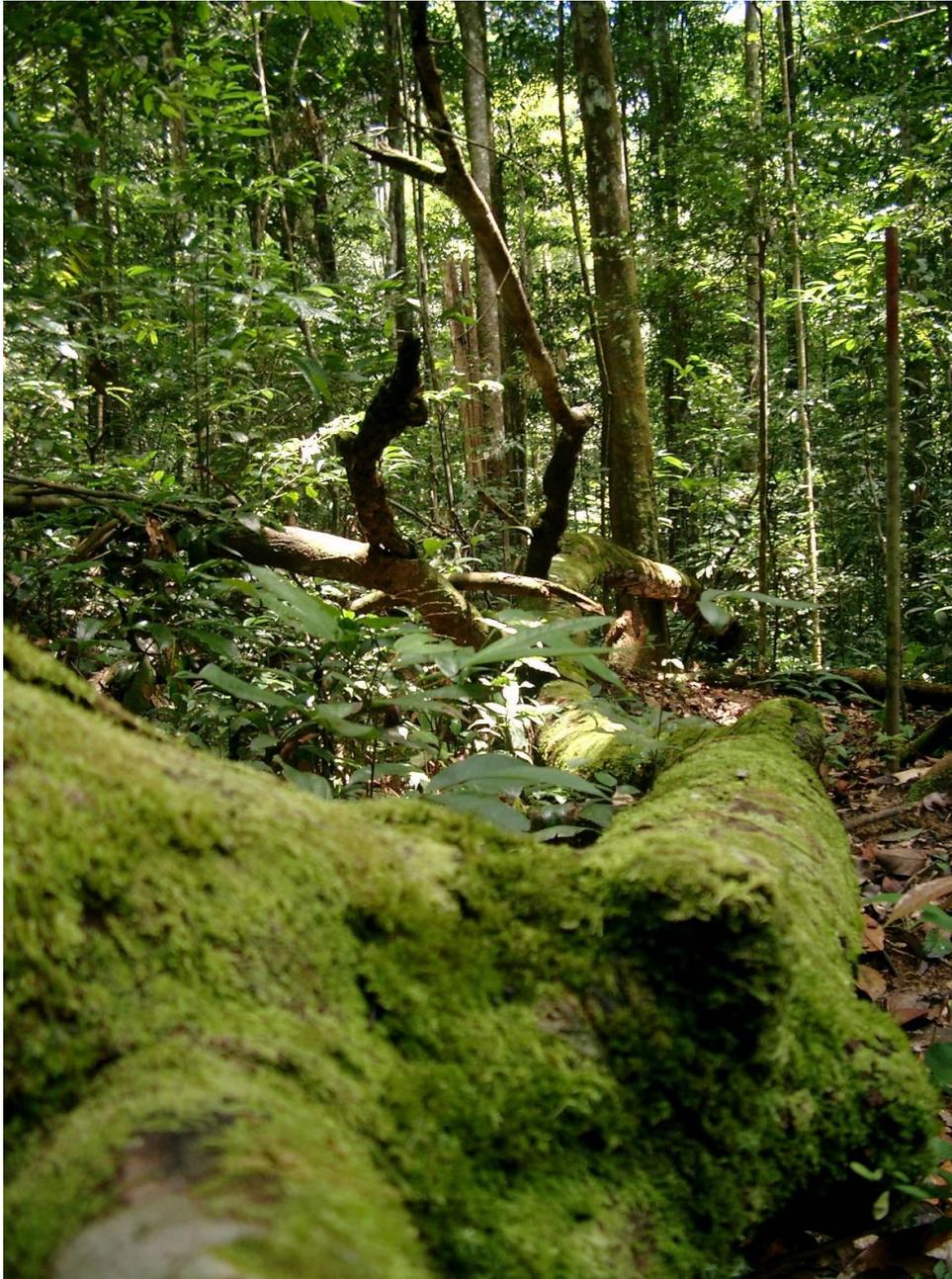


Manual para mediciones de detritus de madera gruesa en parcelas RAINFOR

T.R. Baker, K.J. Chao

Versión 2 - Mayo 2011



Introducción

El detritus de madera gruesa (CWD) es un depósito importante de carbono en los ecosistemas de bosque tropicales, con estimaciones máximas de $>60\text{Mg ha}^{-1}$, o hasta un 33% de la biomasa aérea viva de árboles de ≥ 10 cm de diámetro [1]. Las reservas de CWD varían ampliamente entre bosques, en relación a la variación en la estructura forestal, historial de perturbaciones y factores ambientales tales como la fertilidad del suelo.

Por ejemplo, existe evidencia de perturbaciones previas donde las reservas son sustancialmente mayores que la cantidad estimada bajo condiciones de estado estables [3].

Este manual establece los protocolos para responder a las siguientes preguntas:

1. Cuál es el patrón de reservas de CWD en las parcelas RAINFOR?
2. Qué factores ambientales se correlacionan con las reservas de CWD en la red RAINFOR?
3. Están las reservas de CWD en equilibrio con los aportes por mortalidad de árboles en las parcelas RAINFOR?

Métodos

Los métodos basados en parcelas y los de intercepción lineal, están disponibles para las mediciones de CWD; los dos métodos han sido utilizados en estudios existentes de reservas de CWD en parcelas RAINFOR. Los métodos basados en parcelas son útiles para estudios que comparan reservas de CWD con los aportes de mortalidad de árboles dentro de parcelas permanentes existentes de 1ha. Los métodos de intercepción lineal por su parte, resultan útiles para evaluar cuestiones sobre reservas de CWD a escalas más grandes – para valorar por ejemplo, el grado al cual las parcelas son representativas de paisajes más amplios.

Mediciones de campo

Mediciones basadas en parcelas

Árboles muertos caídos y ramas

Deben medirse la longitud y el diámetro en ambos extremos de todas las piezas de madera caída, incluyendo lianas, con diámetro superior a 10cm dentro de la parcela. Nótese que:

- Para troncos menguantes de menos de 10 cm de diámetro, las mediciones se hacen solo hasta el punto donde el tronco disminuye a menos de 10cm.
- Las ramas superiores a 10cm adjuntas a troncos caídos deben ser medidas por separado, en segmentos aproximadamente lineales.
- Para árboles con raíces tanto dentro como fuera de la parcela, las mediciones de longitud deben hacerse hasta el borde de la parcela.

- Para mediciones en las bases de troncos caídos con contrafuertes (aletas), el diámetro se mide por encima de los contrafuertes.
- Solo se necesita medir un diámetro en el centro de los tallos de palmeras muertas caídas, puesto que los tallos de palmeras mantienen una forma y diámetro similar a lo largo de su longitud.
- Si la pieza de CWD no es aproximadamente circular, o está parcialmente enterrada por la broza y el suelo y resulta difícil medir su diámetro, entonces se deberían medir dos dimensiones perpendiculares a lo largo del eje más largo y perpendicular a este eje.
- Las piezas de madera con una circunferencia superior a 180 grados pero no completamente circulares se deberían medir como un círculo sólido; una subsecuente corrección de espacio vacío representa la madera que falta para calcular el volumen de CWD.

Árboles muertos en pie (snag)

El diámetro de árboles muertos en pie se mide a 1.3m de altura, o en la parte más baja del tronco sin raíces contrafuertes. Toma nota que:

- La altura del árbol muerto (*snag*) debería ser medida con un clinómetro o con un telémetro laser.
- Si el tronco decrece en tamaño por debajo de 10cm, la altura debería ser medida en el punto donde tiene 10cm de diámetro.
- El diámetro del lado pequeño de los árboles muertos rotos debería ser medido en el tronco formado por la copa caída.
- Si la copa del lado roto no se encuentra, los diámetros de los finales pequeños de los árboles muertos en pie deberían ser estimados de forma visual.
- Las dimensiones de las ramas mayores >10 cm de diámetro todavía adjuntas al árbol muerto en pie deberían ser estimadas visualmente.
- Para tocones con altura menor a 1.3m, se debe medir la altura y el diámetro de la copa.

Clases de descomposición

El estado de descomposición debe ser clasificado en el campo en una de las 5 clases, basadas en características simples de la madera muerta:

Clase 1: Madera sólida, caída recientemente, con corteza intacta y ramas finas todavía adjuntas.

Clase 1.5: Madera sólida, pero sin ramas finas y con corteza que empieza a desprenderse.

Clase 2: Madera no sólida, en condiciones pobres, pero donde resulta difícil empujar un clavo dentro de la madera con la mano.

Clase 2.5: Blanda, madera podrida, donde un clavo puede ser empujado dentro de la madera fácilmente.

Clase 3: Suave, madera podrida que se rompe con facilidad al pisarla.

Algunos estudios usan solo tres clases de descomposición (ej. combinan clase 1 con la 1.5, y clase 2 con la 2.5): en un estudio en Perú [4] las tres clases de deterioro revelaron patrones comparables a las 5 clases de deterioro.

Si es necesario, el sistema de 5 clases puede ser simplificado al sistema de 3 clases cuando los datos son analizados.

Cálculo del volumen de CWD

El volumen de las palmeras muertas y tocones debe ser calculado como un cilindro. Para las otras piezas, el volumen CWD, V (m³) debería ser calculado usando la siguiente fórmula de Smalian:

$$V = L \left[\frac{\pi(D_1/2)^2 + \pi(D_2/2)^2}{2} \right]$$

Donde L (m) es la longitud de la pieza de CWD, y D es el diámetro (m), en ambos finales. La fórmula de Smalian da el volumen correcto si cada pieza de CWD es un tronco de un paraboloides cuadrático o un cilindro. Si el tronco se estrecha como un tronco de un cono, entonces la fórmula de Smalian llevará a una sobreestimación del volumen, proporcional a la longitud o grado del estrechamiento.

Muestreo de la línea de intersección

El muestreo de la línea de intersección proporciona un método rápido para obtener estimaciones a nivel de paisaje de reservas de CWD y permite el muestreo para la calibración de las clases de descomposición y medición de espacio vacío de CWD fuera de parcelas permanentes. Se recomienda un total de 2km de línea-transecto, dividida en varias unidades pequeñas, para proporcionar una precisión razonable: cinco, transectos de 400m produjeron estimaciones de CWD con un error estándar de 20% de la media en un bosque del sudoeste Amazónico [1]. Idealmente, las líneas-transecto deberían estar más de 20m aparte, para mantener la independencia, y ser establecidas en direcciones aleatorias en el paisaje, para evitar sesgos de eventos de mortalidad direccional debido a la topografía o a la dirección del viento dominante. A menudo, las líneas-transecto se establecen en 2 direcciones perpendiculares combinando la facilidad del montaje con estos objetivos:

- Para cada pieza de CWD que cruza el plano perpendicular pasando a través de la línea-transecto, se debería registrar el diámetro y la clase de deterioro.
- Para piezas de CWD no circulares se deberían hacer 2 mediciones a lo largo del eje más largo y perpendicular a ese eje y la media geométrica calculada para usarse en el cálculo del volumen de CWD

Árboles muertos en pie

El muestreo de la línea de intersección solo proporciona información sobre madera muerta caída. Si solo se utiliza el muestreo de la línea de intersección, entonces deberían utilizarse transectos de 10m de amplitud en ambos lados del transecto [5] para medir además, todos los árboles muertos en pie y tocones, tal y como se describe en la sección anterior.

Cálculo del volumen de CWD

El volumen de CWD se calcula así:

$$V = (\pi^2 \times \Sigma d_i^2) / 8L$$

Donde V es el volumen de CWD por unidad de área, d_i es el diámetro (cm) del tronco i y L (m) es la longitud de la línea-transecto [6]. La varianza del volumen (σ^2) para n transectos se sopesa con las longitudes de transecto (L_j), como recomienda De Vries [7] citado en [2], así:

$$\sigma^2 = [\Sigma L_j (V_j - \bar{V})^2] / [(n-1) \times \Sigma L_j]$$

Densidad de las clases de descomposición y mediciones de espacio vacío

Una variedad de estudios han calibrado las subjetivas clases de descomposición en diferentes bosques del Amazonas [4]. Los valores de densidad obtenidos para diferentes clases de descomposición son específicos al sitio pero pueden ser estimados a partir de la composición de las especies de árboles vivos en el alrededor [4]. En bosques neotropicales húmedos de las tierras bajas, la densidad de cada clase de deterioro de CWD (ρ_d , g cm⁻³) está cercanamente relacionada con la densidad de la madera viva a nivel de parcela [4]. Así, ρ_d fue estimada como una función de la media de la densidad de la madera de los árboles vivos en la parcela. Para estimar tres clases de descomposición:

$$\rho_{d=1} = 1.17 [\rho_{BA_j}] - 0.21$$

y

$$\rho_{d=2} = 1.17 [\rho_{BA_j}] - 0.31$$

Donde $\rho_{d=1}$ y $\rho_{d=2}$ representan las densidades de CWD en clases de deterioro (d) uno y dos respectivamente, y ρ_{BA_j} (g cm⁻³) es la densidad de la madera de árboles vivos de la parcela j , sopesados por su área basal. Para CWD en clase de deterioro tres, se utiliza el valor medio de la densidad por detritus en “clase de deterioro tres” de estudios

publicados de bosques neotropicales húmedos de las tierras bajas (0.29 g cm^{-3}), como se sugirió en [4].

Mediciones de la densidad de clases de descomposición

- Para la calibración específica para cada sitio de las clases de descomposición, se toman muestras para mediciones de densidad en intervalos de 5cm desde el centro de cada pieza escogida de CWD en una o cuatro direcciones escogidas aleatoriamente (arriba, abajo, izquierda, derecha).
- Para piezas relativamente duras, se puede utilizar una sierra de cadena para cortar una sección radial cilíndrica, y tapones de madera sólidos cilíndricos o rectangulares tomados de cada sección radial con un machete. Los métodos de muestreo con taladro pueden resultar adecuados donde la madera es particularmente dura (p.e. [2]).
- El volumen de estas muestras se calcula mediante medición directa usando un calibrador vernier (pie de rey) en tres dimensiones de longitud (l_1 , l_2 y l_3) para una pieza conforma rectangular sólida, o radio (r) y longitud (l) para una muestra cilíndrica, o se determinan volúmenes de muestras de forma irregular por la medición del desplazamiento a 0.5mm del agua dentro de un cilindro de plástico graduado.
- El muestreo para CWD muy descompuesta (clase 3) se lleva a cabo con un contenedor de volumen desconocido.
- Se secan las muestras a 65°C , se pesan y la densidad se calcula como masa seca dividida por el volumen fresco.

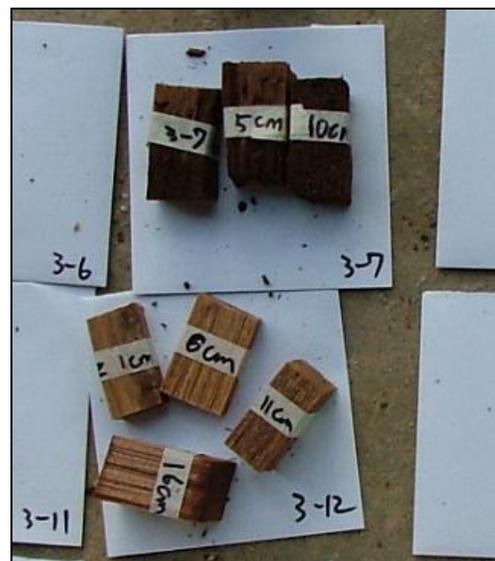


Fig 1. Amostrando CWD para calibrar la densidad de las diferentes clases de descomposición

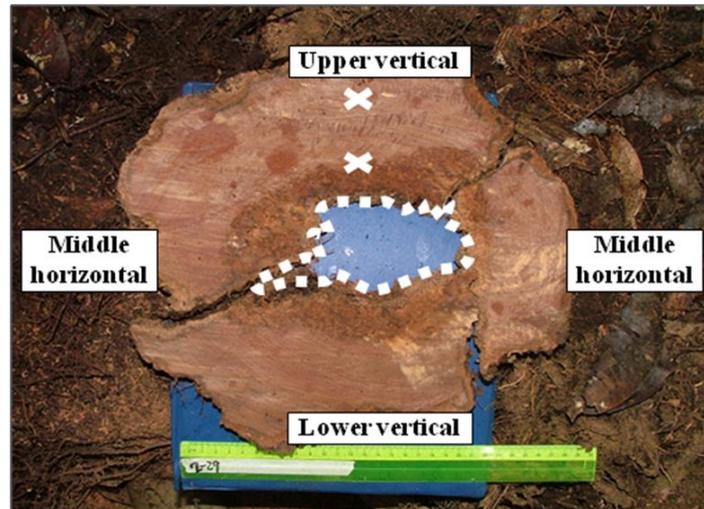


Fig 2. Ubicación de muestras para calibrar la densidad de las clases de descomposición (x) y la definición del espacio vacío (puntos)

Espacio vacío

El espacio vacío de las diferentes clases de descomposición se pueden medir tomando cortes transversales de muestras aleatorias de piezas de CWD estratificadas por clase de descomposición.

- Los cortes transversales de las piezas de CWD seleccionadas deberían hacerse en el punto donde la línea cruza la pieza, donde se hizo la valoración de la descomposición.
- Deben tomarse fotos digitales de los cortes transversales, con un instrumento a escala, como una regla.
- El espacio vacío, definido como una región rodeada de más de 180 grados de CWD sólida, se mide como la proporción del área total ocupada por un espacio vacío calculado usando el programa *ImageJ*. Tener en cuenta que el espacio vacío puede extenderse hacia el exterior de la pieza de CWD, para piezas de CWD que no son completamente circulares.

Calculando la masa de CWD

Para estimar la masa promedio de CWD, M (Mg ha^{-1}), en cada clase de descomposición, n , el volumen externo CWD (V , m^3) se multiplica por la proporción media de espacio sólido de madera ($S = 1 - \text{proporción espacio vacío}$) y por los valores de densidad de la madera (ρ , $\text{g cm}^{-3} \equiv \text{Mg m}^{-3}$) de las diferentes clases de descomposición. Si el espacio vacío, la densidad de la madera y las mediciones de volumen para cada parcela o transecto no están correlacionados [1], el error estándar para M se puede calcular asumiendo errores aleatorios independientes [8], como:

$$SE(M)_n = (M)_n \left(\sqrt{\left(\frac{(SE_V)_n}{V_n}\right)^2 + \left(\frac{(SE_S)_n}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{(SE_\rho)_n}{\rho_n}\right)^2} \right)$$

La masa total media de CWD se calcula sumando la masa de cada clase de descomposición, y el error estándar calculado de manera conservadora como la suma de errores de las clases constituyentes [8].

Referencias

1. Baker, T.R., et al., *Low stocks of coarse woody debris in a south-west Amazonian forest*. *Oecologia*, 2007. **153**: p. 495-504.
2. Keller, M., et al., *Coarse woody debris in undisturbed and logged forest in the eastern Brazilian Amazon*. *Global Change Biology*, 2004. **10**: p. 784-792.
3. Rice, A., et al., *Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest*. *Ecological Applications*, 2004. **14**: p. 555-571.
4. Chao, K.J., O.L. Phillips, and T.R. Baker, *Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape*. *Canadian Journal of Forest Research*, 2008. **38**: p. 795-805.
5. Palace, M., et al., *Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon*. *Forest Ecology and Management*, 2007. **238**: p. 309-318.
6. van Wagner, C.E., *The line intersect method in forest fuel sampling*. *Forest Science*, 1968. **24**: p. 469-483.
7. De Vries, P.G., *Sampling Theory for Forest Inventory. A Teach-yourself Course*. 1986, Berlin: Springer-Verlag.
8. Taylor, J.R., *An Introduction to Error Analysis*. 2nd ed. 1997, Sausalito, USA: University Science Books.
9. Palace, M., M. Keller, and H. Silva, *Necromass production: studies in undisturbed and logged Amazon forests*. *Ecological Applications*, 2008. **18**: p. 873-884.
10. Chambers, J.Q., et al., *Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest*. *Forest Ecology and Management*, 2000. **5348**: p. 1-12.