

NOT
1992/13/C2

Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA



13 DIC. 1993

EVALUACION DE RECURSOS BIOMASICOS MEDIANTE IMAGENES DE SATELITE

ARIANNA SORRENTINO FATTORUSO

Nt

NOTAS TECNICAS
Nº 13
MONTEVIDEO - URUGUAY

FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo - URUGUAY

Comisión de Publicaciones Científicas:

Ing. Agr. Gonzalo González
Ing. Agr. Jorge Hernández
Ing. Agr. Margarita García
Ing. Agr. Alfredo Silva
Ing. Agr. Carlos Faroppa
Ing. Agr. Pablo Carrasco
Ing. Agr. Daniel Fernández Abella
Ing. Agr. Pablo Furest
Lic. Carlos Bentancourt
Lic. Nilda García (Biblioteca)
Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Evaluación de recursos biomásicos mediante imágenes de satélite / Arianna Sorrentino Fattoruso. -- Montevideo: Facultad de Agronomía, 1992. -- 12 p. -- (Notas técnicas; 13)

BIOMASA

TELEDETECCION

Sorrentino Fattoruso, Arianna

CDU 634.0

EVALUACION DE RECURSOS BIOMASICOS MEDIANTE IMAGENES DE SATELITE*

Arianna Sorrentino Fattoruso**

RESUMEN

Se presentan tres fórmulas básicas de cálculo de rendimiento volumétrico de biomasa por hectárea a nivel regional para las coberturas cafetales, bosque salado y vegetación matorral-arbustiva, en base a variables dasométricas y técnicas de interpretación de imágenes Landsat.

Su derivación se realiza a partir de los resultados preliminares del Proyecto "Evaluación de los Recursos biomásicos de El Salvador, por imagen de Satélite", sobre la lámina cartográfica 1:100.000 número V del Instituto Nacional Geográfico.

Se recomienda recalcular los coeficientes presentados al completar esta metodología para el resto de las láminas del país.

Palabras claves: / Recursos biomásicos/, / Imágenes de satélite/

SUMMARY

Three basic formulae for timber volume estimation per hectare at regional level, for the plantation of coffee-trees, "salt" forest and shrubbery areas, based in dasometric parameters and Landsat images, are given.

The obtention of these formulae is based in the preliminary results of the Project "Biomass Resources evaluation in El Salvador, with satellite images" from the number V cartographic map 1:100.000 scale, of the National Geographic Institute.

It is suggested to calculate again the coefficients shown, completing this methodology with the other maps region in the country.

Key words: / Biomass resources/, /Satellite imagery/

Recibido el 26 de junio, 1990

Aceptado el 29 de octubre, 1990

* Trabajo presentado en la Cuarta Reunión del Grupo de Trabajo de IUFRO 91.07.09. Antigua, Guatemala. Abril 1989. Resumen de trabajo publicado en ACTAS

** Ingeniero Agrónomo Forestal. Profesor Adjunto de Dasometría del Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía

1. INTRODUCCION

El trabajo desarrollado a continuación presenta tres fórmulas básicas para estimar rendimiento promedio para leña, en base a variables dasométricas de las coberturas potenciales para biomasa: cafetales, bosque salado y vegetación matorral-arbustiva.

Su derivación está basada en las mediciones preliminares realizadas para el trabajo "Evaluación de los recursos biomásicos por imágenes de satélite en El Salvador", en el período abril-agosto 1987. Las fórmulas presentadas constituyen una primera aproximación general para las tres coberturas, sin diferenciar especies dentro de las mismas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. MATERIALES

El Salvador posee un mapa de vegetación de su territorio constituido por seis láminas cartográficas a escala 1:100.000 caracterizadas con números romanos del I al VI (Instituto Nacional Geográfico). Cada una de dichas láminas está subdividida en cuadrículas de 10 km de lado, identificadas por sus coordenadas (líneas y columnas).

Este trabajo se basa en la utilización de la lámina cartográfica V sobre la que fue completado un reticulado de cuadrículas de 5 km de lado, definiéndose unidades cuadradas de 25 km² (a escala 1:100 000 5 cm x 5 cm).

Dicha lámina fue utilizada conjuntamente con mapas de cobertura a escala 1:100 000 obtenidos como resultado de la interpretación automática de imágenes satélite LANDSAT, realizada en el Instituto de Pesquisas Espaciais de Sao José dos Campos (INPE), Sao Paulo, BRASIL.

Las coberturas definidas en dichos mapas incluyen cinco tipos de vegetación: cafetales, bosque salado, matorral-arbustivo, coníferas y latifoliadas.

2.2. METODOS

2.2.1. Diseño de muestreo

El trabajo volumétrico está basado en un muestreo BIETAPICO con dos tipos de unidades muestrales:

- * UPM o unidades primarias de muestreo constituidas por cuadrículas de 25 km² (5 km x 5 km) y
- * USM o unidades secundarias de muestreo definidas por cuadrículas de 4 ha (200 m x 200 m) representadas por su punto central.

Las UPM están identificadas por dos series de números, correspondientes a filas y columnas del reticulado y las USM por un número (entre 1 y 25) y una letra (entre A e Y).

Las unidades primarias poseen un área de ocupación variable para cada cobertura lo que determina también un número variable de unidades secundarias.

Sobre dicha base fue aplicado un muestreo "PPS" con reposición ("Probability proportional to size") en la primera etapa, es decir, selección de unidades primarias mediante muestreo aleatorio con probabilidad proporcional al área ocupada por la cobertura considerada.

Definidas las unidades primarias, la segunda etapa del diseño, es decir la selección de las unidades secundarias dentro de cada una de ellas fue realizada mediante muestreo aleatorio simple con reposición.

La Figura No. 1 ilustra un esquema del diagrama de muestreo empleado para la selección de las unidades primarias y secundarias.

2.2.2. Volumetría

Para la evaluación de las coberturas cafetales y bosque salado fueron consideradas parcelas de 400 m² cada una (20 m x 20 m).

En el caso de la vegetación matorral-arbustiva, considerada en forma asociada ya que fue en una 1a. etapa imposible realizar su separación en el proceso de interpretación de imágenes, fueron delimitadas parcelas cuadradas de 100 m² (10 m de lado).

Para la cobertura cafetales debió estimarse rendimiento de biomasa a partir de la poda de árboles de sombra y la propia poda de las plantas de café.

Sin embargo, para esta primera aproximación se realiza una predicción de rendimiento a partir de datos de diámetros y alturas de los ejemplares de sombra en pie.



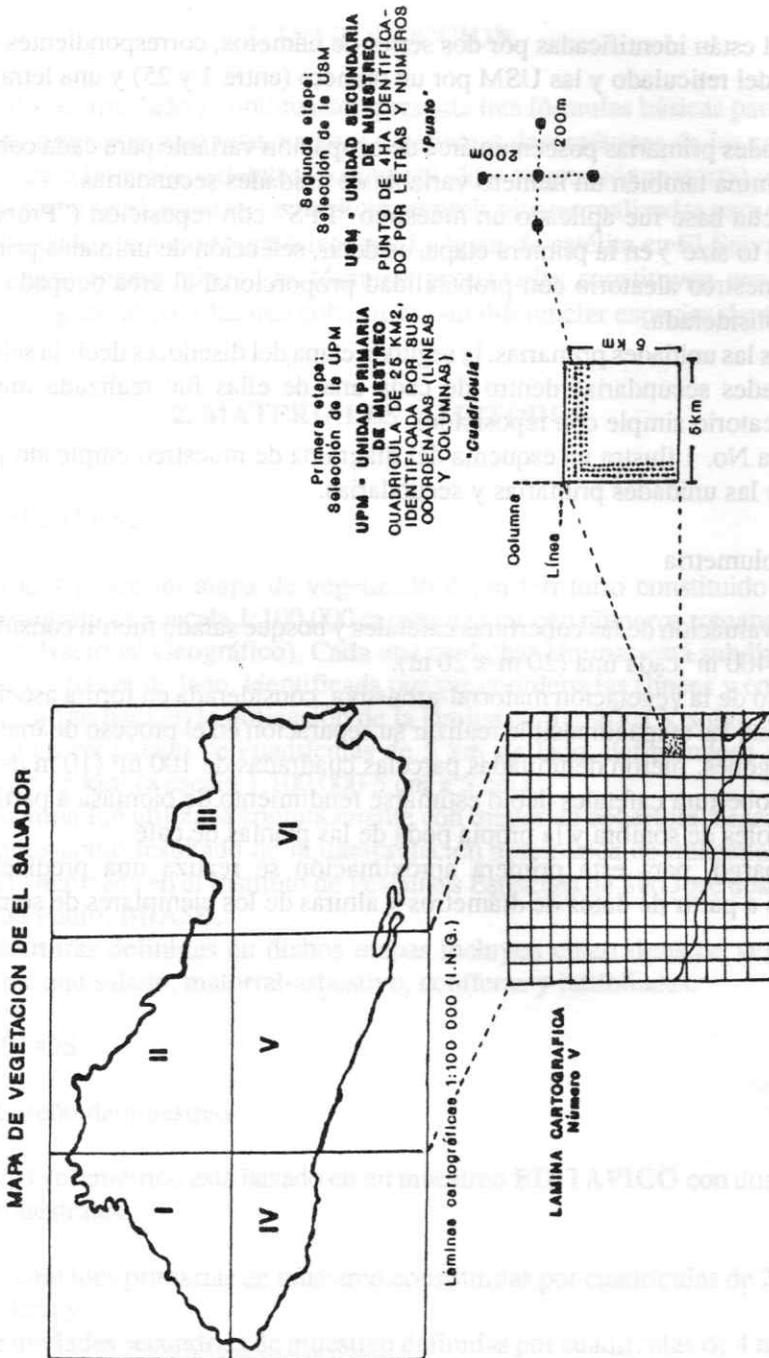


Figura N° 1: Esquema del diagrama de muestreo empleado para la selección de las unidades primarias y secundarias.

En el caso del bosque salado se considera un diámetro de fuste mínimo de 2.5 cm (DAP = diámetro a 1.30 m del suelo) y para la vegetación matorral-arbustiva un “diámetro de cuello” mínimo de 5 cm.

Las mediciones de diámetros fueron realizadas con cinta diamétrica y las de altura con vara dendrométrica.

2.2.3. Fórmulas de cubicación

2.2.3.1. Cafetales

Para la estimación de rendimiento en cafetales fue utilizada la ecuación de volumen siguiente:

$$V = 0.03927 \times D^2 \times H \quad V = \text{volumen del fuste en decímetros cúbicos (dm}^3\text{)}$$

D = DAP del fuste en centímetros (cm)

H = Altura del fuste en metros (m)

En la fórmula enunciada fue asumido un fuste de forma paraboloides (factor de forma de 0.50).

La cobertura incluye principalmente las siguientes especies: “INGA”, “CHAPERNO NEGRO”, “LAUREL”, “NOGAL”, “MADRECACAO”, “ZAPOTILLO”, “ACEITUNO”, “AGUACATE”, “ESCOBILLO” y “OJUSTE”. (Sus nombres científicos se indican en el Anexo).

2.2.3.2. Bosque salado

Se utilizaron en ecuaciones de volumen ya definidas para los grupos que se indican:

“MANGLE”

$$V = 0.03 + 0.035 \times D^2 \times H$$

“ISTATEN” - “MADRESAL”

$$V = - 5.90 + 0.053 \times D^2 \times H$$

“SINCAHUIE”

$$V = 22.80 + 0.039 \times D^2 \times H$$

Los volúmenes (V) se expresan en dm^3 y los diámetros (D) y alturas (H) en cm y m respectivamente.

2.2.3.3. Vegetación Matorral-arbustiva

Se consideró una única ecuación de volumen genérica:

$$V = 0.5576 \times D^2 \times H$$

para un factor de corrección de forma de los fustes de 0.71

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las fórmulas finales que se presentan en este trabajo fueron derivadas a partir de las fórmulas de cubicación y las ecuaciones correspondientes al diseño bietápico ya descripto. Los símbolos utilizados se definen a continuación.

M = Número total de unidades primarias de la lámina, ocupadas por la cobertura correspondiente.

m = Número de unidades primarias de la muestra.

N_i = Número de unidades secundarias en cada unidad primaria de la muestra.

V_{ij} = Volumen por unidad secundaria de muestreo en metros cúbicos (m^3)

V_i = Volumen por unidad primaria de muestreo en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha).

X_i = Superficie de cada unidad primaria ocupada por la cobertura en hectáreas (ha).

V = Volumen promedio para la cobertura correspondiente expresado en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha).

P_i = Probabilidad de selección de cada unidad primaria.

V_t = Volumen total estimado para la cobertura en metros cúbicos (m^3).

$$V_i = \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} V_{ij}$$

$$P_i = X_i / \sum_{i=1}^M X_i$$

$$\hat{V}_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m V_i / P_i$$

$$\bar{V} = V_t / \sum_{i=1}^m X_i$$

3.1. FORMULA DE PREDICCIÓN PARA CAFETALES

Con la ecuación de altura en función del diámetro definida con la muestra

$$H = 0.35795 \times D$$

D = diámetro del fuste en cm (DAP)

H = altura del fuste en m

La fórmula final presentada es:

$$\bar{V} = \frac{0.0014057}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m A_i} \sum_{f=1}^{f_i} (D^3) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

k = Número de parcelas totales de la muestra, cada una de 400 m²

A_i = Número total de árboles de la muestra

f_i = Número de fustes por árbol

D = Diámetro de cada fuste medido a 1.30 m del suelo en cm

La fórmula presentada permite realizar estimaciones de volumen promedio por hectárea para la cobertura a partir de la medición únicamente de diámetros de los fustes.

Se recomienda desarrollar algún procedimiento para cuantificar el producto de la poda efectiva de árboles de sombra y del propio cafetal, para efectuar las predicciones a partir del diámetro de fuste de los mismos y alguna característica medible de las plantas del café.

3.2. FORMULAS DE PREDICCIÓN PARA BOSQUE SALADO

"MANGLE"

$$\bar{V} = \frac{0.1}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m} \sum_{j=1}^{f_j} (0.03 + 0.035 \times D^2 \times H) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

"ISTATEN-MADRESAL"

$$\bar{V} = \frac{0.1}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m} \sum_{j=1}^{f_j} (-5,9 + 0.053 \times D^2 \times H) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

"SINCAHUTE"

$$\bar{V} = \frac{0.1}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m} \sum_{j=1}^{f_j} (22.80 + 0.039 \times D^2 \times H) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

En cualquiera de los tres casos las fórmulas corresponden al volumen promedio por hectárea obtenido a partir de "k" parcelas de 400 m².

Las alturas (H) se expresan en metros (m).

3.3. FORMULA DE PREDICCIÓN PARA VEGETACION MATORRAL - ARBUSTIVA

$$\bar{V} = \frac{0.22304}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m} \sum_{j=1}^{f_j} (D^2 \times H) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

La fórmula se aplica a parcelas de 100 m² (1/100 ha). El resto de los símbolos y unidades ya fueron indicados en los numerales anteriores.

En términos generales, se recomienda recalcular los coeficientes de las fórmulas presentadas en la medida de disponer de mayor información dasométrica correspondiente a cada cobertura y especies dentro de las mismas.

La expresión genérica correspondiente para dicho cálculo es:

$$\bar{V} = \frac{Fe \times 0.04}{m \times k} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{N_i}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^m} \sum_{j=1}^{f_j} (a + b \times D^2 \times H) \right] \right\} \frac{1}{X_i}$$

Donde:

Fe = factor de expansión a la hectárea

a y b = constantes de regresión del modelo

$$Fe = \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{Area parcela (m}^2\text{)}}$$

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. COCHRAN, W. G. Sampling techniques. New York, John Wiley and Sons. 2a. ed. 1977.
2. CONTRERAS, M. Estudio de la producción y consumo de leña en la Región Occidental de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro de Recursos Naturales Santa Ana, El Salvador, 1984.
3. FAO. Manual de Inventarios Forestales con especial referencia a Bosques Mixtos tropicales. 1973.
4. FREESE, F. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México, CRAT, 1970. 102 p.
5. FUNDACAO DE CIENCIA, APLICACOES E TECNOLOGIA ESPACIAIS. Informe final para ONUDI. Contrato No. 85/125/MK. Evaluación de los recursos forestales en el Uruguay, con imágenes LANDSAT. Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, Brasil, 1987. 49 p.
6. HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, U. E. Establecimiento de metodología para avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando-se dados de LANDSAT. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. Sao José dos Campos, INPE (INPE-1271-TPT/089). 1978.
7. HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.N. Forest mensuration. New York, John Wiley and Sons, 2a. ed. 1972.
8. LANGLEY, P.G. New multistage sampling techniques using space and aircraft imagery for Forest Inventory. **Proceedings** of the Sixth Symposium of Remote Sensing of the Environment. The University of Michigan, Ann Arbor, 1969.
9. ----- . Multistage variable probability sampling: theory and use in estimating timber resources from space and aircraft photography. PhD Dissertation, University of California, Berkley. 1975.
10. LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K.E. Forest Inventory. BLV. Verlagsgesellschaft, MbH. München. 1973
11. MARROQUIN MENA, E. Tablas de Volumen para especies de los bosques salados. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Unidad de Investigación Forestal - San Salvador, El Salvador, 1973.
12. PHILIP, M.S. Measuring trees and Forests. (Multistage Sampling).
13. RAMOS, F.A. et al. Evaluación del Recurso Leña Proyecto de Evaluación de Recursos Biomásicos por imágenes de satélite. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rfo Lempa. Nueva San Salvador, El Salvador, 1987.

14. SORRENTINO, A. Manual teórico-práctico del Curso de Dasometría, Montevideo, Universidad de la República, 2 Vol., 2a. ed. 1986.
15. ----- Primera Misión de Asistencia de Dasometría. Informe Técnico: Propuesta de Metodología. Proyecto Evaluación de Recursos biomásicos por imágenes de satélite. Programa de Cooperación Horizontal Uruguay - El Salvador. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa. San Salvador, 1987.
16. ----- Primera Misión de Asistencia de Dasometría. Informe Técnico: Plan de Actividades Propuesto. Proyecto Evaluación de Recursos biomásicos por imágenes de satélite. Programa de Cooperación Horizontal Uruguay - El Salvador. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa. San Salvador, 1987.
17. ----- Segunda Misión de Asistencia de Dasometría. Informe Técnico: Resultado del Inventario de Recursos biomásicos de El Salvador. Procesamiento Primario y Volumetría. Programa de Cooperación Horizontal Uruguay - El Salvador. Comisión Ejecutiva. Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador, 1987.
18. WIANT. Elementary 3 P Sampling.

ANEXO

LISTA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES INCLUIDAS EN EL TRABAJO

ACEITUNO	Simarouba glauca
AGUACATE	Persea gratissima
CHAPERNO	Lonchocarpus salvadorensis
	Lonchocarpus minimiflorus
	Lonchocarpus sp.
INGA	Inga sp.
ISTATEN	Avicennia nitida Jacq.
LAUREL	Cordia alliodora
MADRECACAO	Gliricidia sepium
MADRESAL	Avicennia bicolor
MANGLE	Rhizophora mangle L.
SINCAHUTE	Laguncularia racemosa Gaertner
ZAPOTILLO	Sideroxylon spp.

Biblioteca de la FAGRO



Notas técnicas
1992 nro. 13 c. 1