

MEDICIONES DE BIOMASA EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Ricardo Omar Russo

Trabajo presentado en el Curso Corto sobre Metodologías
de Investigación Agroforestal en el Trópico Húmedo
UNU/CATIE-IICATROPICOS-CONIF
Cali, Colombia, 26 de Noviembre a 7 de Diciembre de 1983

La publicación y distribución de este trabajo fue patrocinado por el Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA, por medio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical

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

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.....	1
2. COMPONENTES DE LA BIOMASA ARBOREA.....	2
2.1. BIOMASA ESTATICA.....	3
2.1.1. <u>Contenido de humedad</u>	3
2.1.2. <u>Tronco</u>	4
2.1.3. <u>Copa y ramas</u>	4
2.1.4. <u>Tocón y sistema radical</u>	5
2.2. FLUJOS DE BIOMASA.....	5
2.2.1. <u>Residuos vegetales</u>	5
2.2.2. <u>Podas</u>	6
3. METODOS DE MEDICION.....	8
3.1. TECNICAS DE MUESTREO.....	8
3.2. BIOMASA ESTATICA.....	9
3.2.1. <u>Selección de los árboles a muestrear</u>	9
3.2.2. <u>Mediciones de los árboles seleccionados</u>	11
3.2.2.1. La biomasa aérea.....	11
3.2.2.2. La biomasa radical.....	12
3.2.3. <u>La estimación de la relación entre el peso y el tamaño del árbol</u>	13
3.2.4. <u>La estimación del peso de un rodal</u>	15
3.2.5. <u>La estimación del crecimiento</u>	16
3.2.6. <u>Factores que afectan la biomasa y la productividad</u>	17
3.3. LOS FLUJOS DE BIOMASA.....	19
3.3.1. <u>La producción de hojarasca y otros residuos vegetales</u>	19
3.3.2. <u>La biomasa de las podas en los sistemas agroforestales</u>	20
4. UN ESTUDIO DE CASO DE <u>Erythrina poeppigiana</u> COMO ARBOL DE SOMBRA EN UN CAFETAL EN TURRIALBA, COSTA RICA.....	21
5. BIBLIOGRAFIA.....	23

1. INTRODUCCION

De acuerdo con Odum (1965) biomasa puede definirse como "la producción de materia seca por unidad de superficie" (p. e. g/cm^2 , kg/m^2 , ton/ha) mientras que productividad es "la biomasa por unidad de tiempo" (v.g. $g/cm^2/hora$, $ton/ha/año/ha$). Las mediciones de biomasa son de interés tanto para los ecólogos como para los agrónomos y forestales por su aplicación en la evaluación de la productividad. Existe una apreciable cantidad de literatura sobre mediciones de biomasa, concentrada en estudios ecológicos con énfasis en los ciclos de nutrimentos y la productividad primaria anual (Ellenberg, 1971). Dentro de estas publicaciones algunas se hallan relacionadas con la estimación de la biomasa arbórea (Alder, 1980; Brown, 1976; Heller, 1971).

Si se quiere conocer la productividad de un sistema es necesario conocer los métodos más adecuados para medir la biomasa con el menor riesgo de error posible. Esto no es una tarea fácil y a través del tiempo se han implementado diferentes metodologías, que se han adecuado a cada tipo de formación vegetal de acuerdo a su estructura y función (Hitchcock y Mc Donnel, 1979).

Desde el punto de vista agroforestal, nos interesa conocer la biomasa actual del Sistema, o estática que Newbould (1967) define como la cantidad total de material viviente presente en un momento dado, y el flujo de biomasa entre diferentes compartimentos, tales como hojas y ramas caídas naturalmente, podas, herbivorfa, etc. (Fassbender, 1983). Estos flujos están relacionados con la dinámica y la recirculación de los nutrimentos dentro del sistema (Duvigneaud, 1971).

2. COMPONENTES DE LA BIOMASA ARBOREA

Los principales componentes de un árbol según la definición de Young y Tryon (1978) incluyen la totalidad del material desde raicillas hasta los ramos más pequeños. En esta esquematización (Fig. 1) las hojas están incluidas como parte de las ramas.

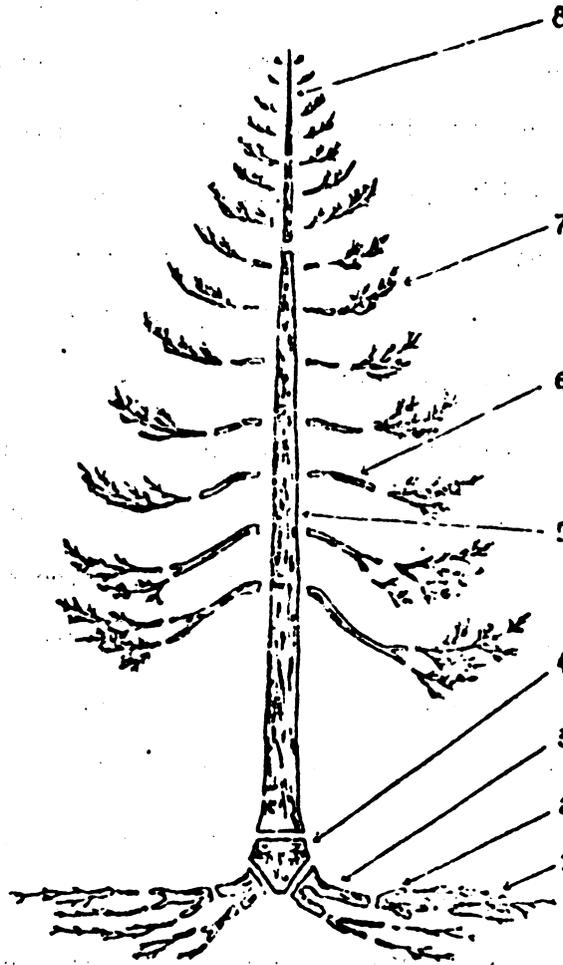


Figura 1: Dibujo esquemático mostrando los componentes de un árbol según Young (1978).

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Raíces menores de 1" | 5. Tronco comercializable |
| 2. Raíces medianas | 6. Ramas grandes |
| 3. Raíces grandes | 7. Ramas menores de 1" |
| 4. Tocón | 8. Tallo no comercializable |

Las relaciones entre estos componentes o fracciones del árbol total se expresan generalmente como un porcentaje en peso referido al peso total (Riedacker, 1971), otros autores han sugerido expresar los componentes como biomasa sobre una base estándar; por ejemplo expresar la fracción considerada como un porcentaje del tronco del árbol (excluidas ramas), libre de corteza y en peso seco (Hitchcock, 1979; Honer, 1971). Aunque una base de estandarización de este tipo facilitarfa la síntesis e interpretación de los valores publicados, su uso no ha llegado a ser una práctica común.

2.1. BIOMASA ESTÁTICA

2.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de una muestra es la diferencia entre el peso fresco y el peso seco de la misma, secada al horno. Se puede expresar como porcentaje del peso fresco o del peso seco.

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD (\%)} = \frac{\text{PESO FRESCO} - \text{PESO SECO}}{\text{PESO FRESCO O PESO SECO}} \times 100$$

Su determinación es de importancia para conocer el contenido de materia seca o peso seco de la muestra, que generalmente se expresa como porcentaje del peso fresco.

$$\text{CONTENIDO DE MATERIA SECA (\%)} = \frac{\text{PESO SECO}}{\text{PESO FRESCO}} \times 100$$

El contenido de humedad de un árbol o arbusto varfa de acuerdo con el componente que se considere. Para hojas puede variar entre 70

y 90 % del peso fresco, para tallos entre 50 y 80 % y para raíces entre 60 y 90 % (Baskerville, 1966; FAO, 1980; McLean y Wein, 1976; Smith, 1971).

2.1.2. Tronco

La biomasa del tronco de un árbol puede ser determinada en forma directa o indirecta (Pardé, 1980).

En el primer caso se requiere cortar el árbol y pesarlo en el campo. Inmediatamente tomar una muestra, pesarla en fresco, secarla en el horno para obtener peso seco y así aplicando la relación PS/PF obtenida de la muestra al peso fresco total obtenido en el campo se puede determinar la biomasa seca del tronco.

En el segundo caso, y el más frecuente por ser un método no destructivo, se requieren hacer mediciones del diámetro a diferentes alturas y de la longitud del tronco para obtener su volumen. Luego por muestreo es necesario obtener la densidad de la madera (peso seco/volumen de la muestra) y luego determinar el peso (biomasa) por la relación $\text{Peso} = \text{densidad} \times \text{volumen}$.

El porcentaje del tronco sobre la biomasa total del árbol depende de varios factores tales como especie, edad del árbol, tratamiento silvicultural, etc., pero en general está en un rango del 55 al 77 % (FAO, 1980; Madgwick, 1976; Pardé, 1980).

2.1.3. Copa y ramas

Hacer estimaciones sobre el rendimiento de la copa basadas en la literatura resulta difícil a causa de las diferentes definiciones existentes. Según Hitchcock y Mc Donnell (1979), que se basan en la

definición de Keays, la copa está constituida por follaje más ramas. Sin embargo, otros autores incluyen todas las ramificaciones del tronco principal de diámetros menores a los comercializables (Clark y Tarras, 1976; Whittaker, 1965). Por lo general, las especies de coníferas tienen 15-20 % de la biomasa total en la copa y las latifoliadas del 20 al 25 % (Bickelhaupt et al, 1973; Madgwick, 1970; Smith, 1973; Tanner, 1980).

2.1.4. Tocón y sistema radical

El sistema radical es el componente del árbol que ofrece más dificultades para su estudio y de hecho cuando se emprende un análisis de raíces es necesario clasificarlas por lo menos en dos categorías: raíces principales y raíces secundarias. Estas últimas a su vez pueden subclasificarse diamétricamente. En general es aceptado que el sistema radical varía entre 10 y 20 % del peso total del árbol y el tocón entre 5 y 10 % (Pardé, 1980).

2.2. FLUJOS DE BIOMASA

Se definen como tales a las transferencias de materiales dentro del sistema agroforestal y su evaluación es importante en el estudio de la dinámica de circulación de nutrimentos. Los principales flujos que consideraremos en este trabajo son:

2.2.1. Residuos vegetales

Dentro de los cuales se encuentran hojas, flores, frutos y ramas caídas naturalmente, ya sea de los árboles o de los cultivos asociados. La cantidad de residuos, a veces denominados como hojarasca

o mantillo puede ser muy variable en función de los componentes del sistema. Suárez de Castro y Rodríguez (1955) reportaron que en cafetales de Colombia el mantillo producido por el sistema café-árboles de sombra es de 4 000 a 13 000 kg/ha/año, sin embargo, no desglosan cual es la fracción aportada por los árboles. Wiersum y Ramlam (1982) en una plantación de Acacia auriculiformis, en Java, Indonesia, plantada con una densidad de 1010 árboles/ha y con precipitaciones de 2 700 mm/año midieron 4 800 kg de materia seca/ha/año de hojas caídas. Aranguren et al (1982) reportan para un cafetal sombreado con Inga sp., Erythrina sp. y otros árboles, 11 200 kg de materia seca/ha/año de hojarasca. En CATIE, Turrialba, Costa Rica Alpizar et al (1983) informan que la producción de residuos vegetales en un sistema café con poró plantado a 6 m x 6 m alcanzó 7 598 kg/ha/año mientras que en un sistema cacao con poró alcanzó 6 435 kg/ha/año. También en CATIE, Russo (1983) en un cafetal sombreado con Erythrina poeppigiana plantado a 6 x 6 m (280 árboles/ha) informó que las hojas caídas alcanzan 4 280 kg/ha, en árboles con 1 poda al año y 1 914 kg/ha en árboles podados 2 veces al año.

2.2.2. Podas de los árboles

La poda de los árboles asociados con cultivos es un factor dinamizante del sistema desde el punto de vista de la recirculación de nutrimentos. La práctica, corriente en Costa Rica, de podar los árboles de sombra produce importantes cantidades de biomasa que se depositan en el suelo, se descomponen y recirculan. Molleapaza (1979),

en Turrialba, Costa Rica encontró que una poda de ramas de 6 meses de *Erythrina poeppigiana* plantada a 6 x 6 m produjo 2 892 kg/ha de materia seca/ha; unos años más tarde Russo (1983) encontró que árboles de la misma especie, plantados a distancia similar, pero de diferente edad y en diferente suelo produjeron valores, que sumados a las hojas caídas naturalmente, alcanzan 22.7 toneladas/ha en los árboles con 1 poda/año.

3. METODOS DE MEDICION

3.1. TECNICAS DE MUESTREO

Según Newbould (1967) para cada método se deben aplicar ciertos tipos básicos de muestreo.

1. Dividir el ecosistema en sus componentes, tales como, árboles, arbustos, hierbas, etc., los cuales pueden ser considerados cada uno por separado. Dentro de cada categoría fisonómica mayor, se pueden hacer además subdivisiones, como especies o grupos de especies y clases por edad.

2. Dentro de cada componente hacer una evaluación de lo que hay. Con árboles esto comprenderá la medición de la densidad y dimensiones de árboles individuales de diferentes especies (por ejemplo DAP, área basal, altura, etc.). Con arbustos y hierbas esto comprende la estimación de las densidades o la frecuencia de las principales especies.

Donde la flora rastrera es fuertemente estacional, esta enumeración debe repetirse en la primavera, verano y otoño.

3. Basado en esta enumeración, diseñar un programa de muestreo que involucre las tres clases principales de muestras.

a) Mediciones no-destructivas (por ejemplo DAP, altura, etc.)

b) Mediciones destructivas (v.g. corta de ramas o árboles y separación de hojas, ramitas del último año, ramas principales, tallo principal, etc.)

c) Hojas, flores y frutos caídos.

4. El objetivo es obtener correlaciones entre una pequeña muestra destructible y una muestra mucho más grande que no puede ser destruída, la cual es representativa del rodal cuya producción desea ser estimada.

A menudo los forestales tienen una gran cantidad de datos de mediciones de este tipo no destructivo, los cuales pueden ser utilizados como una base para estudios de producción.

3.2. LA BIOMASA ESTÁTICA

Generalmente los estudios de biomasa de árboles individuales, finalizan con la construcción de gráficos donde se expresa el valor de la biomasa en función del tamaño del árbol (Young et al, 1980). Para esto, deben ser determinados los pesos individuales de un número de árboles muestreados y luego hacer una regresión en base a alguna característica fácilmente determinable, tal como el diámetro o la altura del árbol. Esto da origen a tres tipos de operaciones: 1) la selección de los árboles a muestrear 2) las mediciones a realizar en los árboles seleccionados, y 3) la identificación de las relaciones entre las variables. En este trabajo nos concentraremos en los primeros dos aspectos.

3.2.1. Selección de los árboles a muestrear

Este aspecto se refiere al tamaño de la muestra. En un muestreo al azar el número de observaciones necesarias dependerá de la precisión deseada y de la variabilidad inherente a la población muestreada (Freeze, 1970).

En la práctica el tamaño de la muestra puede variar de valores tan bajos como 10 árboles hasta varios centenares (Madgwick, 1976). Esto depende del grado de confiabilidad que se desea obtener (del 95 % ó del 99 % según tablas estadísticas) y del error permisible con que se planea trabajar. Young (1979), demostró a través de un estudio de

muestreo que aproximadamente 30 árboles distribuidos en un rango diamétrico determinado, fueron suficientes para confeccionar una tabla de pesos de una especie.

Existe una fórmula sencilla para determinar el tamaño muestral (Freeze, 1970)

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

donde:

n = Tamaño de la muestra

s = Desviación estándar de la población

E = Error permisible

t = Valor de la distribución de t de tablas

Además de estas variables estadísticas intervienen otros factores tales como el tamaño relativo del árbol dentro del rodal, la edad del rodal, la accesibilidad al lugar de muestreo, la rapidez con que se desea efectuar la evaluación, las necesidades y los objetivos del estudio, etc.

Clark y Taras (1976), sugieren estratificar una población en subpoblaciones de tamaño conocido y escoger muestras al azar de cada estrato. Este procedimiento ofrece varias ventajas, una de ellas es que si existe mayor variación entre estratos que dentro de ellos, el estimador de la media de la población será más preciso que el que se obtenga de un muestreo completamente al azar.

3.2.2. Mediciones en los árboles seleccionados

3.2.2.1. Biomasa aérea

El procedimiento general para estimar peso seco es el siguiente (Newbould, 1967).

- 1) Cortar el árbol y separar las diferentes partes que lo integran.
- 2) Pesar los componentes por secciones.
- 3) Tomar un disco, fracción o submuestra de uno o de ambos extremos de cada sección.
- 4) Separar la madera de la corteza.
- 5) Determinar el volumen de cada uno de los componentes, por inmersión o cubicación.
- 6) Tomar muestras, pesarlas en fresco, secarlas y pesarlas nuevamente en seco.
- 7) Obtener relaciones entre peso seco y fresco de las muestras.
- 8) Determinar el peso seco de cada componente.
- 9) Calcular peso específico y contenido de humedad.
- 10) Sumar los pesos de cada parte.

La división de un árbol en secciones depende de las necesidades del estudio y de las aplicaciones que pueden tener sus diferentes partes. Generalmente se toman criterios tales como límites comerciales, diámetros mínimos utilizables, forma, etc. Los métodos de determinación de peso en el campo dependen de los medio disponibles.

3.2.2.2. La biomasa radical

La determinación de la biomasa de las raíces es per se una tarea difícil. Bohm (1979) presenta una descripción detallada de los principales métodos para el estudio de raíces en general. Head (1967) más específicamente expone algunos métodos para determinar producción del sistema radical. Jenik (1971) y Klinge (1973) presentan estudios de estimación de biomasa radical en bosques tropicales, donde la diversidad de formas y sus intercorrecciones crean dificultades adicionales (Forster, 1979). Otro estudio de descripción de los métodos para estudio de raíces es el de Schuurman y Goedewaagen , (1965).

Los métodos mencionados por los autores referidos son los siguientes:

- a) Métodos de excavación.
- b) Métodos en los que se extrae un bloque de suelo con raíces incluidas.
- c) Métodos en los que se usa un tablero con púas.
- d) Métodos en los que se usan barrenos.
- e) Métodos en los que se estudia el perfil de una calicata.
- f) Métodos en los que se usa una ventana de vidrio en la pared de la calicata.
- g) Métodos indirectos, tales como el uso de isótopos radioactivos.

$$(I) \quad \log P = a_1 \cdot \log T + b_1$$

Donde: P: es el peso del árbol

T: es tamaño y puede ser D.A.P. ó $D^2 \cdot h$ (diámetro al cuadrado por altura).

a_1 y b_1 : son constantes

$$(II) \quad P = a_2 \cdot T + b_2$$

Donde: P: es el peso del árbol

T: es tamaño y puede ser AB (área basimétrica) ó $D^2 \cdot h$

a_2 y b_2 : son constantes

Derivadas de estas ecuaciones existen otras más complejas tales como la de Meyer tomada de Madgwick (1976):

$$(III) \quad P = e^{\bar{w}} + \frac{1}{2} s^2$$

Donde: P: es el peso del árbol

e: es la base de los logaritmos neperianos (e = 2,7182...)

\bar{w} : es el peso medio estimado de la regresión

s^2 : es la varianza de la muestra

Estas estimaciones son conocidas como "regresiones logarítmicas" y su uso parecería superar las objeciones que ponen algunos autores argumentando falta de precisión (Madgwick, 1976).

3.2.4. La estimación del peso de un rodal

La estimación del peso de un rodal según Madgwick (1976) puede hallarse por tres métodos:

a)
$$\underline{P.R. = Pe}$$

Donde: P.R.: peso del rodal

Pe: pesos estimados a partir de regresiones

b)
$$\underline{P.R. = \frac{ABr \cdot Ptm}{ABm}}$$

Donde: ABr: es el área basal del rodal

Ptm: es el peso total de árboles muestreados

ABm: es área basal de los árboles muestreados

c)
$$\underline{P.R. = N \cdot \bar{p}}$$

Donde: N: es número de árboles en el rodal

\bar{p} : peso promedio de los árboles muestreados

Las estimaciones basadas en las ecuaciones a y b han sido comparadas usando regresiones logarítmicas y no se han encontrado diferencias significativas entre los métodos. Con la ecuación b se obtuvieron valores de biomasa que oscilaban en un rango de 93 al 114 % de aquellos obtenidos con la ecuación a (Satoo, 1970).

3.2.5. La estimación del crecimiento

El crecimiento puede definirse como la diferencia entre dos estimaciones de la biomasa estática a través del tiempo. Su estimación es importante para predecir la producción del componente arbóreo en los sistemas agroforestales y en lo posible debe realizarse a través de mediciones no destructivas.

Según Newbould (1967) la estimación del crecimiento sobre la cual se basa la producción neta estimada, puede tomar varias formas:

- a. Donde es posible usar una parcela en la cual se pueden repetir las estimaciones del volumen del tronco por un largo período de tiempo y donde hay disponibles tablas de volúmenes para diferentes especies, el incremento de volumen puede ser sacado con precisión de una simple medición del D.A.P. (y/o la altura).
- b. Donde no hay historia de una parcela, se deben realizar mediciones por un período de 3 a 5 años y luego para construir las tablas de volumen cortar una muestra de árboles seleccionados, determinar peso seco y correlacionarlos con las mediciones de diámetros efectuadas.
- c. Si es necesario estimar la producción con menos precisión en un programa anual, la estimación del incremento de volumen puede salir del análisis de los incrementos radiales tomados de dos troncos representativos entre los árboles cortados.
- d. Si no es posible cortar ningún árbol y no hay un registro de mediciones, se pueden tomar muestras radiales con el barrenado de Press-

ler y así obtener una estimación del incremento de volumen de los últimos años y también determinar el peso específico de la corteza, albura y durámen. Esta forma en las zonas tropicales húmedas presenta el inconveniente de la falta de diferenciación entre el leño temprano y el leño tardío característico de las zonas templadas.

3.2.6. Factores que afectan la biomasa y la productividad

a. Edad del rodal

La cantidad de hojas en rodales jóvenes alcanza sus máximos valores en relativamente pocos años. En regeneración de Prunus pennsylvanica el máximo ocurre a los 6 años (Marks, 1974). En plantaciones de Pinus radiata se halló el máximo a los 7 años (Madgwick, 1976) Swank y Schreuder (1973) en Pinus strobus encontraron el máximo a los 12 años. El tiempo para alcanzar los valores máximos dependerá de la especie, el sitio, la densidad y manejo silvicultural.

El incremento corriente anual de biomasa tiende a alcanzar un máximo en una edad similar a la que alcanzan los valores máximos de masa foliar (Ewel, 1971; Marks, 1974). El alcanzar a edad temprana un máximo crecimiento corriente anual implica que también se alcanzarán en etapas tempranas los máximos de crecimiento anual. Según Smith (1973) en rodales de Alnus se alcanzaron las máximas de crecimiento medio anual entre los 8 y 12 años de edad.

b. Variación genética

Estudios realizados en 2 plantaciones, de Populus, de 2 años de edad, cada una con un clon diferente, demostraron que en el mismo

período de tiempo una produjo el doble que la otra. (Crist y Dawson, 1975).

Dentro de una especie puede haber una variación considerable en la manera en que se distribuye la materia seca entre los componentes leñosos del tronco y de las ramas. Según Bickelhaupt et al (1973) la variación en la distribución del crecimiento parece ser altamente heredable, aunque no necesariamente implica diferencias en la producción total de materia seca.

c. Nutrición

El diseño de distribución de la producción de materia seca se modifica con la nutrición mineral (Madgwick, 1968). La fertilización nitrogenada en plantaciones jóvenes de Pinus taeda llevó a un aumento de biomasa en los tallos, ramas y braquiblastos (Baker, et al, 1974) pero no se evaluaron los efectos sobre la retención de agujas ni sobre la distribución del crecimiento corriente. En estudios de fertilización en latifoliadas se encontró un aumento de biomasa en las raíces finas, así como también en ramas y follaje (Safford, 1974).

Estudios realizados sobre la nutrición del potasio en Pinus resinosa han confirmado que la respuesta a largo plazo (4 años) a la fertilización con K no involucra cambios en la producción de follaje nuevo, pero resulta en un incremento en la retención de los braquiblastos (Leaf et al, 1975).

En Eucalyptus globulus la fertilización con una mezcla de fosfato y sulfato de amonio no produjo efecto sobre la distribución de la biomasa entre madera, corteza, ramas y hojas, al cuarto año, aunque se observó un aumento en la biomasa total (Madgwick, 1976).

d. Altitud

La masa foliar, la biomasa total y la producción de materia seca por unidad de masa foliar disminuyen con la altitud (Whittaker y Niering, 1975).

e. Humedad del suelo

Madgwick (1976) informa que Rodin et al revisando literatura mundial han documentado el aumento general de la productividad que se produce con el aumento del suministro de humedad y además cita a McKee y Shoulders que encontraron aumento de biomasa en Pinus elliotii al suministrarle humedad edáfica.

f. Raleo

Raleos intensos o repetidos reducen el peso foliar del rodal a valores inferiores a los del peso foliar de rodales no raleados. En Pinus radiata el raleo no afecta la longevidad de las agujas, en cambio la producción de madera por unidad de peso foliar es más alta en los rodales raleados que en los sin raleo (Madgwick, 1976).

3.3. FLUJOS DE BIOMASA

3.3.1. La producción de hojarasca y otros residuos vegetales

Para determinar la cantidad de hojas, ramas y otros residuos vegetales caídos naturalmente en una unidad de tiempo (generalmente

1 año), se pueden colocar trampas de un área conocida (0.25, 0.5 ó 1 m²) y periódicamente recolectar, secar y pesar el material caído dentro de las mismas. La construcción de las trampas es muy sencilla y generalmente consisten de un marco de madera con un cedazo en la parte inferior. Es recomendable colocarles patas para que estén unos 10-15 cm sobre la superficie del suelo.

La distribución de las trampas puede ser al azar o sistemática y su número puede estimarse con los procedimientos estadísticos usuales para determinar tamaño de una muestra (Freeze, 1970).

Los períodos transcurridos entre recolección deben ser lo más cortos posible para evitar pérdidas por descomposición del material en el interior de las trampas. Generalmente las recolecciones son semanales o cada 10 días (Golley, 1978; Jordan, 1971; Ogawa, 1965).

3.3.2. La biomasa de las podas en los sistemas agroforestales

Las podas de los árboles de sombra y de las cercas vivas son importantes en los sistemas agroforestales por varias razones:

- a. dinamizan la circulación de nutrientes, sobre todo el nitrógeno, cuando las ramas podadas son dejadas en el suelo.
- b. cuando las ramas podadas son uniformemente distribuidas sobre el suelo reducen el crecimiento de malezas y mantienen alta la humedad en la superficie del suelo.
- c. las ramas son materia prima para mulch y/o compost.
- d. el follaje, y sobre todo en algunos árboles leguminosos, es una alternativa de suplemento protéico en alimentación animal.

Su determinación es relativamente simple y está ampliamente cubierta en el trabajo de Newbould (1967).

4. UN ESTUDIO DE CASO DE Erythrina poeppigiana COMO ARBOL DE SOMBRA EN UN CAFETAL EN TURRIALBA, COSTA RICA

Se evaluó la producción de biomasa de los árboles de sombra en un cafetal con 2 frecuencias de poda, cada 6 y 12 meses. El trabajo se llevó a cabo en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. La temperatura media anual es de 22.3 °C, la precipitación media es de 2 600 mm, la altitud es de 610 m.s.n.m. Las parcelas se encuentran en un suelo Typic Dystropepts, franco-arcilloso de moderada a buena fertilidad.

Los árboles de sombra son de Erythrina poeppigiana (Walpers) O. F. Cook, conocido en Costa Rica como "poró gigante"; plantados en 1974 a una distancia de 6 m x 6 m, aproximadamente. El cafetal fue renovado en 1980, con una densidad de 1 300 plantas/ha.

El período de observaciones fue entre setiembre de 1981 y setiembre de 1982. La poda de nivelación, que fue realizada al comienzo del experimento no fue evaluada. El número total de árboles del experimento fue 72, de los cuales 48 recibieron poda cada 6 meses, en marzo y setiembre de 1982 y los 24 restantes se podaron a los 12 meses, en setiembre de 1982. Para determinar la biomasa de las podas se pesaron in situ hojas y tallos por separado e inmediatamente se tomaron muestras para determinar contenido de materia seca. En el transcurso del experimento también se colectaron en trampas las hojas de poró caídas naturalmente y se determinó su peso seco.

En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 1: Biomasa y nutrimentos (kg/ha/año) de las podas y de las hojas caídas naturalmente de Erythrina poeppigiana, depositados sobre el suelo, con 1 y 2 podas anuales.

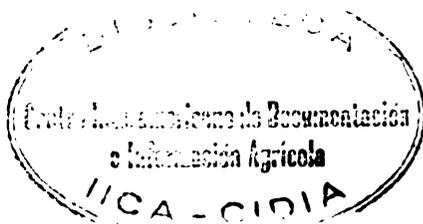
Componente	Biomasa podada		Hojas caídas		Total depositado sobre el suelo	
	1 poda	2 podas	1 poda	2 podas	1 poda	2 podas
Materia seca	18 474	11 839	4 280	1 914	22 754	13 753
Nitrógeno	237.3	227.6	93.3	41.7	330.6	269.3
Fósforo	26.0	18.0	6.4	2.9	32.4	20.9
Potasio	130.0	139.0	25.7	11.5	155.7	150.5
Calcio	224.8	84.0	94.2	42.1	319.0	126.1
Magnesio	56.0	38.0	30.0	13.4	86.0	51.4

5. BIBLIOGRAFIA

- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. v. 2. Predicción del rendimiento. Roma, FAO. 80 p. (Estudio FAO; Montes 22/2).
- ALPIZAR, L., H. W. FASSBENDER y J. HEUVELDOP. 1983. Estudio de sistemas agroforestales en el experimento central del CATIE, Turrialba. III. Producción de residuos vegetales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 14 p. (Mimeografiado).
- ARANGUREN, J., G. ESCALANTE and R. HERRERA. 1982. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. I. Coffee. *Plant and Soil* 67:247-258.
- ATTIWILL, P. M. y J. D. OVINGTON. 1968. Determinations of forest biomass. *Forest Science* 14:13-15.
- BAKER, J. B., G. L. SWITZER y L. E. NELSON. 1974. Biomass production and nitrogen recovery after fertilization of young loblolly pines. *Soil Science Society of America Proceedings* 38:958-961.
- BASKERVILLE, G. L. 1966. Dry matter production in immature balsam fir stands: roots, lesser vegetation, and total stand. *Forest Science* 12:49-53.
- BICKELHAUPT, D. H., A. L. LEAF y N. RICHARDS. 1973. Effect of branching habit on above-ground dry weight estimates of Acer saccharum stands. In Young H. E. ed. IUFRO biomass studies. Orono, University of Maine. pp. 239-267.
- BOHM, W. 1979. Methods of studying root systems. Analysis and synthesis. Berlin, Springer. 188 p.
- BROWN, J. K. 1976. Estimating shrub biomass from basal stem diameters. *Canadian Journal of Forest Research* 6(2):153-158.
- CLARK, A. y M. A. TARAS. 1976. Biomass of short leaf pine in a natural sawtimber stand in northern Mississippi. Asheville, North Carolina, USDA, Forest Service, South Eastern Forest Experiment Station, 32 p. (Research paper se-146).
- CRIST, J. B. y D. H. DAWSON. 1975. Anatomy and dry weight yields fo two Populus clones grown under intensive culture. USDA. Forest Service. 6 p. (Res. pap. NC-113).

- CROW, T. R. 1978. Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands. *Forest Science* 24:110-114.
- DUVIGNEAUD, P. (ed). 1971. Symposium on the productivity of forest ecosystems: Proceedings of the Brussels Symposium; 1969 October 27-31; Paris, UNESCO. 707 p. (Ecology and Conservation N° 4).
- ELLENERG, E. ed. 1971. Integrated Experimental Ecology; Methods and Results of Ecosystem research in the German Solling Project. Berlin, Springer. 214 p.
- EMEL, J. 1971. Biomass changes in early tropical succession. *Turrialba (Costa Rica)* 21:110-112.
- FASSBENDER, H. W. 1983. Suelos y sistemas de producción agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 150 p.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1980. Los álamos y los sauces en la producción de madera y la utilización de las tierras. Roma, FAO. 349 p.
- FORSTER, M. 1979. Observation on the formation of tree root system in the tropical rain forest. *In Plant Research and Development* 10:39-45.
- FREEZE, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). 104 p.
- GOLLEY, F. B. 1978. Gross and net primary production and growth parameters. *In Tropical forest ecosystems, a state-of-knowledge report prepared by UNESCO/UNEP/FAO.* Paris, UNESCO, pp. 233-248.
- HEAD, G. C. 1967. Methods for the study of production in root systems. *In UNESCO-IBP Symposium on Methods of Study in soil ecology.* Ed. by J. Phillipson, PARIS, UNESCO. pp. 151-157.
- HELLER, H. 1971. Estimation of biomass of forest. *In Ellenberg, H. E. Integrated experimental ecology.* Berlin, Springer. pp. 45-47.
- HITCHCOCK, H. C. y J. P. McDONNELL. 1979. Biomass measurement: A synthesis of the literature. Division of Land and Forest Resources, T.V.A., Norris, Tn. USA. 59 p.
- HONER, T. G. 1971. Weight relationships in open-and forest-grown balsam fir trees. IUFRO. Working Group on Forest Biomass Studies. Forest biomass studies, 1971. University of Florida, Gainesville, Florida. Orono, Maine, University of Maine. Life Sciences and Agricultural Experiment Station. pp. 51-62.

- JENKINS, J. 1971. Root structure and underground biomass in equatorial forest. In P. Davignon (Ed.), *Productivity of forest ecosystems, Proceedings of the Brussels Symposium, UNESCO, Paris*. pp. 323-331.
- JORDAN, C. F. 1971. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. *Journal of Ecology* 59:127-142.
- KLINGE, H. y W. A. RODRIGUEZ. 1973. Biomass estimation in a Central Amazonian rain forest. *Acta Cientifica Venezolana* 24:225-237.
- KLINGE, H. 1976. Biomass estimation in a tropical rain forest based on ground surface measurements of plants in the roots from giant hemlock. *Forest Ecology and Management* 1:1-11.
- LEAF, J. W. 1975. Ten year growth responses of plantation red pine to slash fertilization and irrigation in New York. *Forest Science* 21:88-96.
- LIETH, H. 1968. The determination of plant dry-matter production with special emphasis on the underground parts. In UNESCO, *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. Proceedings of the Copenhagen Symposium*. pp. 179-186.
- MACLEAN, D. A. y R. W. WEIN. 1976. Biomass of jack pine and mixed hardwood stands in northeastern New Brunswick. *Canadian Journal of Forest Research* 6(4):441-447.
- MADGWICK, H. A. I. 1968. Seasonal changes in biomass and annual production of an old-field *Pinus virginiana* stand. *Ecology* 49(1):149-152.
- MADGWICK, H. A. I. 1976. Mensuration of forest biomass. In IUFRO International Congress, XVI, Proceedings. Division IV. Oslo, Norway, 1976. Orono, Maine, University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture. pp. 13-27.
- MARKS, P. L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. *Ecological Monographs* 44:73-88.
- MOLLEPAZA, J. E. 1979. Producción de biomasa de pino (*Erythrina poeppigiana* Walpers) y del laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken) asociados con el café (*Coffea arabica* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 100 p. (Ex. Borrador).
- NEWBOULD, P. J. 1967. *Methods for estimating the primary production of forest*. Oxford, Blackwell. 62 p. (IBP Handbook No. 2).



NEWMOULD, P. J. 1968. Methods of estimating root production. In UNESCO Natural Resources Research Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. Proceedings of the Copenhagen Symposium, 1968. pp. 187-190.

ODUM, E. P. 1965. Ecología, estructura y función de la naturaleza. México, CECSA. 201 p.

OGAWA, H. et al. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. Nature and Life in Southeast Asia 4:49-80.

DANGE, J. Forest biomass. 1980. Forestry Abstracts 41(8);343-362.

PAVLYCHENKO, T. K. 1937. Quantitative study of the entire root system of weed and crop plants under field conditions. Ecology 18:62-79.

RIEDACKER, A. 1971. Measurements of different components of trees for physiological investigations. IUFRO. Working Group on Forest Biomass Studies. Forest Biomass studies, 1971. University of Florida, Gainesville, Florida. Orono, Maine, University of Maine. Life Sciences and Agricultural Experiment Station, 1971. pp. 223-240.

RUSSO, R. O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook (poró), sobre la nodulación de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café-poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 108 p.

SAFFORD, L. O. 1974. Effect of fertilization on biomass and nutrient content of fine roots in a beech-birch-maple stand. Plant and Soil 40:349-363.

SATOO, T. A. 1970. Synthesis of studies by the harvest method: Primary production relations in the temperate deciduous forests of Japan. In Reichle, D.E. ed. Analysis of temperate forest ecosystems. Berlin, Springer. pp. 55-72.

SCHUIJMAN, J. J. y M.A.J. GOEDEWAAGEN. 1965. Methods for the examination of root systems and roots. Wageningen, Centre for Agricultural Publications, 86 p.

SMITH, J. H. G. 1971. Bases for sampling and simulation in studies of tree and stand weights. IUFRO. Working Group on Forest Biomass Studies. Forest biomass studies, 1971. University of Florida, Gainesville, Florida. Orono, Maine, University of Maine. Life Sciences and Agricultural Experiment Station. pp. 139-149.

- SMITH, J. H. G. 1973. Biomass of some young red alder stands. In Young, H. E. ed. IUFRO biomass studies. Orono, University of Maine. pp. 399-410.
- STOECHELER, J. H. y W. A. KLUENDER. 1938. The hydraulic method of excavating the root systems of plants. Ecology 19:355-369.
- SUAREZ DE CASTRO, F y A. RODRIGUEZ. Equilibrio materia orgánica en plantaciones de café. Boletín Técnico, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2(15):5-28.
- SWANK, W. T. y H. SCHREUDER. 1973. Temporal changes in biomass. Surface area and net production for a Pinus strobus L. forest. In Young, H.E. ed. IUFRO biomass studies. Orono, University of Maine. pp. 171-182.
- TANNER, E. V. J. 1980. Studies on the biomass and productivity in a series of montane rain forest in Jamaica. Journal of Ecology 68(2):573-588.
- WHITTAKER, R. H. 1961. Estimation of net production of forest and shrub communities. Ecology 42:177-180.
- WHITTAKER, R. H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. Ecology 46:367-370.
- WHITTAKER, R. H. y G. M. WOODWELL. 1968. Dimensions and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest. Journal of Ecology 56(1): 1-25.
- WHITTAKER, R. H. y W. A. NIERING. 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains Arizona. V. Biomass, production, and diversity along the elevation gradient. Ecology 56:771-790.
- WIERSUM, K. F. y A. RAMLAM. 1982. Cultivation of Acacia auriculiformis on Java, Indonesia, Commonwealth Forestry Review 61(2):135-144.
- YOUNG, H. E. y T. C. TRYON. 1978. A national forest biomass inventory. Prepared for: IUFRO, 54.01 Forest Inventory Meeting in Bucharest, Rumania June 18-25. 11 p. (in press).
- YOUNG, H. E., J. H. RIBE y D. C. HOPPE. 1979. A biomass study of the thinning potential and productivity of immature forest stands in Maine. Orono, Maine, University of Maine, Life Sciences and Agricultural Experimento Station. 38 p. (Bulletin N° 758).
- YOUNG, H. E., J. H. RIBE y K. WAINWRIGHT. 1980. Weight tables for tree and shrub species in Maine Orono, Maine, University of Maine, Life Sciences and Agricultural Experiment Station. 84 p. (Miscellaneous Report N° 230).