P. M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:63-87.
- Fredericksen, T. S., M. J. Justiniano, B. Mostacedo, D. Kennard & L. McDonald. 2000. Comparative regeneration ecology of three leguminous timber species in a Bolivian tropical dry forest. *New Forests* 20: 45-64.
- Fry, D. L. 2008. Prescribed fire effects on deciduous oak woodland stand structure, northern Diablo Range, California. *Rangeland Ecology & Management* 61: 294-301.
- Hutyra, L. R., J. W. Munger, C. A. Nobre, S. R. Saleska & S. A. Vieira. 2005. Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazonia. *Geophysical Research Letters* 32: L24712.
- Keeley, J. E. y W. J. Bond. 1999. Mast flowering and semelparity in bamboos: the bamboo fire cycle hypothesis. *The American Naturalist* 153: 383-391.
- Joaquin, N. y M. Herrero. 2003. Referencias para el manejo de pasturas de género *Brachiaria*. Documento técnico. Centro de Investigación Tropical. Santa Cruz, Bolivia.
- Killeen, T. J. y P. N. Hinz. 1992. Grasses of the precambrian shield region in eastern lowland Bolivia I. Habitat preferences. *Journal of Tropical Ecology* 8: 389-407.
- Killeen, T. J., B. T. Louman & T. Grimwood. 1990. La ecología paisajística de la región de Concepción y Lomerio en la provincia de Ñuflo de Chavez, Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 16: 1-45.
- Killeen, T. J., Chavez, E., Peña-Claros, M., Toledo, M., Arroyo, L., Caballero, J., Correa, L., Guillén, R., Quevedo, R., Saldias, M., Soria, L., Uslar, Y., Vargas, I. & Steininger, M. 2005. The Chiquitano dry forest, the transition between humid and dry forest in eastern lowland Bolivia. *En* T. Pennington (Ed.). *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation*. CRC Press, England. pp. 206-224.
- Lange, R. T. 1969. Piosphere - sheep track and dung patterns. *Journal of Range Management* 22: 396-400.
- Laurance, W. F. 2003. Slow burn: the insidious effects of surface fires on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 209-212.
- Lemmon, P. E. 1956. A spherical densiometer for estimating overstory density. *Forest Science* 2:314-320.
- Martinez M., J. A., G. Morales V., Z. Villegas G. & M. Malla A. 2003. Fuego en el pantanal: Incendios forestales y pérdida de recursos de biodiversidad en San Matías - Santa Cruz. Fundación PIEB, La Paz - Bolivia.
- Mayle, F. E., R. Burbridge & T. J. Killeen. 2000. Millennial-scale dynamics of southern amazonian rain forests. *Science* 290: 2291-2294.
- McDowell, L. R. y J. H. Conrad. 1977. Trace mineral nutrition in Latin America. *World Animal Review*. 24:24-33. *citado en* Velásquez-Pereira et al. (1997).
- Minson, D. J., T. H. Stobbs, M. P. Hegarty & M. J. Playne. 1976. Measuring the nutritive value of pasture plants. *En* N. H. Shaw and W. W. Bryan (Eds.). *Tropical pasture research principles and methods*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England. pp. 308-337.
- Nepstad, D., G. Carvalho, A. C. Barros, A. Alencar, J. P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre, U. L. Silva & E. Prins. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management* 154: 395-407.
- Nepstad, D., P. Lefebvre, U. L. Da Silva, J. Tomasella, P. Schlesinger, L. Solorzano, P. Moutinho, D. Ray & J. G. Benito. 2004. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology* 10: 704-717.

- Nepstad, D. C., A. Verissimo, A. Alencar, C. Nobre, E. Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. Cochrane & V. Brooks. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- Pinard, M.A. y J. Huffman. 1997. FIRE resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*. 13: 727-740.
- Pringle, H. J. R. y J. Landsberg. 2004. Predicting the distribution of livestock grazing pressure in rangelands. *Austral Ecology* 29:31-39.
- Rivero, V.O. 1999. Comparación de gramíneas forrajeras en la ganancia de peso vivo animal en la zona de San Ignacio de Velasco. Tesis de grado. U.A.G.R.M, Santa Cruz, Bolivia. *Citado en* Joaquin y Herrero (2003).
- Sandoval M. L. M. 2001. Uso y manejo del bambú en dos zonas agroecológicas de Santa Cruz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba.
- Silveira P., C.G., F. Alberto de Andrade R, S Carneiro da Silva, L.G. Nussio, L. Simões de Barros M, M.L. Pereira L. & P.R. Leme. 2005. Forage yield and grazing efficiency on rotationally stocked pastures of 'Tanzania-1' guinea grass and 'Guaçu' elephantgrass. *Scientia Agricola* 62:433-439.
- Steininger, M. K., C. J. Tucker, P. Ersts, T. J. Killeen, Z. Villegas & S. B. Hecht. 2001. Clearance and fragmentation of tropical deciduous forest in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology* 15:856-866.
- Uhl, C. y R. Buschbacher. 1985. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. *Biotropica* 17:265-268.
- Velásquez-Pereira J., L. McDowell, J. Conrad, N. Wilkinson & F. Martin. 1997. Nivel mineral existente en suelos, forrajes y ganado bovino en Nicaragua. II. Macrominerales y composición orgánica de forrajes. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*. 14: 91-110.
- Villegas, Z., M. Peña-Claros, B. Mostacedo, A. Alarcón, J.C. Licona, C. Leño, W. Pariona & U. Choque. (en revision). Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest.