



ECOSUR

El Colegio de la Frontera Sur

**Relaciones Alométricas para la Predicción de Biomasa  
Forrajera y Leña de *Acacia pennatula* (Schecht. And Cham.)  
Benth. y *Guazuma Ulmifolia* Lam., en dos Comunidades del  
Norte de Chiapas, México**

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

David López Merlín

2002



ECOSUR

El Colegio de la Frontera Sur

**Relaciones Alométricas para la Predicción de Biomasa  
Forrajera y Leña de *Acacia pennatula* (Schecht. And Cham.)  
Benth. y *Guazuma Ulmifolia* Lam., en dos Comunidades del  
Norte de Chiapas, México**

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

David López Merlín

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Área de estudio.....	8
Cuantificación de forraje y leña.....	9
RESULTADOS.....	9
<i>Acacia pennatula</i> .....	9
<i>Guazuma ulmifolia</i> .....	10
DISCUSIÓN.....	11
CONCLUSIONES.....	13
AGRADECIMIENTOS.....	14
BIBLIOGRAFÍA.....	15
CUADROS.....	17
Cuadro 1. Valores estimados para forraje de <i>Acacia pennatula</i> ( n=23, p<0.05).....	17
Cuadro 2. Modelos alométricas para la biomasa forrajera en base seca y leña de <i>Acacia pennatula</i> en Jitotol, Chiapas, México (n= 23; p<0.05).....	18
Cuadro 3. Valores estimados para leña de <i>Acacia pennatula</i> (Ap) y forraje y leña de <i>Guazuma ulmifolia</i> (Gu).....	19
(n=23; p<0.05).....	19
Cuadro 4. Modelos alométricos para la biomasa forrajera en base seca de <i>Guazuma ulmifolia</i> en Simojovel, Chiapas, México (n= 23; p<0.05). ....	20
FIGURAS.....	21
Fig. 1 Ubicación de las comunidades Las Maravillas, Jitotol y Lázaro Cárdenas, Simojovel. ....	21
Fig. 2 Biomasa forrajera seca según número de rebrotes para <i>A. pennatula</i> (n= 23, p<0.05).....	22
Fig. 3 Peso de leña seca según el diámetro basal para <i>A. pennatula</i> (n= 23, p<0.05).....	23
Fig. 4 Biomasa forrajera seca según diámetro basal para <i>G. ulmifolia</i> . (n=23, p<0.05).....	24
Fig. 5 Peso de leña seca según diámetro basal para <i>G. ulmifolia</i> (n=21, p<0.05).....	25

## RESUMEN

*Acacia pennatula* (AP) y *Guazuma ulmifolia* (GU) son especies importantes como forraje y leña en las áreas tropicales secas y subhúmedas. Sin embargo se desconoce la producción con respecto a variables alométricas. Se establecieron modelos alométricos para predecir la acumulación de forraje y leña de estas especies en condiciones naturales de vegetación secundaria, en dos sitios. AP se evaluó en Las Maravillas, Municipio de Jitotol, y GU en Lázaro Cárdenas, Municipio de Simojovel, en el norte de Chiapas, México. Durante Marzo del año 2001, se realizó una poda de homogeneización y se cuantificó la cantidad de leña para 23 árboles de cada especie. La producción de forraje se calculó mediante la cosecha de rebrotes seis meses después de la poda de homogeneización. La producción de materia seca del forraje se estimó mediante varios modelos predictivos utilizando diámetro basal (db), diámetro a la altura del pecho (dap), volumen del tocón, número de rebrotes por árbol (nra), longitud del rebrote, diámetro de la base del rebrote como variables alométricas. La producción de leña en materia seca para ambas especies se relacionó con el db. Para AP el forraje es predecible con nra (modelo cúbico). Se encontró 0.13 y 1.6 Kg para 8 y 110 rebrotes respectivamente. El forraje de GU es predecible con el db (modelo lineal), para el rango estudiado entre 4 y 72 cm en db, se obtuvo entre 1.09 y 3.81 Kg de forraje respectivamente, con una tasa de 40 gr por cm de db. El peso de la leña es predecible con el db para AP y GU (modelo potencial); para AP se obtienen entre 0.64 y 616.58 Kg de leña seca, entre 3 y 56 cm de db. Para GU se obtiene entre 0.74 y 510.64 Kg de leña seca, para un rango entre 4 y 72 cm de db. Estos modelos alométricos permitirán la estimación de la producción de forraje y leña en condiciones similares a las estudiadas.

PALABRAS CLAVE: árboles, alometría, biomasa, forrajes, leña, *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*

Relate allometrys for the prediction of biomass forrajera and firewood of *Acacia pennatula* (Schltdl. and Cham.) Benth. and *Guazuma ulmifolia* Lam., in two communities of the north of Chiapas, Mexico

### ABSTRACT

*Acacia pennatula* (AP) and *Guazuma ulmifolia* (GU) are important species as forage and firewood in the dry tropical and subhumid areas. However the production is ignored with regard to allometrys variables. We establish an allometrys model to predict the forage accumulation and firewood of these species under natural conditions of secondary vegetation, in two places, both in the north of Chiapas, Mexico. AP was evaluated in "Las Maravillas", Municipality of Jitotol, and GU in "Lázaro Cardenas", Municipality of Simojovel. During March of the year 2001, it was carried out a homogenize pruning and the quantity of firewood was quantified for 23 trees of each species. The forage production was calculated by means of the sprouts crop six months after of the homogenize pruning. The production of dry matter of the forage was considered by means of several models predictions using basal diameter (db), diameter to the height of the chest (dap), volume of the stump, sprouts number for tree (nra), longitude of the sprout, diameter of the base of the sprout like variable allometry. The firewood production in dry matter for both species was related with the db. For AP the forage is predictable with nra (cubic model). It was 0.13 and 1.6 Kg respectively for 8 and 110 sprouts. The forage of GU is predictable with the db (lineal model), for the range studied between 4 and 72 cm in db, it was obtained respectively between 1.09 and 3.81 Kg of forage, with a cup of 40 gr for db cm. The weight of the firewood is predictable with the db for AP and GU (potential model); for AP they are obtained among 0.64 and 616.58 Kg of dry firewood, between 3 and 56 db cm. For GU it is obtained between 0.74 and 510.64 Kg of dry firewood, for a range between 4 and 72 db cm. These allometry models will allow the estimate of the forage production and firewood under similar conditions to those studied.

*KEYS WORDS: trees, allometry, biomass, forages, firewood, Acacia pennatula, Guazuma ulmifolia*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las políticas de desarrollo en muchos países han dado un fuerte impulso a estrategias de producción, compatibles con la conservación. El impulso de “estrategias verdes” como la agroforestería, viene a ser una opción viable para mitigar los procesos de degradación de los recursos naturales.

En América Latina, la destrucción de bosques y selvas ha sido creciente desde hace varias décadas. Por ejemplo, de 1950 a 1980, aproximadamente 2/3 partes de las áreas de bosque y selva en América Central fueron destruidas para convertirse en tierras agrícolas (Szott *et al.*, 2000)

El proceso de ganaderización en las áreas tropicales fue ampliamente señalado como un causante directo de la reducción de las áreas forestales tropicales (Myers, 1981; Nations y Komer, 1983; Hecht, 1993). Aunado a este proceso de deforestación-ganaderización, los sistemas de producción animal en los trópicos, ocasionan áreas degradadas, el cual es uno de los principales factores que contribuyen a la baja eficiencia de ésta actividad (Simpson y Conrad, 1993; Nicholson *et al.*, 1995).

La incorporación y promoción de leñosas perennes en los sistemas de producción ganadera, es una estrategia viable y posible para muchos productores de bajos recursos. Además de su contribución potencial para reducir los impactos ambientales negativos de sistemas extensivos de producción, constituye un mecanismo para diversificar las unidades ganaderas, generar productos e ingresos adicionales, reducir la dependencia de insumos externos e intensificar los sistemas extensivos (Pezo e Ibrahim, 1996; Loker, 1994).

La diversidad vegetal tropical ha sido ampliamente estudiada y se ha reconocido como un recurso estratégico, no sólo para acciones de conservación, sino también para el diseño de sistemas de producción más robustos. Existen importantes evidencias que muestran que la riqueza de especies de árboles y arbustos en México tienen una importancia cultural y económica en muchas sociedades campesinas (Jiménez, 2000; Soto-Pinto, 1990; Toledo *et al.*, 1995).

Existen otras evidencias que señalan las bondades de los árboles y arbustos para la diversificación de sistemas de producción (Gutteridge, 1991; Pezo y Ibrahim, 1996). Muchos de estos estudios hacen énfasis en evaluaciones de especies con fuerte presión de uso y en condiciones

experimentales o comerciales. Sin embargo, existen pocos estudios que muestran el potencial productivo de árboles en condiciones naturales. Por ejemplo, el bosque secundario en su fase de regeneración conocido como “barbecho” o “acahual” constituye un importante recurso, que provee de forraje, leña y otros productos de uso múltiple a las familias campesinas. López y colaboradores (1999) y Jiménez (2000) , en varios estudios efectuados en la zona Norte de Chiapas, México, resaltaron la importancia del “acahual” como una estrategia en el manejo integral de las áreas de bosque y ganado. Asimismo, resaltaron la importancia de más de 25 especies arbóreas y arbustivas útiles como forraje, destacando *Guazuma ulmifolia* y el género *Acacia*, como un recurso con potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles.

Se ha reconocido la importancia de los árboles y arbustos en condiciones naturales por su potencial para la producción de leña y forraje. Este potencial se ha estimado principalmente bajo condiciones de sistemas intensivos. Por ejemplo el género *Acacia*, ha sido estudiado bajo condiciones de uso intensivo en África , en donde se ha reportado una producción anual de biomasa aérea total de 15 ton/ha de materia seca y se ha reconocido por su valor como leña (Wickens *et al.*, 1995). Específicamente, en el sureste de México, *Guazuma ulmifolia* y *Acacia pennatula*, son identificados como un recurso potencial de uso múltiple en comunidades indígenas (Jiménez, 2000; Ku-Vera *et al.*, 1999) , sin embargo no se tienen estimaciones de la producción de biomasa para lotes de vegetación secundaria sin manejo previo.

Por otro lado, la alometría es una herramienta que permite relacionar características físicas o fisiológicas de las especies forestales para predecir su comportamiento en el futuro (King 1990, 1996; O’ Brien *et al.* 1995 y Leite 1999). Esta técnica permite obtener parámetros de interés para investigadores y planificadores de sistemas de aprovechamiento intensivo de los recursos naturales.

Este estudio probó la hipótesis de que el diámetro a la altura del pecho, diámetro basal y el número y longitud del rebrote pueden ser parámetros alométricos para estimar la cantidad de forraje y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en condiciones de vegetación secundaria (acahual).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en dos sitios: el primero donde se evaluó *A. pennatula* se ubica en la comunidad Las Maravillas, Municipio de Jitotol de Zaragoza, Chiapas (17°05'43'' N y 92° 52'53'') (Figura 1). El sitio se localiza a 1643 m s.n.m., presenta una pendiente de 6%, un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 1985). La temperatura media anual durante el año de estudio fue de 15° C y 1850 mm de precipitación media anual. Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica mas cercana al lugar. Se analizaron muestras de suelo del sitio de estudio con base en la norma oficial mexicana, encontrando un suelo de textura arcillosa, 36.1 Cmol/Kg de capacidad de intercambio catiónico, 1.3 gr/mL de densidad aparente, pH de 6.2, 3.2% de materia orgánica, 0.14% de nitrógeno y 4.7 mg/Kg de fósforo. Este sitio es usado como potrero forestal (bosque de pino, en donde los productores pastorean sus animales) donde las especies que dominaron fueron del género *Pinus* y *Acacia*. En este lugar, el ganado bovino es introducidos para alimentarse con la grama natural, durante el periodo de secas que va de noviembre a mayo (López, 1999).

El sitio donde se evaluó *G. ulmifolia* se ubicó en un potrero dentro de la comunidad de Lázaro Cárdenas, Municipio de Simojovel de Allende, Chiapas (17°07'43'' N y 92° 41'41'' W) (Figura 1). Este sitio se localiza a 763 m s.n.m., una pendiente de 20%, con un clima cálido húmedo con lluvias en verano (INEGI, 1985), temperatura media anual de 28.6 °C y 1367 mm de precipitación media anual. El suelo es de textura arcillosa, 30.4 Cmol/Kg de capacidad de intercambio catiónico, 1.2 gr/mL de densidad aparente, pH de 7.1, 4% de materia orgánica, 0.18% de nitrógeno y 9.1 mg/Kg de fósforo, en cuya estructura arbórea domina *G. ulmifolia*.

Las actividades productivas en ambas comunidades son el cultivo de maíz, frijol, café y la ganadería bovina; en Las Maravillas además se realiza el aprovechamiento de la madera de pino y la extracción de leña preferentemente de encino (*Quercus spp.*) y de *Acacia pennatula*, (Rubio, 2001) teniendo un consumo de 21 tercios (un tercio pesa alrededor de 35 Kg de materia fresca) de leña por semana por familia (INEGI, 1998), y en Lázaro Cárdenas la extracción de leña de Chalum (*Inga spp.*) y cuando no hay disponibilidad de ésta especie se utiliza la leña de *Guazuma ulmifolia*, con un consumo de 21 tercios de leña por semana por familia.



## Cuantificación de forraje y leña

Se seleccionaron 23 árboles de 3-60 cm de diámetro basal para cada especie, basándose en la metodología de Salazar (1989), que recomienda el empleo de 16-36 individuos para la cuantificación de forraje arbóreo. En marzo de 2001, se realizó una poda de homogenización, con la finalidad de que cada individuo mostrara su capacidad productora por un periodo de 6 meses (Salazar, 1989). El rango de la altura de poda fue de 1.7 a 5 m. A cada árbol se le colocó una protección de alambre y espinas para evitar el ramoneo. El material cortado se seccionó y pesó para determinar la producción de leña. Se obtuvieron muestras frescas de leña (100 gr) que se secaron a 60<sup>o</sup> C durante 48 horas, para tener una estimación de la producción de leña por árbol (Tarawali *et al.*, 1995).

En la cosecha de rebrotes se midieron: el diámetro a la altura del pecho, el número de rebrotes por árbol, diámetro de la base y la longitud de cada rebrote. Se cosecharon las hojas y se pesaron en fresco, obteniéndose dos muestras de 100 gr cada una por árbol, las cuales fueron secadas a 60<sup>o</sup> C durante 48 horas (Tarawali *et al.*, 1995).

Se establecieron diferentes modelos de regresión para la producción de biomasa forrajera seca y la leña (transformada en su logaritmo neperiano, logaritmo base 10, raíz cúbica de la variable mas <sup>1/3</sup> y la raíz cuadrada de la variable mas <sup>1/2</sup>)(Steel y Torrie, 1992), con los siguientes parámetros: diámetro a la altura del pecho, diámetro basal (ésta fue la variable que se relaciono con el peso de leña seca), número de rebrotes por árbol, longitud del rebrote, diámetro de la base del rebrote y volumen del tocón. Se seleccionaron los modelos alométricos significativos ( $\alpha=0.05$ ) y con mayor coeficiente de determinación. Para éste análisis se utilizó el programa SPSS Inc. (1998).

## RESULTADOS

### *Acacia pennatula*

La capacidad de rebrotes determina la acumulación de biomasa en esta especie. A mayor número de rebrotes por árbol se obtuvo mayor cantidad de biomasa forrajera seca (Fig. 2). Sin embargo un número mayor de 40 rebrotes no resultaría en un incremento de la biomasa forrajera seca. En el rango de 8 a 43

rebrotos por árbol se espera una acumulación de biomasa entre 0.13 y 1.54 Kg. de forraje en materia seca. De 44 a 80 rebrotos se espera entre 1.55 y 1.21 Kg.; y para el rango entre 81 y 110 rebrotos, de 1.20 a 1.6 Kg. El Cuadro 3 presenta los valores estimados de la biomasa forrajera seca acumulada en seis meses por número de rebrotos.

El modelo alométrico de tipo polinomial que describe el comportamiento de la biomasa forrajera de *A. pennatula* en función del número de rebrotos es el siguiente:

$$FAp = 0.00001 (nr)^3 - 0.002 (nr)^2 + 0.12 (nr) - 0.71$$

Donde:

FAp = Forraje seco de *A. pennatula* (Kg)

nr = Número de rebrotos por árbol

El resto de los parámetros: diámetro a la altura del pecho, volumen del tocón y diámetro de la base del rebrote llevaron a modelos no significativos y con un coeficiente de determinación menor a 0.3 (Cuadro 1).

Por otro lado, para la variable producción de leña, el diámetro basal explica la variación en cantidad de leña seca, mayores diámetros dieron como resultado mayor cantidad de leña. Esta relación tuvo una forma potencial ( $R^2 = 0.88, \alpha=0.05$ ) (Fig. 3):

$$LAp = 0.06 (db)^{2.16}$$

Donde:

LAp = Leña de *A. pennatula* en base seca (Kg)

db = Diámetro basal del árbol (cm)

El peso de leña seca por categorías de 5 cm de diámetro basal estimado con este modelo se presenta en el Cuadro 4.

### *Guazuma ulmifolia*

Mayores diámetros resultaron en una mayor biomasa forrajera (relación lineal con la biomasa forrajera seca  $R^2 = 0.55, \alpha=0.05$ ) (Fig. 4). La relación alométrica es la siguiente:

$$F_{Gu} = 0.04 (db) + 0.93$$

Donde:

$F_{Gu}$  = Forraje seco según diámetro basal de *G. ulmifolia* (Kg)

db = Diámetro basal del árbol (cm)

La biomasa forrajera seca estimada con este modelo para categorías de 5 rebrotes se muestra en el Cuadro 3. Los demás parámetros: diámetro a la altura del pecho, volumen del tocón, diámetro de la base y longitud del rebrote llevaron a modelos no significativos y con un coeficiente de determinación menor a 0.3 . (Cuadro 2).

Por otro lado, el peso de la leña seca mostró una relación significativa con el diámetro basal del árbol, a mayores diámetros se obtuvo mayor peso de leña, en el rango evaluado (4-72 cm de diámetro basal). La relación se computa de una forma potencial y se describe como sigue ( $R^2 = 0.82$ ,  $\alpha=0.05$ ) (Fig. 5):

$$L_{Gu} = 0.18 (db)^{1.13}$$

Donde:

$L_{Gu}$  = Leña de *G. ulmifolia* en base seca (Kg)

db = Diámetro basal del árbol (m)

En el Cuadro 3 puede verse la estimación del peso de leña seca por cada 5 cm de diámetro basal, estimada con este modelo.

## DISCUSIÓN

Los modelos encontrados en esta investigación son aplicables únicamente a condiciones similares a los sitios de estudio y a condiciones naturales sin manejo.

La producción de biomasa forrajera en materia seca de *A. pennatula* respondió al número de rebrotes por árbol, en el rango de 44 a 80 rebrotes hay un decremento en la biomasa forrajera producida. Una posible causa de este decremento son las condiciones microambientales a la que los árboles están expuestos y su complemento genético (Harold, 1984; N. Ramírez-Marcial, *Coms. Pers.*). Aunque la capacidad de rebrote no

mostró una relación con el diámetro basal, otros estudios han demostrado que diámetros mayores redundan en una mayor capacidad de rebrote, hasta cierto límite, pues en árboles viejos se espera una disminución de esta capacidad, ya que la senescencia es un factor que influye en la generación de biomasa (Erdmann *et al.*, 1993; Berninger *et al.*, 2000). Es necesario conocer la posible variación genética de algunas poblaciones de *A. pennatula*, así como las variables de manejo que puedan incrementar el número de rebrotes, por ejemplo el diámetro basal, conocer la cantidad de forraje que generan esta especie bajo diferentes frecuencias de poda y alturas de poda (Erdmann *et al.*, 1993).

Por otro lado, los resultados de predicción de peso de leña para *A. pennatula*, coinciden con otros estudios que han afirmado que el diámetro basal es un buen estimador del peso de la leña mediante modelos potenciales (Verwijst, 1999), el diámetro basal además de ser un parámetro de fácil obtención en campo, se considera una medida más precisa que el diámetro a la altura del pecho, el cual es difícil de establecer cuando el árbol tiene varios ejes por debajo de 1.3 m de altura (Espinosa *et al.* 1989). En este estudio *A. pennatula* rindió hasta 471.42 Kg. de leña seca en árboles de diámetros hasta 56 cm. La mayor parte de los árboles en acahuales (vegetación sin manejo) estuvieron en rangos diamétricos entre 20 y 40 cm, los cuales ofrecen una cantidad de leña entre 38.8 y 173.2 Kg. Giraldo (1996) encontró para *Acacia decurrens* 8.5 Kg/leña fresca/árbol en un bosque montano en Colombia, sin embargo no tomó en cuenta el diámetro basal del árbol.

Para *G. ulmifolia*, el diámetro basal es un buen parámetro para predecir el forraje, y además es de fácil obtención en campo. Esta relación entre la cantidad de forraje y el diámetro basal de *G. ulmifolia* se debe según otros estudios a que este último parámetro está asociado a la reserva de carbohidratos del árbol después de la poda, lo que permite la formación de los rebrotes (Berninger *et al.*, 2000; P. Nygren, *Com. pers.*). Otros autores han encontrado que el área basal del árbol es también un buen estimador del forraje (Nygren, 1993)

La cantidad de biomasa forrajera en materia seca para *Guazuma ulmifolia* es alentadora, y permite pensar en futuras investigaciones para conocer la viabilidad de sistemas de corte y acarreo para la alimentación animal. Se han reportado hasta 1224 Kg de materia seca de forraje con 20 árboles por hectárea en fincas de Costa Rica, aunque no se menciona el tipo de manejo que se le da a los árboles (Giraldo, 1999).

La relación entre el peso de leña seca con el diámetro basal para *G. ulmifolia* coincide con estudios realizados en Centroamérica, en los cuales este parámetro ha sido buen estimador del peso de leña para esta especie (CATIE, 1991).

Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto la necesidad de realizar experimentos que permitan conocer el manejo que requieren los árboles para incrementar sus diámetros y por consecuencia la biomasa forrajera.

Finalmente, sería conveniente para ambas especies realizar una evaluación de la acumulación de forraje durante la época de secas, que en la región de estudio va de Noviembre a principios de Mayo, ya que la producción en esta etapa de escasez de alimento para los animales, es de gran significancia para el diseño de alternativas silvopastoriles, las cuales podrían complementarse con técnicas de conservación de forrajes. De los resultados encontrados en este estudio se puede sugerir que difícilmente los mismos individuos tanto de *Acacia* como de *Guazuma* podrían utilizarse para leña y forraje al mismo tiempo, ya que la biomasa acumulada en 6 meses no tiene cantidades sustanciales de material leñoso. Se propone realizar evaluaciones agronómicas con estas especies para conocer su potencial productivo bajo manejo.

## CONCLUSIONES

La biomasa forrajera en materia seca de *A. pennatula* es predecible con el número de rebrotes por árbol, mientras que para *G. ulmifolia* lo es con el diámetro basal. La leña por árbol en materia seca puede estimarse con el diámetro basal del árbol, tanto para individuos en estado natural, como para ambas especies. Las variables usadas en este estudio para estimar biomasa forrajera y leña son fácilmente medibles en el campo. La cantidad de leña y forraje que producen sugieren futuros estudios sobre sistemas de aprovechamiento integral para una producción sustentable de forraje y leña en el Norte de Chiapas.

## AGRADECIMIENTOS

Al ECOSUR unidad San Cristóbal y a sus integrantes por facilitarme mi estadía en Chiapas, y a los instructores de los Cursos que tome, por tener intención de agrandar mi acervo. A la Doctora Lorena Soto, Doctor Guillermo Jiménez Ferrer, Doctor Salvador Hernández Daumás, Doctor José Nahed y Doctor Neptalí Ramírez Marcial, por su paciencia y apoyo académico en la realización de este trabajo.

A Blanca Luz Coello, Helda Kramsky, Raymundo Mijangos, Manuel Zepeda trejo, a Don Nicolás, por su apoyo en todo momento y por su buen trato.

A los compañeros del LAIGE de ECOSUR, Emmanuel, Adrián, Susana, Julio, Darío, por su apoyo en la elaboración de mapas, su atención oportuna y amistad.

A los compañeros del herbario, Henry, Toño y don Nicolás, por su apoyo en el cotejo de las especies objeto de este estudio, y por amistad incondicional.

A las compañeras y compañeros de la Biblioteca, Ana María, Graciela, Malena, Hermilo, Mario y Alejandro, por su grana ayuda en administrativa y anímica.

Al ingeniero Jesús Carmona, Juan Morales, Lupita, Miguel Anaya y Manuel Gutiérrez, del área de Labotarios, por la realización del análisis de suelo, el secado de las muestras, y la facilitación de infraestructura de dicha área.

A los compañeros del área de Gestión Comunitaria, Eleazar Solano, José Pérez, Martiniano, Noe Samuel León, Antonio Meza y Ramón Mariaca, por su apoyo, consejos atinados y la amistad que me brindaron.

A Carmen Núñez, por mitigar mi hambre, sed, y estrés, y por ser una gran persona y amiga.

A los compañeros de la generación 2000-2001 de la maestría del ECOSUR, por permitirme conocerlos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berninger F, E Nikinmaa, R Sievanen, y P Nygren (2000) Modelling of reserve carbohydrate dynamics, regrowth and nodulation in a N<sub>2</sub>-fixing tree managed by periodic prunings. *Plant, Cell and Environment* 23: 1025-1040.
- CATIE (1991) Guácimo, *Guazuma ulmifolia* Lam., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- Espinosa A J, G Vera Castillo, F Carrillo Anzures y C Rodríguez Franco (1989) Tablas de producción de biomasa y leña combustible de *Acacia retinoides* Schlecht. In: Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales (Eds). Memoria del simposio agroforestal en México. Sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. Tomo (II). Linares, Nuevo León, México. p.p. 40-56.
- Erdmann TK, Nair PKR y Kang BI (1993) Effects of cutting frequency and cutting height on reserve carbohydrates in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. *Forest Ecology and Management*. 57: 45-60
- Giraldo VL (1996) Potencial de la arbórea *Acacia decurrens*. Evaluación como componente en sistemas silvopastoriles en el clima frío de Colombia. Facultad de Ciencias agropecuarias. Universidad de Colombia. Departamento de Producción Animal. Medellín, Colombia. 23 p.
- Giraldo VL (1999) Potencial del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. In: Sánchez, M.D. y M. Rosales Méndez (Eds.). Memoria de una conferencia electrónica de la F.A.O.: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Abril -Septiembre de 1998. FAO, Roma, Italia. pp. 295-308
- Gutteridge RC (1991) Sustaining multiple production systems forest and fodder trees in multiple use systems in the tropics. *Tropical Grassland* 25: 165-172.
- Harold W, Hocker Jr (1984) Introducción a la biología forestal. Primera Edición en Español. AGT Editores. pp 100-125
- Hecht SB (1993) The logic of livestock and deforestation in Amazonia. *Bioscience*, 43: 687-695
- INEGI (1998) Chiapas. Información básica del sector agropecuario. Tomo II. Editorial INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (1985) Carta de climas. Villahermosa. Escala 1: 250 000. INEGI. Aguascalientes, México.
- Jiménez FG (2000) Árboles y arbustos forrajeros de la región Maya-Tzotzil del norte de Chiapas, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 163 p.
- King DA (1990) Allometry of saplings and understorey trees of a Panamanian forest. *Functional ecology*, Vol 4, p 27-32.
- King DA (1996) Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*, Vol 12:25-44.
- Ku Vera JC, Ramírez Aviles L, Jiménez, G, Alayón, J, Ramírez, I. (1999) Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico. In: Sánchez, M.D. y M. Rosales Méndez (Eds.). Memoria de una conferencia electrónica de la F.A.O.: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Abril -Septiembre de 1998. FAO, Roma, Italia.. 231-258.
- Leite F MA (1999) Padroes alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. *Scientia Forestalis* 55: 79-87.
- Loker W (1994) Where's the beef?: Incorporating cattle into sustainable agroforestry system in the Amazon Basin. *Agroforestry Systems*. 25: 227-241.
- López CM (1999) El sistema ganadero de montaña y especies leñosas promisorias en la región Norte-Tzotzil de Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 48 p.
- Myers N (1981) The Hamburger Connection: How Central America's Forest become North America's Hamburgers. *Ambio*. Vol X No. 1, 3-8
- Nations DJ y Komer DI (1983) Central America's tropical rainforest. Positive steps for survival. *Ambio*. Vol. XII, No. 5, 222-238.
- Nicholson CH, Blake RW y Lee DR (1995) Livestock, deforestation and policy Making: Intensification of cattle production in Central America. *Journal of Dairy Science* 78: 719-734
- Nygren P, S Rebottaro and R Chavarria (1993) Application of the pipe model theory to non-destructive estimation of leaf biomass and leaf area of pruned agroforestry trees. *Agroforestry Systems* 23: 63-77.

- O'Brien ST, Hubbell SP, Spiro P, Condit R, and Foster RB (1995) Diameter, height, crown and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology*, Vol. 76: 1926-1939.
- Pezo D y M. Ibrahim (1996) Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En: 1er Foro Internacional sobre "Pastoreo intensivo en zonas tropicales" Ver. México 7-9 de Nov. 1996. FIRA, Banco de México, 39 pp.
- Rubio D L (2001) Distribución de *Acacia pennatula* (Schldl. & Cham.) Benth. en bosques perturbados del norte de Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 24 p.
- Salazar R (1989) Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. Serie de investigación técnica. Boletín técnico 20. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Pp. 43-56
- SEMARNAP (2000) Proyecto de norma oficial Mexicana PROY-NOM-RECNAT-2000, procedimientos de análisis de suelos. SEMARNAP. Subsecretaría de Recursos Naturales. México. 78 p.
- Simpson JR y Conrad JH (1993) Intensification of cattle Production System in Central America: Why and When. *Journal of Dairy Science* 76: 1744-1752
- Soto-Pinto ML (1990) Plantas útiles de cuatro comunidades de Chiapas: perspectivas en el uso sostenible de la tierra. *Revista Fitotecnia Mexicana* 13: 149-168.
- SPSS Inc. (1998) Manual del usuario de SPSS. Base para Windows. Chicago Illinois. Estados Unidos. pp 291-305
- Steel R G y J H Torrie (1992) Bioestadística. Principios y procedimientos. Segunda Edición. 226-229
- Szott L, Ibrahim M. and Beer J. (2000) THE HAMBURGER CONNECTION HANGOVER: Cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. CATIE. DANIDA. GTZ. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 71 p
- Tarawali SA, Tarawali G, Larbi A y Hanson J (1995) Methods for the evaluation of legumes, grasses and fodder trees for use as livestock feed. ILRI Manual 1. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 51 p.
- Toledo VM, Batiz AI, Becerra R, Martínez E y Ramos HC (1995) La selva útil : Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20: 177-187
- Verwijst T y Björn T (1999) Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *Forest Ecology and Management*. 121: 137-146.
- Wickens G E, A G Seif el Din y I Nahal (1995) Role of *Acacia* species in the rural economy of dry Africa and the near East. FAO Conservation Guide 27. Roma Italia. 73 p.



## CUADROS

Cuadro 1. Valores estimados para forraje de *Acacia pennatula* ( n=23, p<0.05)

Número de rebrotes	Forraje en materia seca (Kg)
	$FAp = 0.00001(nr)^3 - 0.002(nr)^2 + 0.12(nr) - 0.71$
	n= 23
8	0.13
10	0.30
15	0.67
20	0.97
25	1.20
30	1.36
35	1.47
40	1.53
45	1.55
50	1.54
55	1.50
60	1.45
65	1.39
70	1.32
75	1.26
80	1.21
85	1.18
90	1.18
95	1.21
100	1.29
105	1.42
110	1.60

Cuadro 2. Modelos alométricos para la biomasa forrajera en base seca y leña de *Acacia pennatula* en Jitotol, Chiapas, México (n= 23; p<0.05).

Parámetro	Modelos y R <sup>2</sup> para leña	Modelos y R <sup>2</sup> para forraje
Diámetro a la altura del pecho (m)		$F\Delta p = 303.38(dap)^3 - 222.63 (dap)^2 + 44.23(vt) - 0.56$ $R^2=0.16$
Diámetro basal (m)	$L\Delta p = 0.06 (db)^{2.16}$ $R^2 = 0.82$	$F\Delta p = 122.06(db)^3 - 96.53 (db)^2 + 20.55 (db) + 0.36$ $R^2=0.13$
Número de ramas después de la poda		$F\Delta p = 0.00001 (nr)^3 - 0.002 (nr)^2 + 0.12 (nr)$ $R^2 = 0.42$
Volumen del tocón (m <sup>3</sup> )		$F\Delta p = -31.08(vt)^3 + 33.57(vt)^2 - 7.02 (vt) + 1.59$ $R^2=0.07$
Diámetro de la punta del rebrote (mm)		$F\Delta p = 13901.8(dpr)^3 + 3560321.11 (dpr)^2 + 277698026.9 (dpr) - 15.16$ $R^2=0.27$
Diámetro de la base del rebrote (mm)		$F\Delta p = -46553275.13(dbr)^3 + 924990.42 (dbr)^2 + 5738.24(dbr) + 12.45$ $R^2=0.11$
Longitud de la rama (m)		$F\Delta p = 1.08(lr)^3 + 5.49 (lr)^2 + 7.24 (lr) - 0.89$ $R^2=0.24$

Cuadro 3. Valores estimados para leña de *Acacia pennatula* (Ap) y forraje y leña de *Guaşuma ulmifolia* (Gu)

(n=23; p<0.05)

Diámetro basal (cm)	Forraje (Kg)		Leña (Kg)	
	Gu	Ap	Gu	Ap
	$fGu=0.04(db) + 0.93$ $LAp=0.06(db)^{2.16}$ $LGu=0.018(db)^{1.13}$			
5	1.28	1.94	1.23	
10	1.77	8.67	5.90	
15	2.34	20.82	14.74	
20	2.99	38.76	28.24	
25	3.72	62.76	46.76	
30	4.54	93.05	70.61	
35	5.43	129.82	100.03	
40	6.40	173.22	135.27	
45	7.45	223.40	176.52	
50	8.58	280.50	223.98	
55	9.80	344.62	277.82	

Cuadro 4. Modelos alométricos para la biomasa forrajera en base seca de *Guazuma ulmifolia* en Simojovel, Chiapas, México (n= 23; p<0.05).

Parámetro	Modelos y R <sup>2</sup> para leña	Modelos y R <sup>2</sup> para forraje
Diámetro a la altura del pecho (m)		$F_{Ap} = -2178.57(dap)^3 + 1151.19(dap)^2 - 162.1(vt) + 9.7$ $R^2 = 0.11$
Diámetro a la base del árbol (cm)	$I_{Gu} = 0.18 (db)^{1.13}$ $R^2 = 0.82$ $I_{Gu} = 3.75 (db) - 19.98$ $R^2 = 0.50$	$F_{Gu} = 1.09 e^{0.02 db}$ $R^2 = 0.57$ $F_{gu} = 0.04 (db) + 0.93$ $R^2 = 0.55$
Volumen del tocón (m <sup>3</sup> )		$F_{Ap} = 2173.83(vt)^3 - 1185.07 (vt)^2 + 155.37 (vt) + 0.62$ $R^2 = 0.15$
Diámetro de la punta del rebrote (mm)		$F_{Ap} = 321906389.41(dpr)^3 - 4294421.96 (dpr)^2 + 16716.07 (dpr) - 14.3$ $R^2 = 0.12$
Diámetro de la base del rebrote (mm)		$F_{Ap} = -1346391.38(dbr)^3 + 63957.56 (dbr)^2 - 844.56 (dbr) + 7.2$ $R^2 = 0.04$
Longitud de la rama (m)		$F_{Ap} = 0.78 (lr)^2 - 1.15 (lr) + 3.98$ $R^2 = 0.05$

FIGURAS

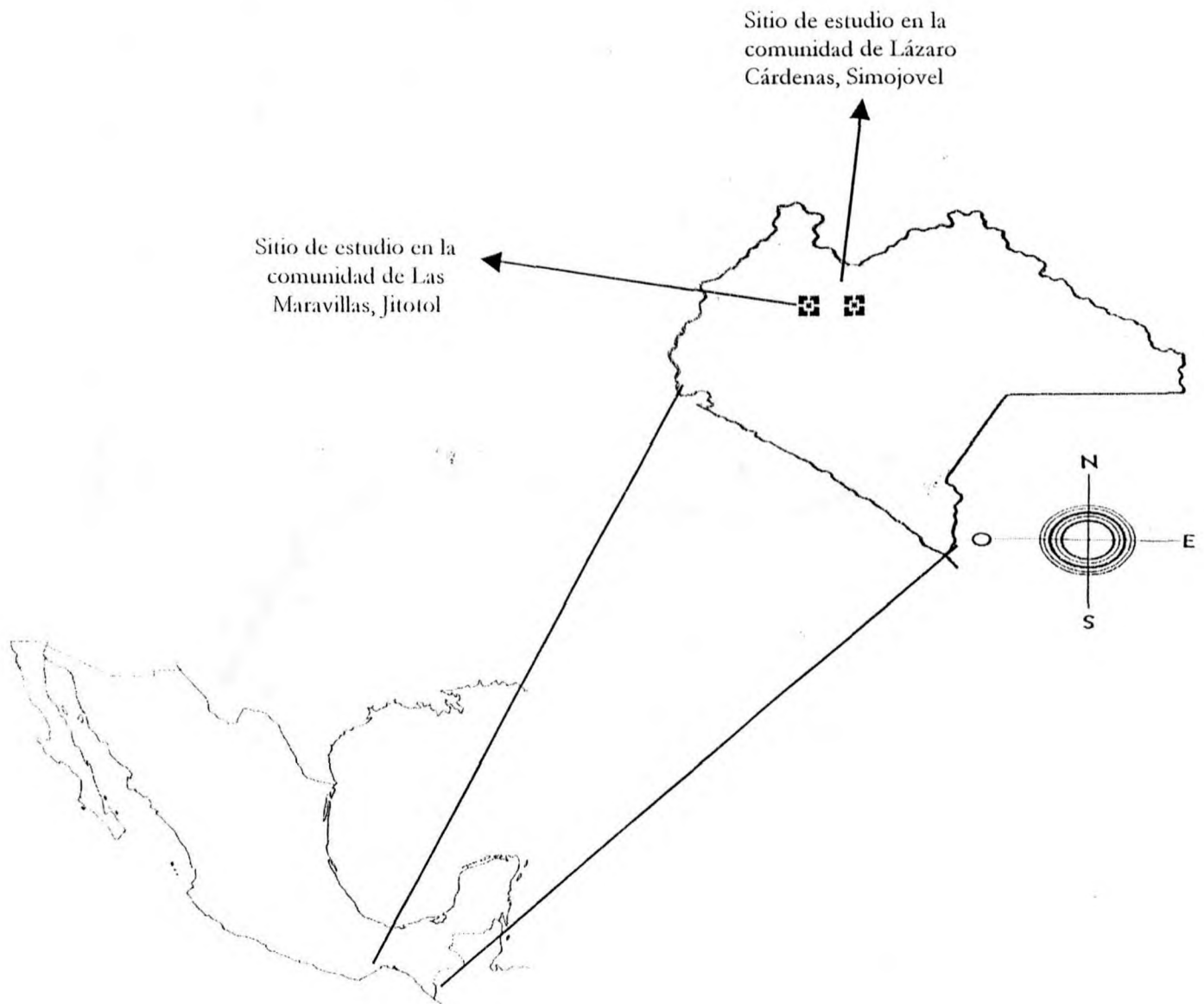


Fig. 1 Ubicación de las comunidades Las Maravillas, Jitotol y Lázaro Cárdenas, Simojovel.

$$FAp = 0.00001 (nr)^3 - 0.002 (nr)^2 + 0.12 (nr) - 0.71$$

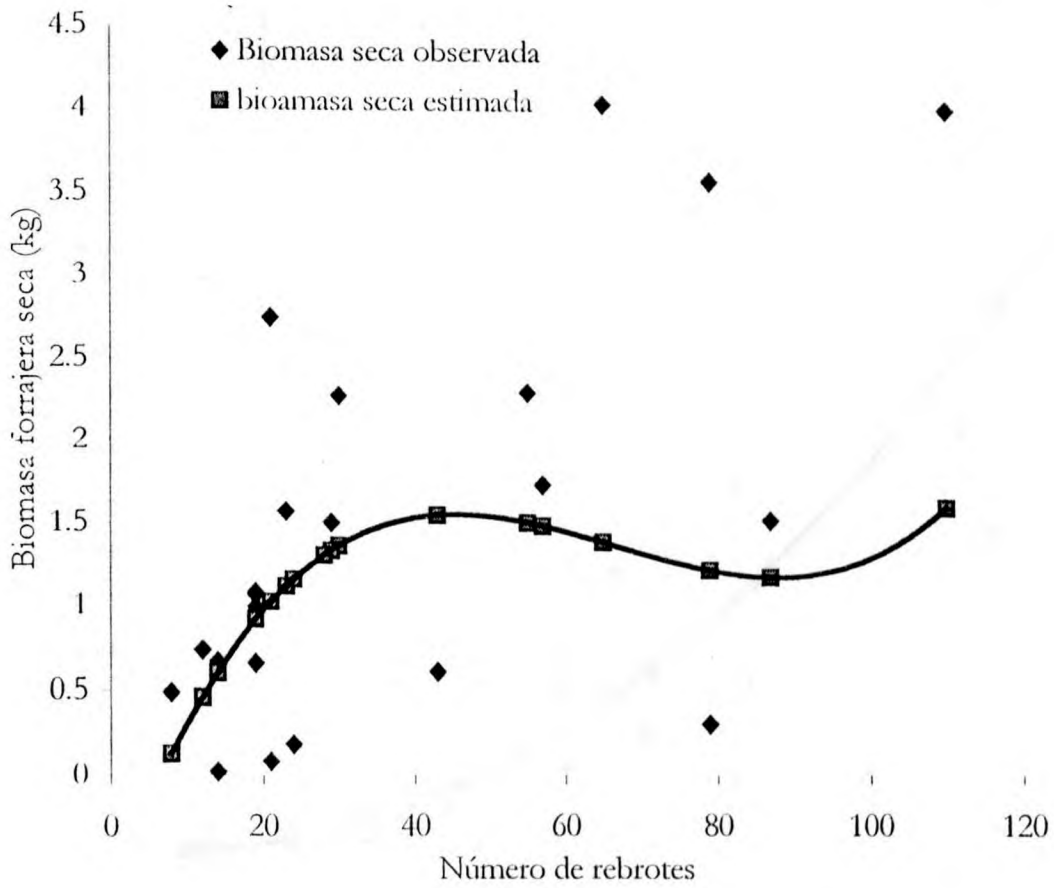


Fig. 2 Biomasa forrajera seca según número de rebrotes para *A. pennatula* ( $n=23$ ,  $p<0.05$ )

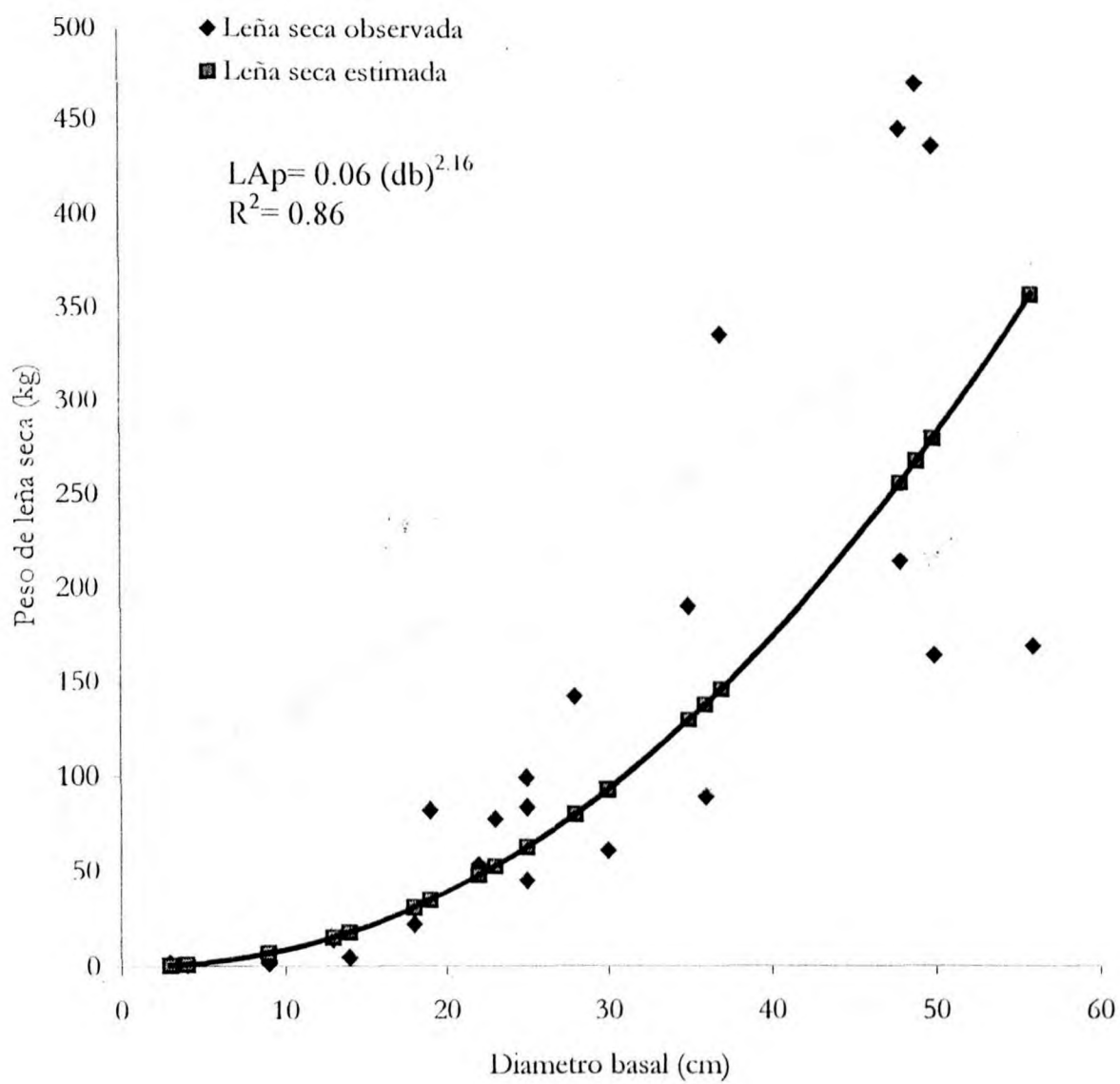


Fig. 3 Peso de leña seca según el diámetro basal para *A. pennatula* ( $n=23$ ,  $p<0.05$ )

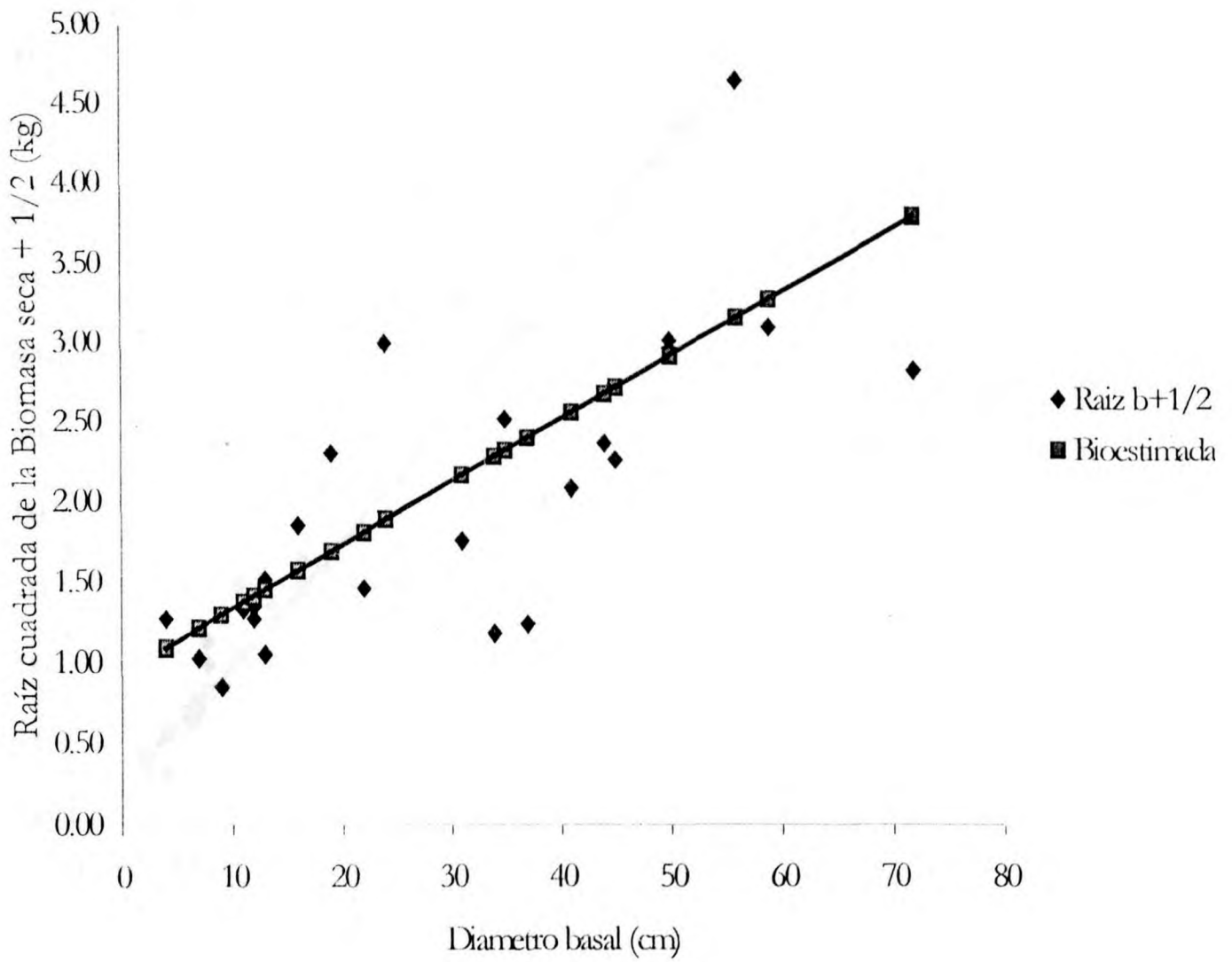


Fig. 4 Biomasa forrajera seca según diámetro basal para *C. ulmifolia*. (n=23, p<0.05)



$$LGu = 0.18(db)^{1.13}$$

$$R^2 = 0.82$$

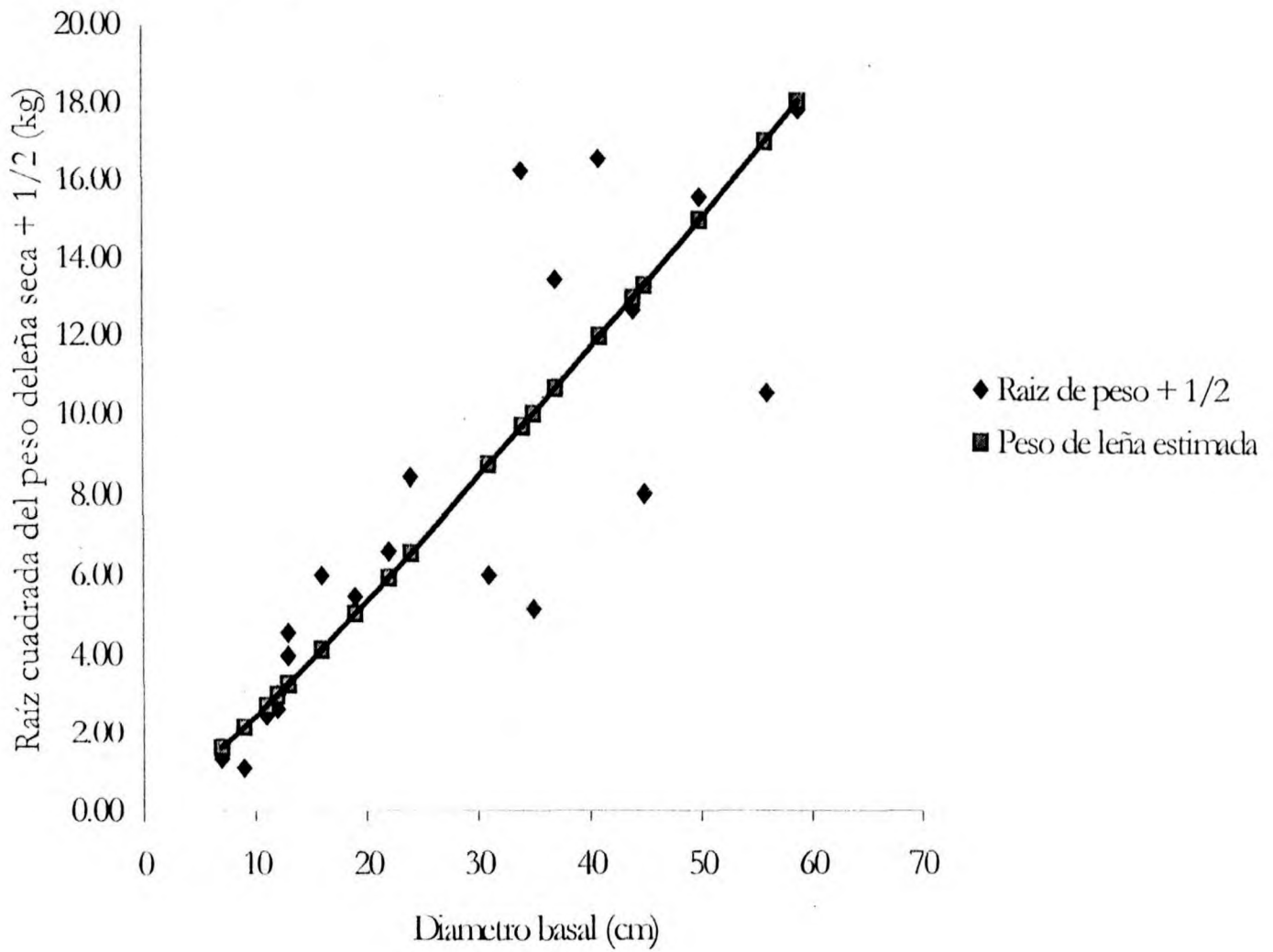


Fig. 5 Peso de leña seca según diámetro basal para *G. ulmifolia* (n=21, p<0.05)