

✓
**RENDIMIENTO DE LEÑA DE ARBOLES INDIVIDUALES DE
Guazuma ulmifolia LAM. EN POTREROS EN HOJANCHA,
GUANACASTE, COSTA RICA**

Rodolfo ✓ Salazar
y
Dietmar Rose

El presente trabajo es parte de las actividades del
Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía

PROYECTO CATIE/ROCAP No. 596-0089

La reproducción de este trabajo fue realizada con el apoyo del
Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA, por me-
dio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para
América Tropical.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica, 1983

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ii
SUMMARY	ii
1. INTRODUCCION	1
2. MUESTREO	2
3. RESULTADOS Y DISCUSION	4
3.1 Estimaciones por rama	4
3.2 Estimaciones por árbol	5
4. CONCLUSIONES	6
5. BIBLIOGRAFIA	8
6. ANEXO	9

SALAZAR*, R. y ROSE**, D.W. Rendimiento de leña de árboles individuales de *Guazuma ulmifolia* Lam. en potreros en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1983. 12 p.

RESUMEN

Guazuma ulmifolia Lam. (guácimo) tanto por su amplio rango de distribución y fácil manejo, como por ser una de las especies preferidas para leña en las zonas húmedas y secas de América Central, la colocan en un lugar de preferencia con respecto a otras especies estudiadas.

En el presente trabajo se encontró que el peso de la leña contenida en la copa de un árbol, que ha venido siendo periódicamente aprovechado, puede ser calculado con bastante precisión utilizando modelos de regresión basados en diámetro basal promedio de las ramas y DAP, así como en base a diámetro de copa y edad de los brotes. Las tablas de peso desarrolladas, permiten realizar buenas estimaciones de la cantidad de leña que producen los árboles de guácimo que crecen en potreros.

SUMMARY

Guazuma ulmifolia Lam. (guácimo) by its broad distribution, easy handling and by its high quality as firewood, it promising native species for firewood in the wet and dry regions of Central America.

It was found that it is possible to make an accurate estimate of the firewood weight content in the crown of a guácimo tree that has been periodically harvested, using regression models based on basal diameter of the branches and dbh; crown diameter and age of the sprouts. Several firewood tables were developed in terms of weight, which can be utilized to make estimates in those individual trees that grow in pasture, and that are periodically harvested.

* Ph.D. Consultor en Biometría, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

** Ph.D. Consultor en Análisis de Sistemas, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
Prof. Universidad de Minnesota, College of Forestry.

RENDIMIENTO DE LEÑA DE ARBOLES INDIVIDUALES DE
Guazuma ulmifolia LAM. EN POTREROS EN HOJANCHA,
GUANACASTE, COSTA RICA

1. INTRODUCCION

El guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) es una de las especies más ampliamente distribuidas en el trópico americano y el caribe, donde se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1.200 m de elevación. Aunque las mayores poblaciones se encuentran en zonas húmedas y las regiones secas, también es posible encontrarla en las zonas húmedas sin época seca definida (3, 4).

Aunque no existe información disponible sobre el rendimiento de esta especie, si se cuenta con alguna información sobre las características de las zonas de distribución, formas de aprovechamiento y usos de la misma (3, 4).

Entre los atributos de la especie pueden citarse por ejemplo: sombra y alimento para ganado, leña de calidad, facilidad de manejo y buena capacidad de rebrote. Estas características la convierten en una especie ideal para ser manejada en los potreros de las zonas secas.

El conocimiento un poco más profundo sobre la capacidad de rebrote, turnos de aprovechamiento así como rendimiento, permitirá eventualmente, ayudar a que el finquero pueda practicar un sistema de manejo más eficiente.

Aunque no es la norma a nivel centroamericano, sí es posible observar y con mayor frecuencia en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, como el ganadero ha venido desarrollando a través del tiempo una técnica en el manejo y aprovechamiento del guácimo que crece en forma natural en los potreros. En esta región el ganadero deja un número variable de árboles de diferentes especies en los potreros, para ser aprovechados eventualmente como alimento para ganado (en el caso de guácimo), postes para cercas, y leña. El número así como la distribución de árboles por área no obedece a un sistema específico, es más bien irregular evitando una alta concentración de árboles.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar modelos matemáticos, que permitan predecir la producción de leña en árboles individuales de guácimo que crecen en forma natural en potreros.

2. MUESTREO

Los árboles para la muestra se cortaron en la localidad de Arena de Hojancha, Guanacaste, localizada a $10^{\circ}3'$ de latitud norte, $85^{\circ}25'$ de longitud oeste y 355 msnm. La zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 2223 mm, una temperatura media anual de 27°C , con un período seco que va de noviembre a mayo. Ecológicamente la zona de vida corresponde al bosque húmedo tropical (según Holdridge). Los suelos de la región son de origen ígneo y sedimentario. Según el mapa de asociaciones de subgrupos de suelos (Haplustalfs), estos se clasifican como Alfisoles o Inceptisoles (1).

Se seleccionó esta finca por ser representativa de las condiciones de la zona, y por contar con un sistema de aprovechamiento de guácimo para leña, forraje y sombra claramente establecido.

Cada árbol de guácimo que se encuentra establecido en forma natural en los potreros, tiene brotes de la misma edad, y en la misma área se encuentran árboles con brotes de uno a cuatro años.

Generalmente la cosecha se realiza durante el mes de marzo y se cortan únicamente árboles con ramas de tres ó cuatro años de edad. Las ramas normalmente se cortan a 2,5 m de altura, para impedir que el ganado se coma los nuevos brotes.

En total fueron muestreados 17 árboles, cuatro por cada una de las edades de dos a cuatro años, y cinco para un año. Se seleccionaron aquellos árboles que presentaron el tronco con forma bastante uniforme.

Se utilizó el criterio del finquero para ayudar a detectar los árboles con brotes de las diferentes edades, ya que él es quién conoce los árboles y sabe cuando fueron estos aprovechados.

Se midió el mayor número posible de variables, para identificar posteriormente las que ofrecieran mayor precisión en el desarrollo de modelos matemáticos, que permitirán predecir la producción de leña por árbol. El Cuadro 1 presenta las 15 variables evaluadas.

Cuadro 1. Parámetros de dispersión para las variables de crecimiento, por árbol.

Variable	Promedio	Error estandar	CV (%)
1. Número de ramas	13,5	1,4	43,4
2. Diámetro basal promedio de las ramas (mm)	85,0	7,5	36,5
3. Diámetro cuadrático de las ramas (mm)*	88,4	8,1	37,9
4. Diámetro geométrico de las ramas (mm)*	81,3	6,9	34,9
5. Largo total promedio de las ramas (dm)	62,5	4,8	31,4
6. Largo comercial promedio de las ramas (dm)	46,7	4,7	41,6
7. Peso verde total de las ramas (kg)	399,2	89,0	91,9
8. Peso verde comercial de las ramas (kg)	314,4	77,2	101,2
9. Edad de las ramas (años)	2,5	0,3	45,5
10. Altura total del árbol (mm)	11,2	0,6	23,4
11. Altura del tronco desde donde salen las ramas (m)	2,7	0,2	29,6
12. DAP (cm)	42,2	2,1	20,7
13. Diámetro basal del árbol (cm)	52,4	3,8	30,2
14. Altura de la copa (m)	8,8	0,8	35,9
15. Diámetro de la copa (m)	10,2	0,9	35,1

* Transformación de la variable original para detectar mejor ajuste.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 presenta en resumen los parámetros de dispersión para 15 variables, basado en las observaciones realizadas en 17 árboles. Por lo heterogéneo del material en términos de edad, la mayoría de los coeficientes de variación son relativamente altos.

El grado de asociación que existe entre las mismas 15 variables se presenta en la matriz de correlación simple (Cuadro 2 adjunto). Es interesante observar que no existe relación entre el número de ramas y dimensiones del tronco como DAP, altura, y diámetro basal, y que estas mismas variables no están asociadas con ninguna variable de rendimiento de la copa. Adicionalmente se encontró que la madera verde de las ramas contiene 54% de humedad (determinado a 105°C).

Además de encontró una gravedad específica de $1,28 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ en madera verde de la parte basal en ramas gruesas, y de $0,65 \pm 0,02$ en madera seca al horno.

3.1 ESTIMACIONES POR RAMA

Para la evaluación de biomasa por rama es posible utilizar la alta correlación que existe entre peso comercial (a 2,5 cm diámetro mínimo) y el peso total. El siguiente modelo de regresión permite hacer una estimación bastante precisa independientemente de la edad de los rebrotes.

$$\text{Ptr} = 2,209 + 1,1749 \times \text{Pcr}$$

Ptr = Peso verde total de la rama (kg)

Pcr = Peso verde comercial de la rama (kg)

$$R^2 = 99\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 13,77$$

Si se tiene el número total de ramas y el peso comercial promedio se podrá fácilmente predecir el peso total de la copa. La determinación de peso comercial implica una operación aunque no compleja, sí muy prolongada: por lo tanto, el empleo de cualquiera de los dos siguientes modelos de regresión permitirá con suficiente precisión estimar el peso comercial de cada rama:

$$\text{LN Pcr} = 12,074 + 2,3075 \times \text{LN Dr} + 1,0668 \times \text{LN Ltr}$$

$$R^2 = 95\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 0,12$$

Dr = Diámetro basal de la rama (mm)

Ltr = Largo total de la rama (dm)

LN = Logaritmo natural

Aun este modelo implica el empleo de mucho tiempo para medir el largo de cada rama. Un modelo más práctico es el que utiliza únicamente el diámetro basal de las ramas. La siguiente ecuación de regresión simple da un ajuste bastante alto para estimar el peso de leña por rama.

$$\text{LN Pcr} = - 11,194 + 3,1008 \times \text{LN Dr}$$

$$R^2 = 93\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 0,16$$

El Cuadro 3 adjunto es el resumen de dos tablas de peso de una entrada. La primera es la estimación del peso comercial por rama en función del diámetro basal de la rama; la segunda es la estimación del peso total de la rama en función del peso comercial de la misma.

3.2 ESTIMACIONES POR ARBOL

Para estimar el peso comercial de leña por árbol (copa) podrá utilizarse la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{LN Pcc} = 1,8968 + 0,0206 \times \text{Dpr} + 0,0268 + 0,0268 \times \text{DAP} - 0,0198 \\ \times \text{LN E} + 0,13902 \times \text{LN Dc}$$

$$R^2 = 80\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 0,05$$

Pcc = Peso verde comercial de la copa (kg)

Dpr = Diámetro promedio de las ramas (mm)

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

E = Edad de la copa (años)

Dc = Diámetro de la copa (m)

Una ecuación más simple es:

$$\text{Pcc} = 746,56 + 9,3470 \text{ Dpr} - 6,5681 \text{ DAP}$$

$$R^2 = 96\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 4782,60$$

la cual permite estimar el peso de leña por árbol conociendo únicamente el diámetro promedio de las ramas y el DAP. El Cuadro 4 adjunto presenta el peso verde comercial de la copa para diferentes combinaciones de DAP y diámetro promedio de las ramas. Otra forma bastante simple de estimar el peso de leña por árbol es

cuando se conoce el diámetro de la copa. La siguiente ecuación de regresión simple da un ajuste aceptable para estimar el peso de leña en base al diámetro de copa:

$$\text{LN Plc} = - 1,2783 + 2,853 \text{ LN Dc}$$

Plc = Peso verde leña de la copa (kg)

$$R^2 = 78\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 0,41$$

Quando se conoce la edad de los rebrotes, la siguiente ecuación de regresión lineal puede utilizarse para estimar el peso de leña verde por árbol:

$$\text{LN Pcc} = 3,4522 + 2,1367 \text{ LN E}$$

$$R^2 = 77\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 0,42$$

E = Edad de la copa (años)

En el Cuadro 2 se observa que existe una alta correlación entre el peso verde total de la copa y el peso de leña de la misma. El siguiente modelo de regresión lineal describe en forma bastante precisa esta relación, que permite facilitar la cuantificación de biomasa en evaluaciones futuras sin necesidad de recurrir a variables difíciles de cuantificación:

$$\text{Ptc} = 32,137 + 1,1582 \text{ Pcc (kg)}$$

$$R^2 = 99\%***$$

$$\text{Syx}^2 = 604,29$$

El Cuadro 5 adjunto resume cuatro tablas de una entrada sobre peso verde comercial y total de la copa en función de diámetro de copa y edad (años). Así podría estimarse que un árbol con 10,0 m de diámetro de copa podría producir aproximadamente 198 kg de leña verde.

4. CONCLUSIONES

Tanto las variables de rendimiento como las de crecimiento muestran un alto porcentaje de variación; esto es por tratarse de poblaciones naturales muy heterogéneas. Así, el número promedio de ramas por árbol es de 13 y varía de ocho a 35. Normalmente las copas de un año tienen mayor número de ramas. El número se reduce después del primer año probablemente por efecto de competencia; así se encontraron entre once y 33 ramas en árboles de un año y entre diez y 15 en árboles de cuatro años.

Los resultados indican que existe una alta correlación entre la edad de la copa y el peso total y peso de leña de la misma. Igualmente alta es la correlación entre estas dos variables de rendimiento con la altura y diámetro de la copa (Cuadro 2). Este grado de asociación obviamente facilita la estimación de la cantidad de leña que produce cada árbol.

El modelo de regresión logarítmico desarrollado para predecir el peso total o peso de leña en base únicamente a la edad, facilita aún más la cuantificación, siempre que se tenga certeza de la edad de las ramas. Esto parece no ser difícil ya que existe una clara diferencia en el diámetro basal de las ramas, las cuales presentan un incremento anual aproximado de 4,0 cm.

El finquero usualmente cosecha los rebrotes de guácimo cada tres años. No obstante, el presente análisis detectó que se pueden obtener hasta 280 kg más de leña verde por árbol si la cosecha se realiza al cuarto año. En los cuatro árboles de cuatro años de edad que fueron muestreados se encontró un promedio de 772 kg de leña verde/árbol, con un mínimo de 547 kg y un máximo de 982 kg.

Lemckert y Campos (2) en el estudio sobre consumo de leña en el Pacífico Seco de Costa Rica, encontraron que existe un consumo promedio de 5731,6 kg de leña por familia por año. De acuerdo a las estimaciones, una familia en la zona de Guanacaste podría abastecer sus necesidades anuales de leña con sólo la producción de siete a ocho árboles de guácimo de cuatro años de edad. Esto indica que un finquero con 28 a 32 árboles de guácimo en su finca, está en capacidad de suplir sus necesidades de leña en forma continua, si mantiene un aprovechamiento escalonado de siete árboles/año.

Las tablas de producción de leña por árbol generadas permiten estimar fácilmente el peso de leña en función del DAP y diámetro promedio de las ramas, diámetro de la copa y edad, variables que resultan fácilmente medibles.

Sería interesante determinar cual es el número promedio de árboles por hectárea en la región, y su variación tanto en fincas pequeñas como grandes. Esto permitiría hacer una estimación del potencial en cuanto a la producción de leña de guácimo en la región. Además de producción de leña cabe observar que el ganadero utiliza el árbol para producción de alimento para ganado aprovechando el follaje y los frutos, como sombra para ganado y para producción de postes muertos para cercas.

5. BIBLIOGRAFIA

1. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Caracterización de sistemas agrícolas de Hojanca, Guanacaste, Costa Rica. Serie: Materiales de Enseñanza, No.14. 1982. 76 p.
2. LEMCKERT, A. y CAMPOS J.J. Producción y consumo de leña en las fincas pequeñas de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Serie Técnica. Informe Técnico No.16. 1981. 69 p.
3. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood Crops shrub and tree species for energy production. Washington. 1980. 237 p.
4. SANTANDER, C y CAMPOS, J.J. El guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), especie forestal de uso múltiple para los trópicos. San José, Costa Rica, MAG, 1982. 15 p. (mecanografiado).

Cuadro 2. Matriz de correlación

Var.†	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.000														
2	-0.462	1.000													
3	-0.456	0.999***	1.000												
4	-0.467	0.999***	0.996***	1.000											
5	-0.495	0.855***	0.845***	0.863***	1.000										
6	-0.495	0.887***	0.875***	0.897***	0.992***	1.000									
7	-0.294	0.959***	0.962***	0.953***	0.775***	0.814***	1.000								
8	-0.279	0.951***	0.954***	0.945***	0.754***	0.794***	0.998***	1.000							
9	-0.483	0.938***	0.939***	0.934***	0.843***	0.849***	0.899***	0.899***	1.000						
10	-0.527*	0.615*	0.610*	0.617*	0.727**	0.715**	0.530*	0.523*	0.643*	1.000					
11	-0.037	-0.329	-0.335	-0.319	-0.437	-0.419	-0.338	-0.326	-0.248	0.057*	1.000				
12	0.412	0.179	0.182	0.178	0.136	0.172	0.359	0.362	0.172	-0.037	-0.049	1.000			
13	-0.048	-0.269	-0.268	-0.264	-0.421	-0.410	-0.205	-0.177	-0.178	0.024	0-815***	0.194	1.000		
14	-0.510*	0.727**	0.718**	0.734**	0.869***	0.864***	0.634***	0.630*	0.740**	0.896***	-0.276	0.072**	-0.278	1.000	
15	-0.506*	0.922***	0.920***	0.920***	0.855***	0.864***	0.845***	0.844***	0.937***	0.681***	-0.220	0.057	-0.226	0.756**	1.000

* Significativo al 5% de probabilidad

** Significativo al 1% de probabilidad

*** Significativo al 0.1% de probabilidad

† Variables del Cuadro 1

Cuadro 3. Peso verde comercial de la rama en función de su diámetro basal para *Guazuma ulmifolia* Lam. en kg .

Diámetro de las ramas (Dr) (mm)	Peso verde comercial de la rama (Pcr) (kg)	Peso verde total de la rama (Ptr) (kg)
30	0,52	2,82
40	1,28	3,71
50	2,55	5,21
60	4,49	7,48
70	7,24	10,72
80	10,95	15,08
90	15,78	20,75
100	21,88	27,92
110	29,41	36,76
120	38,52	47,46
130	49,37	60,21
140	62,12	75,19
150	76,94	92,60
160	93,98	112,63
170	113,42	135,46
180	135,41	161,30
190	160,13	190,34
200	187,73	222,78
210	218,40	258,80
220	252,28	298,62
230	289,57	342,42
240	330,42	390,42
250	375,01	442,80

NOTA: Peso seco se deriva por multiplicación de peso verde por 0,51.

$$\text{LN Pcr} = -11,194 + 3,1008 \times \text{LN Dcr}$$

$$\text{Ptr} = 2,209 + 1,1749 \times \text{Per}$$

$$R^2 = 99\%***; \text{Syx}^2 = 0,16$$

$$R^2 = 99\%***; \text{Syx}^2 = 13,77$$

Cuadro 4. Peso verde comercial de la copa en función de dos variables para *Guazuma ulmifolia* Lam. en kg.

Diámetro promedio de ramas (mm)	(Dpr)	DAP (cm)						
		30	35	40	45	50	55	60
50	--	--	--	16,35	49,19	82,04	114,88	
60	11,30	44,14	76,98	109,82	142,66	175,51	208,35	
70	104,77	137,61	170,45	203,29	236,13	268,98	301,82	
80	198,24	231,08	263,92	296,76	329,60	362,45	395,29	
90	291,71	324,55	357,39	390,23	423,07	455,92	488,76	
100	385,18	418,02	450,86	483,70	516,54	549,39	582,23	
110	478,65	511,49	544,33	577,17	610,01	642,86	675,70	
120	572,12	604,96	637,80	670,64	703,48	736,33	769,17	
130	665,59	698,43	731,27	764,11	796,95	829,80	862,64	
140	759,06	791,90	824,74	857,58	890,42	923,27	956,11	
150	852,53	885,37	918,21	951,05	983,89	1016,74	1049,58	

NOTA: Peso seco se deriva por multiplicación de peso verde por 0,51

$$Pcc = = 746,56 + 9,3470 \times Dpr + 6,5681 \times DAP$$

$$R^2 = 96\%*** ; Syx^2 = 4782,6$$

Cuadro 5. Peso verde de la copa en función de diámetro de copa y edad para *Guazuma ulmifolia* Lam. en kg.

Diámetro promedio de la copa (Dc) (m)	Peso verde comercial (Pcc) (kg)	Peso verde total (Ptc) (kg)
4	14,54	48,98
5	27,48	63,96
6	46,23	85,68
7	71,76	115,25
8	105,04	153,79
9	146,09	202,38
10	198,54	262,08
11	260,58	333,94
12	334,00	418,97
13	419,68	518,21
14	518,49	632,66
15	631,29	763,30

Edad (E) (años)		
1	31,57	68,70
2	138,83	192,93
3	330,17	414,54
4	610,51	739,23

NOTA: Peso seco se deriva por multiplicación del peso verde por 0,51

$$\begin{aligned} \text{LN Pcc} &= - 1,2783 + 2,853 \times \text{LN Dc} & R^2 &= 78\%*** ; \text{Syx}^2 = 0,41 \\ \text{Ptc} &= 32,137 + 1,582 \times \text{Pcc} & R^2 &= 99\%*** ; \text{Syx}^2 = 604,29 \\ \text{LN Pcc} &= 3,4522 + 2,1367 \times \text{LN E} & R^2 &= 77\%*** ; \text{Syx}^2 = 0,42 \end{aligned}$$