



***RAINFOR***  
***manual de campo***  
***para la remedición y***  
***establecimiento de parcelas***

Oliver Phillips, Tim Baker, Ted Feldpausch and Roel Brien

con contribuciones de

Samuel Almeida, Luzmila Arroyo, Gerardo Aymard, Jerome Chave, Nallaret Dávila Cardozo, Kuo-Jung Chao, Niro Higuchi, Eurídice Honorio, Eliana Jiménez, Simon L. Lewis, Jon Lloyd, Gabriela López-González, Yadvinder Malhi, Abel Monteagudo, David Neill, Sandra Patiño, Julie Peacock, Antonio Peña Cruz, Maria Cristina Peñuela, Adriana Prieto, Carlos Quesada, Fredy Ramírez, Michael Schwarz, Javier Silva, Marcos Silveira, Geertje van der Heijden, Rodolfo Vásquez



*Primera edición, 2001 | Esta edición, 2009*

## **Introducción**

Los bosques tropicales de la Amazonía constituyen uno de los más importantes ecosistemas de la tierra. Éstos reúnen aproximadamente el 45% de los bosques tropicales del mundo, almacenando alrededor de una quinta parte del carbono que existe en la vegetación terrestre y procesando anualmente casi tres veces tanto carbono a través de la fotosíntesis y respiración, como los humanos lanzan a la atmósfera, mediante la combustión de material fósil. La Amazonía también contribuye en gran medida a la evapotranspiración de la superficie terrestre global y reúne una fracción significativa de especies conocidas a nivel mundial. Cambios relativamente pequeños en la estructura y/o función de estos bosques pueden por lo tanto, originar consecuencias globales en la biodiversidad, el ciclo del carbono y el cambio climático.

RAINFOR (The Amazon Forest Inventory Network, Rede Amazônica de Inventários Florestais, Red Amazónica de Inventarios Forestales) es un intento de utilizar Parcelas Permanentes de Muestreo a largo plazo (PSPs) para monitorear la biomasa, la dinámica del bosque y relacionar esta observación con el suelo y el clima en la región de bosque amazónico. Muchas de estas parcelas fueron establecidas en el pasado para investigar aspectos ecológicos y cuestiones de gestión forestal. Sin embargo, recopilando y comparando estos estudios a escala regional, se puede disponer de un nuevo y completo nivel de información: información que puede proporcionar ideas vitales dentro de los mecanismos que subyacen a las respuestas actuales de los ecosistemas de la Amazonía ante el clima y el posible futuro de la Amazonía bajo escenarios de cambio global.

Los estudios asociados a RAINFOR tienen los siguientes objetivos:

1. Cuantificar los cambios a largo plazo en la biomasa de los bosques y su dinámica hasta la fecha.
2. Relacionar la actual estructura del bosque, la ecofisiología, la biomasa y su dinámica al clima local y propiedades del suelo.
3. Entender las relaciones entre, productividad, mortalidad y biomasa.
4. Usar las relaciones de (1) a (3) para entender como los cambios en el clima pueden afectar a la biomasa y productividad de los bosques de la Amazonía como un todo, e informar la escala básica de los modelos de dinámicas del carbono.
5. Examinar la variabilidad de la biodiversidad de los árboles de la Amazonía y su relación con el suelo y el clima.

Uno de los problemas potenciales con el análisis de los datos de distintas fuentes es el uso de diferentes metodologías en diferentes sitios. Además, el impacto de

cualquier cambio en la metodología sobre el tiempo necesita ser evaluado antes de que supuestos cambios temporales en la dinámica puedan ser considerados fuertes. Uno de los componentes importantes de RAINFOR es alentar el debate sobre cuestiones metodológicas y la estandarización de los protocolos de inventario forestal. Para ayudar a conseguirlo, este manual establece los procedimientos para el establecimiento y remediación de parcelas que se han desarrollado en el transcurso del trabajo de campo de RAINFOR en el Norte del Perú, Bolivia y Ecuador 2001 /2002, e incluye algunas pequeñas mejoras desde entonces

## ***Establecimiento de Parcelas***

### **A. Localización**

La estrategia pan-amazónica dentro de RAINFOR es el mantenimiento de muestras de parcelas de bosque a través de rangos edáficos dentro de cada zona climática y grupos de parcelas regionales (Malhi *et al.* 2001). Las nuevas parcelas deberían ser localizadas aleatoriamente dentro de los estratos locales geomorfológicos cumpliendo con ciertos criterios logísticos. Las nuevas parcelas deben:

- Estar en un terreno razonablemente homogéneo con un solo tipo de suelo
- Tener acceso adecuado
- Tener la suficiente seguridad a largo plazo de no irrupción humana
- Tener suficiente apoyo institucional a largo plazo

Sin embargo, en muchos lugares de investigación amazónica se carece de mapas de hábitat precisos, lo cual impide el muestreo estratificado completo a gran escala. De forma similar a escala local, la identificación de estratos geomorfológicos resulta difícil porque no existen mapas exactos de suelo. Las imágenes por satélite ayudan a identificar la extensión de los tipos de vegetación que se pueden encontrar en cada área, pero algunos problemas con la escala de resolución y la falta de validación sobre el terreno limitan la capacidad de predecir con precisión la distribución exacta. La información proporcionada por residentes locales y botánicos que conocen el área puede ser de gran utilidad. Las limitaciones logísticas son también importantes: no es práctico situar una parcela más allá de una hora de la estación, y puede ser difícil ubicar una parcela de 1 hectárea dentro de un bosque atravesado por trochas.

## **B. Posición**

Dentro de los estratos, las parcelas deben ser ubicadas aleatoriamente para evitar el sesgo “bosque majestuoso”. Si hay mapas disponibles, la localización de parcelas puede ser asignada aleatoriamente antes de ir al campo. Si no, en el campo, puede haber una tendencia a iniciar una parcela en una parte “buena” del bosque. Con mapas disponibles, la posición del punto de inicio de la parcela puede ser aleatorizado colocándolo en una dirección aleatoria, a una distancia aleatoria  $>$  a 20 metros (fuera del alcance de la vista) del punto de inicio original potencialmente “sesgado”.

## **C. Tiempos de medición**

Para minimizar los errores causados por la variación del contenido de agua en los troncos de los árboles entre mediciones sucesivas, las parcelas deben ser medidas en intervalos durante el año y en épocas del año cuando hay una menor variación interanual en la disponibilidad de agua en suelo. Para parcelas en áreas que experimentan severas variaciones interanuales de precipitaciones debido a fenómenos de El Niño, la mejor época del año es durante la estación húmeda.

## **D. Orientación**

Las direcciones N/S y E/O para los ejes principales de la parcela son las más convenientes pero las excentricidades de los estratos locales pueden impedirlo. Las orientaciones de los ejes principales, la latitud, la longitud y la altitud del centro de la parcela deben ser registradas. Tomar nota si es real o se ha usado un norte magnético.

## **E. Forma**

Es importante mantener la homogeneidad dentro de la parcela, y es importante también tener en consideración la forma de los estratos geomorfológicos. Las parcelas cuadradas tienen menores bordes: área ratios que las parcelas rectangulares, y tienen menos problemas con las decisiones que conciernen a la presencia o ausencia de árboles dentro y fuera de los bordes. Sin embargo las parcelas rectangulares serán las menos alteradas por las líneas de corte dentro de la parcela, menos susceptibles a cualquier sesgo de “bosque maduro” y las dinámicas que registren estarán menos influenciadas por eventos de caídas de árboles. Ambas formas son usadas dentro de RAINFOR.

## **F. Tamaño**

El coeficiente de variación del área basal se incrementa cuando el tamaño de la muestra de la parcela decrece por debajo de 0.4ha en Costa Rica (Clark y Clark 2000). 1ha es un tamaño estándar, mayor que la escala de eventos típicos de caída de árboles, pero suficientemente pequeño para muestrear tipos de suelo individuales. 20x20 m es un tamaño ideal para las sub-parcelas.

## **G. Topografía**

Las nuevas parcelas incluidas en RAINFOR deberían ser establecidas para el muestreo de una hectárea de superficie de tierra, lo cual requiere cierta flexibilidad en las orientaciones y distancias cuando se cierra el último lado de la parcela. Los límites internos y externos de la parcela están medidos en segmentos de 20m. En algunos casos, se ha utilizado una proyección plana de 1ha de bosque (Dallmeier 1992, Condit 1998) y se han aplicado correcciones de pendiente: la distancia a ser medida paralelamente al suelo para cada segmento está dada por:

$$d = 20/\cos\theta$$

Donde  $\theta$  es la inclinación de la pendiente en grados. Las parcelas dispuestas de este modo siempre tendrán tendencia a incluir un área mayor de superficie de tierra y factores de corrección que permitan una comparación entre parcelas sobre la base del área de superficie de tierra que necesita ser calculada.

## **H. Visibilidad**

Debe ser posible reubicar las parcelas, pero cualquier marcador permanente usado no debe atraer demasiado la atención!!. Estacas de plástico pueden ser instaladas en cada una de las cuatro esquinas de la parcela, plantadas mostrando aproximadamente unos 10 cm. por encima de la tierra. También sería conveniente colocar estacas cada 20m alrededor de los límites de la parcela, esto es especialmente importante si existe una intención seria de monitorear la parcela por largo tiempo para reducir así los errores de medición asociados a los límites en los árboles seleccionados. Si es posible al momento de poner las estacas en las esquinas y cada 20m éstas deberían ser pintadas con pintura de emulsión color rojo para poder ser reubicadas fácilmente en el futuro.

## **I. Colocación de cuerdas en la parcela**

Este trabajo puede ser realizado por 4 personas: 1 persona con brújula, 1 persona para hacer una trocha recta donde va a ir la línea, 1 persona para medir la distancia y 1

persona para seguir y extender la cuerda. Acordonar la línea base de la parcela y luego colocar cuidadosamente cuerdas en cada sub-parcela es el método más preciso para delimitar parcelas.

Cualquier corte debe ser mínimo, recordar que cualquier impacto puede afectar al crecimiento de los árboles en la parcela y a la selección de otros nuevos a largo plazo.

## **J. Colocación de placas en los árboles**

La colocación de placas y la identificación de árboles puede hacerse con unas 3 personas. Una persona debería identificar el orden óptimo en el cual los árboles deberían ser plaqueados y colocar las placas; otro toma las medidas y el tercero toma nota y dibuja un mapa aproximado de la parcela.

Los árboles son incluidos si más del 50% de sus raíces están dentro de la parcela. Los árboles deben ser plaqueados sistemáticamente moviéndose alrededor de cada sub-parcela cerrando con el último árbol plaqueado en cada sub-parcela el punto de inicio de la siguiente sub-parcela.

Golpear el clavo en un ángulo ligeramente hacia abajo, lo justo para que pueda penetrar en la corteza y sea seguro pero dejando el máximo de espacio posible para que cuando el árbol crezca no cubra o absorba la placa de aluminio.

Colocar la placa a una altura de 1.60m, o exactamente a 30cm por encima del POM, y sistemáticamente en la misma cara de los árboles en toda la sub-parcela. Es útil marcar una línea 30cm sobre el martillo así, el martillo puede ser utilizado para medir 30cm sobre el POM para colocar la placa. En parcela cuadradas de 100x100 m, es útil poner placas en cada línea sucesiva de las sub-parcelas en diferentes caras del árbol, lo que ayuda a identificar donde están las líneas internas de la parcela en veces subsiguientes. Los clavos de acero son necesarios para los árboles con madera externa dura (por ejemplo: la mayoría de especies de bosques inundados, tahuampas, igapos, varzeas, bosques de bajío; todas las palmeras en estado adulto y algunas especies de las familias Fabaceae, Lecythydaceae, etc. ) Nota:

- Árboles recientemente quebrados o árboles caducifolios pueden estar completamente sin hojas, por eso es necesario chequearlos cuidadosamente: estos están vivos y deben ser plaqueados mientras que el cambium bajo la corteza siga con vida.
- Árboles con múltiples tallos son plaqueados solamente en el tallo más largo que es  $\geq 10\text{cm}$  de diámetro a 1.30m de altura. Si dos tallos de la misma especie

están muy juntos, comprobar las raíces cuidadosamente para ver si los tallos están unidos bajo tierra.

- Los árboles caídos deben ser chequeados cuidadosamente para ver si todavía están vivos, así como los que estén de pie. Deben ser plaqueados a 1.60m de la base del árbol.
- Plaquear cada tallo de liana que tenga  $\geq 10\text{cm}$  de diámetro en cualquier punto dentro de 2.5m desde el suelo, incluso si están  $<10\text{cm}$  a 1.30m. ¡CHEQUEAR CUIDADOSAMENTE YA QUE PUEDE SER MUY FÁCIL OMITIRLOS!. Cada tallo de liana trepadora que reúna dichos criterios y esté enraizada separadamente, cuenta como una planta individual (pero chequear cuidadosamente para ver que el punto donde el tallo se une con la tierra este efectivamente enraizado y no simplemente cubierto por la hojarasca). Ver la sección detallada (L) sobre medición de lianas.

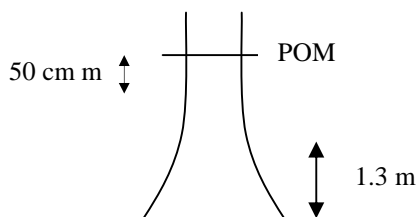
## K. Medición de árboles

Medir a 1.3m de altura donde sea posible como el diámetro estándar a la altura de referencia (DRH). Si 1.3m NO ES USADO COMO PUNTO OPTIMO DE MEDIDA ("POM"), REGISTRAR LA ALTURA DEL POM PARA EVITAR DEFORMIDADES O RAICES CONTRAFUERTES (ALETAS) en el DHR alternativo. Usar un poste o vara marcado con 1.3m, presionado firmemente dentro de la hojarasca en el suelo mineral cerca del árbol para definir POM (Swaine, et al 1987, Condit 1998). Observar que la altura de referencia no es la altura vertical sobre el suelo, sino que debería ser medida como la distancia en línea recta a lo largo del tronco incluso, si este está inclinado o curvado. En parcelas donde los árboles están plaqueados a 1.6m de altura, el POM está a 30cm por debajo de la placa, a menos que este anotado de modo contrario.

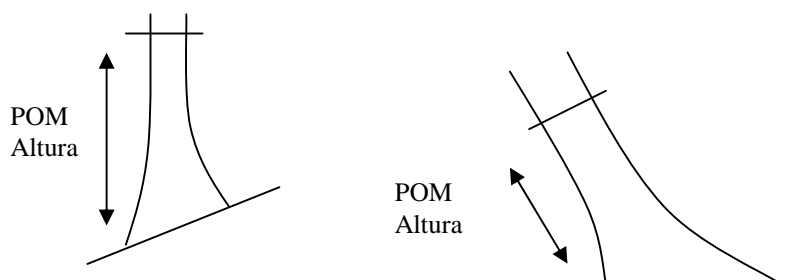
El punto de medida exacto debería ser marcado con tiza (blanca o amarilla) por el medidor, y la ubicación pintada con pintura emulsión (el color de pintura esmalte rojo es el más adecuado, más visible y fácilmente reubicable respecto a la amarilla).

- **Trepadoras:** La cinta diamétrica se pasa por debajo de algunas enredaderas y raíces sobre el tallo y entonces es movida hacia atrás y adelante para limpiar el POM de restos de corteza y detritus. Las hemiepífitas, estranguladoras o lianas que están muy pegadas al tallo deberían ser levantadas no cortadas. Raras veces, donde las lianas o estranguladoras están firmemente sujetadas al tallo del árbol, el diámetro puede ser estimado sosteniendo la cinta métrica perpendicularmente al tallo en el POM, o usando un método óptico (ver abajo).

- **Contrafuertes:** Si el árbol tiene contrafuertes o raíces tablares (aletas) en 1.3m, la medida del tallo es 50 cm por encima del final de los contrafuertes (Condit 1998). Registrar la altura del POM.



- **Deformaciones:** Si el árbol tiene una mayor deformidad en 1.3m de altura, la medida se hace 2 cm por debajo de la deformidad (Condit 1998). Registrar la altura del POM.
- **Árboles acanalados:** Los árboles que son acanalados en todo el tronco deben ser medidos a 1.3m.
- **Pendientes y árboles caídos o inclinados:** El diámetro a la altura de referencia (DRH) siempre se calcula cuesta abajo, en la dirección de la pendiente del árbol, y los árboles caídos o inclinados son siempre medidos a 1.3m de altura del lado del tallo más cercano al suelo. Este procedimiento evita confusiones en situaciones comunes cuando los árboles están en pendientes e inclinados, los árboles usualmente se inclinan hacia la pendiente y estas reglas evitan confusión alguna en relación al lado de los árboles que debe ser usado en la medida del POM. En árboles caídos es difícil definir la base del tronco cuidadosamente – por lo tanto medir los árboles 30 cm por debajo de la placa.



- **Árboles con raíces zancos:** Individuos con raíces zancos deben ser medidos 50cm por encima de la raíz zanco más alta y registrar el POM.
- **Rebrotos:** En árboles erguidos, pero rotos, o individuos caídos, el tronco principal y los rebrotos son medidos a 1.3m de la base del tronco. Un individuo con rebrotos solamente es incluido si los rebrotos están por encima de 1.3m de la base del tronco.

- **Múltiples troncos:** Todos los troncos más grandes de 10cm a 1.3m, son medidos, pintados y registrados.
- **Árboles grandes con aletas (contrafuertes):** Los árboles grandes con aleta (contrafuertes) deben ser dejados al equipo que toma medidas y hechos por separado después. Medir los árboles grandes en una parcela conlleva el trabajo de dos personas durante un día. Una escalera es esencial para alcanzar el POM de algunos árboles grandes, y en algunos casos, pueden ser necesarias hasta dos escaleras para asegurar una medición más exacta. Si el POM no puede ser alcanzado, entonces el diámetro debe ser medido por un escalador con una cinta métrica o, de ser imposible, entonces como última opción, por un escalador usando una cámara digital. No se recomiendan mediciones con relascopio.

*Para mediciones con cámara digital:*

Cuando el POM no puede ser alcanzado mediante una escalera o por un escalador, la cámara digital proporciona un método razonable de medida de los diámetros de árboles grandes. La foto del tallo del árbol en el POM se toma junto con una regla horizontalmente alineada o una cinta. De cada foto, el diámetro y la escala pueden ser medidos en píxeles y el número de píxeles calculado por centímetro usando un programa de edición de fotografía. Este método funciona mejor si se dispone de un ordenador portátil cada tarde para descargar los datos digitales y calcular el diámetro. De este modo, se puede regresar al día siguiente en caso de que haya incertidumbres.

Registrar:

- altura del POM
- altura de la cámara
- orientación con brújula de la cámara hacia el árbol
- distancia horizontal de la cámara al centro del árbol
- longitud de la escala de referencia
- número de la foto
- diámetro estimado, como un chequeo

El error se minimiza: 1) fotografiando una regla o cinta tan larga como el diámetro del árbol. Una cinta vieja puede cortarse y adjuntarse a una hoja de palmera o a una rama bien recta o extendida entre dos polos; 2) manteniendo el ángulo de la cámara al

POM lo más plano posible. Para lograrlo, las fotos deberían ser tomadas desde una distancia desde el árbol tan grande como sea posible (mínimo 5cm, recomendado 10+m). El máximo zoom posible debería ser usado para asegurar que la escala de referencia puede ser leída. Usar un ISO alto (ej.  $\geq 800$ ) permite que las fotos sean tomadas sin trípode; 3) las mediciones con cámara digital deberían ser realizadas en el mismo POM de un mínimo de dos puntos perpendiculares diferentes debido a tallos asimétricos, y pintados en el punto o cara donde la foto fue tomada.

Se puede aplicar pintura adjuntando una brocha horizontalmente a un palo largo.

Se debería aplicar una corrección para este método óptico puesto que infra estima fraccionalmente el diámetro (ver más abajo Correcciones para Ópticos).

## L. Medición de las lianas

Las lianas presentan retos en su medición para estudios a largo plazo de parcelas. Nosotros hemos desarrollado un rango de protocolos para maximizar la comparabilidad a largo plazo entre sitios y a través del tiempo en sitios individuales.

Seleccionar el punto óptimo de medición (POM) para las lianas es particularmente difícil, y no ha sido bien estandarizado dificultando las comparaciones entre los diferentes grupos de investigación. **Nuestro protocolo requiere que cada tallo de liana sea medido en 3 puntos diferentes, para maximizar la comparabilidad en el sitio para análisis que dependen del tiempo (crecimiento, reclutamiento y mortalidad) en todo el grupo de datos de RAINFOR, y con otros estudios en todo el mundo.**

Nosotros incluimos lianas o hemiepífitas (estranguladoras) que alcanzan 10cm de diámetro en algún punto a lo largo de los troncos entre 0 y 2.5m sobre el suelo. 0 (cero) es definido como el último punto de la raíz. Para lianas y hemiepífitas, registrar las medidas del diámetro en TRES puntos:

- (1) a 1.30m a lo largo del tallo desde el punto de raíz principal (=“d1.3largo”)
- (2) a 1.30m verticalmente sobre el suelo (en algunos casos: 30cm por debajo del clavo en parcelas donde las plantas fueron plaqueadas a 1.6m), (= “d1.3altura”)
- (3) y también en el punto más ancho o grueso del tallo dentro de los 2.5m, sobre el suelo (=“dmax”); incluyendo cualquier deformidad.

Por favor chequear cuidadosamente el punto de diámetro máximo – en las lianas muchas veces está cerca del suelo o en un nudo de las ramas donde un desarrollo

anómalo puede ser mayoritariamente marcado. Describir con precisión en las notas el punto de medición del diámetro máximo en notas (por ejemplo: 'del suelo', '10cm por encima de la placa', etc.).

Pintar todos los POM con cuidado con pintura emulsión color rojo como en los árboles. Las placas deben estar a un punto de medida 30cm por encima del POM (130cm verticalmente sobre el suelo)

Algunas lianas son 'cableadas' (por ejemplo: algunas Malpigiaceae) con cables que progresivamente se separan mientras la liana va creciendo y cada cable se espesa; en estos casos es difícil medir las lianas de un modo que permita una estimación a largo plazo de los incrementos de crecimiento radial. Para estas lianas, el diámetro es estimado ajustando la cinta diamétrica alrededor de todos los cables adyacentes con origen en la misma base de la raíz. Otras lianas son claramente elípticas en sección-transversal (alcanzando extremos en algunas "escalera de mono" *Bauhinia* spp); estos tallos deberían ser medidos de dos maneras: convencionalmente (por ejemplo: enrollar la cinta alrededor de todo el tallo) y midiendo doblemente la distancia lineal de cada una de las dimensiones máxima y mínima y tomando la media geométrica. Siguiendo estos convencionalismos, cada liana que llega a medir  $\geq 10.0$ cm  $d_{max}$  debería ser plaqueada y medida.

Se pueden presentar más dificultades al decidir donde una liana termina y otra comienza. De esta manera, las lianas algunas veces están conectadas a otra por debajo del suelo, pero esto puede ser muy difícil de establecer. Por lo tanto para facilitar el procedimiento aplicamos el criterio de que cualquier tallo trepador que entre totalmente en el suelo, se cuenta como una planta independiente (= an "apparent genet"). Si existe inseguridad; plaquear el tronco y hacer un comentario que puede ser el mismo tronco a otro ya plaqueado. Algunas lianas tienen ramas encima del suelo; en estos casos cada rama dentro de los 2.50m de distancia vertical desde el suelo y que llegue a medir  $\geq 10$ cm de diámetro máximo  $d_{max}$  es medida (como con todos los árboles que se ramifican a  $\leq 1.30$ m). En la práctica, es extremadamente raro que la ramificación de una liana tenga dos o más ramas  $\geq 10$ cm de diámetro (en promedio en la Amazonía esto ocurre con una frecuencia de  $< 0.1$  por ha).

Para cada tronco de la liana (o rama que trepa si hay más de una), anotar el número de árbol en el que trepa y registrar el número del árbol cuya copa está más afectada por la liana. El propósito de ello es generar estimaciones simples y comparables de interacciones liana/árbol (por ejemplo: estimar hasta que punto la infestación por lianas puede aumentar la probabilidad de muerte del árbol). Si el árbol

huésped esta fuera de la parcela este no debe de tener un número: en estos casos el diámetro de el árbol debe de ser medido directamente (cinta diamétrica) o visualmente (método de la cámara digital).

## **M. Registro de datos**

En resumen, los siguientes detalles deben de ser registrados:

### *Árboles:*

- Número de la subparcela
- Coordenadas X e Y estimadas desde la parte izquierda inferior de la parcela
- Diámetro a altura de referencia (DRH), generalmente 1.3 m
- POM, si es diferente a 1.3m
- Escalera, o cámara digital utilizados.
- Forma del tronco (ver apéndice 1 para códigos)

Múltiples medidas de árboles con contrafuertes deben ser colocados en la misma línea de la ficha de datos, para facilitar la conversión de los valores de Área Basal AB y los registros de la tasa de mortalidad de troncos individuales etc. Mediciones de árboles con troncos múltiples van en líneas separadas. Mediciones de cámara digital van en hojas separadas, codificadas en hojas de campo originales.

### *Lianas:*

- Diámetro en 1.3m a lo largo del tallo
- Diámetro en 1.3m de altura vertical
- Diámetro máximo por debajo de 2.5m
- Árbol(es) con la liana en el dosel
- Árbol más abundantemente afectado por la liana en el dosel

### Sub-parcela

- Diseño de mapa de localización de los árboles
- Pendientes de los límites de las subparcelas
- Textura del suelo y drenaje

### Parcela

- Latitud / Longitud
- Elevación (Altitud)
- Orientación de los límites de la parcela
- Marcas locales para auxiliar la reubicación de la parcela
- Profundidad de enraizamiento: para los árboles caídos – evaluar la profundidad

de la trama de la raíz, la profundidad de la raíz más profunda; registrar si tiene raíz principal, y el diámetro de la raíz principal. Registrar la especie y el DHR del árbol caído, y su posición topográfica.

## **N. Altura del tronco principal y altura total del árbol**

Además, las alturas de los árboles deben ser medidas para establecer en la parcela el grado de relación diámetro/altura para aproximar modelos de volumen árbol x árbol para cada parcela, y probar si la forma del árbol difiere de lo establecido en diferentes condiciones ambientales. El objetivo es caracterizar la curva 'ideal' altura/diámetro determinada por condiciones climáticas y edáficas; y que no sea alterada por la influencia de los árboles dañados. Se utilizan tres métodos principales para medir la altura del árbol: hipsómetro mecánico, hipsómetro eléctrico y láser. Un sistema ultrasónico de medición de distancia con un hipsómetro electrónico (ej. Haglöf Vertex) aumenta el número de árboles que pueden medirse en un día. El laser puede dispararse verticalmente dentro de la copa desde varios puntos directamente debajo de la copa del árbol y registrar la altura como la altura del observador más la distancia del retorno más lejano del laser. Una ventaja del telémetro láser es que es imposible sobreestimar la altura de las copas altas independientes y las mediciones se hacen más rápido que con un hipsómetro tradicional.

Excluyendo árboles codificados como inclinados, podridos, rotos, bifurcados por debajo de los 5m, caídos o rebrotes, seleccionar aleatoriamente de las hojas de campo de la parcela:

- 10 individuos, 10-20 cm DHR
- 10 individuos, 20-30 cm DHR
- 10 individuos, 30-50 cm DHR
- 10 individuos mayores de 50 cm DHR.

Para ambos, hipsómetro mecánico e hipsómetro electrónico, desde un punto de vista adecuado, (ángulos de aproximadamente 45° a la primera rama son ideales para minimizar el error y alguna imprecisión en la medición del ángulo):

- El ángulo a la base de la primera rama principal (a). La rama principal esta definida como la de diámetro mayor a 5 cm., con hojas.
- La distancia horizontal desde este punto al centro del árbol (x)
- El ángulo a la base del tronco (b).

$$\text{Altura del tronco} = x (\tan(a) + \tan(b)).$$

Para la medición de la altura total del árbol, '(a)' debe de ser sustituida por el ángulo a lo más alto de la copa.

Si en el campo, se establece que un árbol es inadecuado (imposible conseguir un punto de observación, por ejemplo), entonces el tronco más próximo en la clase de tamaño corregido debe de ser usado.

#### **O. Mediciones de la densidad de la madera**

Una rápida aproximación para estimar el nivel establecido de la densidad de la madera también ha sido desarrollada. Esta variable es necesaria para lograr una mayor exactitud en mediciones de biomasa, más que aquellos basados solamente en el área basal de una parcela, y puede también ser usado como una medida funcional de la composición de las especies en el bosque. Mediciones de la densidad de la madera en el campo provee información sobre (usualmente no-maderables) especies que no han sido previamente estudiados.

De las ramas cortadas de la copa para la colección botánica o para el análisis de nutrientes de las hojas coleccionar muestras de 10 cm de longitud de al menos 1.5 cm de diámetro y almacenar las muestras en bolsas de plástico. Por la tarde medir el diámetro máximo y mínimo de cada final de la muestra medida a 0.1mm usando calibradores. Cuando las mediciones no sean posibles directamente después del muestreo, el volumen "fresco" se mide siguiendo una rehidratación de las muestras en agua durante toda la noche. Secar estas muestras al aire en el campo (si las mantenemos en bolsa de plástico crecerán hongos). Secar estas muestras al aire en el campo (hongos pueden crecer si estos son mantenidos en bolsas plásticas). Secar las muestras durante toda la noche en un secador de herbario. La densidad es calculada como el peso seco sobre el volumen fresco. Registrar la masa de la muestra a 0.01 g.

#### **P. Colección botánica**

Para las nuevas parcelas, todos los individuos que no pueden ser identificados con especies en el campo con un 100% de confianza necesitan ser colectadas. Las muestras necesitan ser prensadas y transportadas a herbarios reconocidos. Las morfoespecies duplicadas deberían de ser identificadas en el campo para evitar que se hagan recolecciones innecesarias. La colección botánica, la identificación y la

conservación de especímenes son procesos especializados y que consumen tiempo. Para permitir comparaciones entre-sitios y en-sitios longitudinales de patrones florísticos y cambios se requiere planificación, inversión e involucrar a botánicos a largo plazo. Aquí simplemente apuntamos estos aspectos pero no intentamos tratarlos en detalle. Los desarrollos en herbarios digitales (por ejemplo: Atrium: <http://atrium.andesamazon.org/index.php>) y la codificación de barras del AND (por ejemplo: Bridge: <http://ecofog.cirad.fr/Bridge/>) están ayudando a mejorar la precisión en la consistencia de la aplicación de los conceptos de especies, pero las cuidadas colecciones botánicas permanecerán como un atributo esencial para el monitoreo de la biodiversidad a largo plazo.

#### **Q. Sugerencia de tiempo y personal para una nueva parcela de 1-ha**

Localización y colocación de cuerdas en la parcela: 3-4 personas, 2 días

Plaqueo de árboles, medición y pintado : 4 personas, 3 días

Medición de árboles grandes y altura de los árboles: 2 personas, 1 ½ días

Topografía: 2 personas, ½ día

Colección botánica: 2-3 personas, 10 días [asumiendo un conocimiento previo moderado y alfa-diversidad amazónica media, 150-200 especies por ha]

Total ~48 personas-día

Puede que sea necesario asignar algún tiempo adicional para retrasos significativos por lluvias, pausas para el descanso del equipo de trabajo de campo y recreo o circunstancias imprevistas. Los tiempos de recolección botánica son muy variables, siendo sensible a las dificultades (número de especies), estado del tiempo, las condiciones físicas y conocimientos técnicos del equipo.

## ***Remediación de la parcela***

### **A. Poner las cuerdas**

Para la reubicación de parcelas previamente establecidas, colocar cuerdas a lo largo de los bordes externos de la parcela, usando la orientación y la localización de los árboles plaqueados previamente para ayudar a definir los bordes de la parcela, y donde se pueda ubicar alguna estaca de limitación. Esto es bastante sencillo donde el sotobosque es claro y la mayoría de los árboles mantienen sus placas, pero lleva tiempo allí donde haya árboles que hayan perdido las placas y/o los bordes de las parcelas estén cruzados por árboles caídos. Usar previamente un mapa a mano de los árboles, si esto está disponible, puede ayudarnos. La orientación de los límites de la parcela registrada por la brújula, obviamente puede ser una ayuda también pero cuidado: pequeñas desviaciones en la orientación pueden resultar en una incorrecta inclusión o exclusión de un gran número de árboles que crecen cerca de los bordes de la parcela. Si sigue las orientaciones, siempre chequeando que las cuerdas no excluyan ningún árbol previamente plaqueado o incluyendo árboles grandes que obviamente nunca han sido plaqueados. Colocar las cuerdas a lo largo de las subparcelas para seguir la secuencia de números antiguos.

### **B. Medición de árboles y lianas**

Una persona toma las notas usando papel preimpreso a prueba de agua con la información de los árboles de la parcela. La persona que toma las notas debe de usar algún mapa de posición del árbol, si está disponible. Los mapas hechos a mano no son precisos pero pueden orientar para saber la ubicación de los árboles y sobre todo donde se los puede encontrar si el equipo de medición no lo puede localizar.

Los mismos protocolos de medición deben de ser usados como arriba. Cuando los árboles son remedidos, si el tope de los contrafuertes ha crecido dentro de los 30 cm de la marca POM, además de la medición en el POM original, medir el diámetro 50 cm por encima del primer POM y pintar el nuevo POM, no el antiguo. Descartar los POMs bajos con los contrafuertes extendidos sobre ellos con el tiempo. Este procedimiento asegura que sea siempre coherente, en mediciones de crecimiento de diámetro sin contrafuertes.

### C. Tratamiento de árboles con contrafuertes

Donde las parcelas han sido establecidas usando diferentes protocolos, éstos pueden tener problemas con las mediciones de árboles con contrafuertes. Nosotros hemos desarrollado varias aproximaciones para obtener un estimado sobre los contrafuertes, sin sesgo, de área basal de la parcela y crecimiento. El estimado usado depende de si la medición previa fue 'buena' o 'mala' en el crecimiento subsecuente de los contrafuertes.

#### Guía de campo de cambio POM

Tipo de cambio de POM	Medición previa	Medición actual	Protocolo de Campo	D1	D2	Comentarios en hoja de campo
<u>Cambio de POM sin aletas:</u>	'Buena': sobre aleta & POM registrado	Afectada por forma de tallo irregular, daños en el tronco, etc.	<u>2 mediciones:</u> i) en el POM original (D2 escrito en comentarios); ii) sobre deformidad (D1); pintar nuevo POM	D@ POM sobre daño/deformidad	D@ original POM	escribir "previamente D@POM ( <u>tallo irregular</u> , tallo dañado, etc.)"
<u>Cambio de POM anticipado:</u>	'Buena': sobre aleta & POM registrado	Medición actual 'Buena' pero cercana a la aleta (<50cm)	<u>2 mediciones:</u> i) en el POM original (D1); ii) sobre aletas en el Nuevo POM (escribir en <u>comentarios</u> como futura medición); pintar <u>futuro</u> POM	D@ POM original	=D1	escribir "Futuro POM: D@POM (actual POM OK)"
<u>Cambio de POM estándar:</u>	'Buena': sobre aleta & POM registrado	POM ligeramente afectado por pequeñas aletas	<u>2 mediciones:</u> i) en el POM original (D2 escrito en comentarios); ii) sobre aletas (D1); pintar nuevo POM	D@ POM sobre aletas	D@ original POM	escribir "previamente D@POM (aleta <u>pequeña</u> , <u>intermedia</u> o grande)"
<u>Cambio de POM pobre:</u>	'Pobre': alrededor de aletas, o diámetro estimado en POM conocido	POM muy afectado por grandes aletas	<u>2 mediciones:</u> i) en el POM original (D2 escrito en comentarios); ii) sobre aletas (D1); pintar nuevo POM	D@ POM sobre aletas	D@ original POM	escribir "previamente D@POM (aleta <u>pequeña</u> , <u>intermedia</u> o grande)"
<u>Cambio de POM desconocido:</u>	POM no registrado o diámetro estimado	'Buena': sobre aleta & POM registrado	<u>1 medición:</u> sobre aletas; pintar nuevo POM	D@ POM sobre aletas	=D1	escribir "previamente POM desconocido" y/o "D previamente estimado"

Nota: Sistema de anotación de hoja de campo:

(O) Mediciones circulares para revisión

(v/OK) Señalar/OK para indicar mediciones previas o actuales OK

(X) Tachar las mediciones para indicar medición previa no fiable

(?) Medición previa cuestionable

Actualmente se están desarrollando más sugerencias y análisis sobre cómo tratar la dificultad de derivar estimaciones precisas de crecimiento a largo plazo para árboles cuyo POM está cambiado (López-González et al., en preparación).

#### **D. Mortalidad y reclutamiento**

Para los árboles muertos, la forma de registrar el modo de mortalidad debe ser: caídos, rotos, que permanecen en pie (por ejemplo: con ramas intactas).

Existen códigos especiales de RAINFOR para registrar el estatus de los árboles (vivo o muerto). Ver Apéndice 1.

Quando se hace el censo, dos personas deben remedir los árboles y llevar tiza amarilla o blanca, clavos, un martillo, y reclutar con placas nuevas los que sean encontrados. Dar a éstos el número de la placa más próxima y agregarle A, B, etc., para mantener el patrón espacial. Marcar a los nuevos árboles no identificados (reclutas) claramente con una cinta naranja o rosada brillante para su posterior colección.

#### **E. Tratamiento con errores**

*Tener en cuenta las medidas mientras las registra:* Las hojas de datos de la parcela proporcionan mucha información acerca de árboles individuales, por ejemplo: tamaño, taxón, y previos 'traumas' (por ejemplo: 'vivo, roto'), los cuales pueden explicar desde cuando desaparecieron. La historia de la progresión de las mediciones brinda al que anoto los datos un mayor entendimiento que puede ser útil (por ejemplo: ayuda a identificarlos inmediatamente si las nuevas medidas pueden ser erradas – puede inusualmente los cambios positivos o negativos en el diámetro ser explicados por cambios recientes en el entorno o condición de los árboles?). En el campo, si la medida muestra un incremento encima de la tendencia a largo plazo, o decrece, el que toma los datos debe instar al que mide a remedir inmediatamente para chequear. La persona que toma notas debe chequear cuidadosamente que no se haya dejado ningún árbol, particularmente árboles caídos. Cuando se realiza el censo tratar de seguir la secuencia espacial de los números viejos si es posible: Esto hace más fácil el trabajo con los números viejos de árboles que han perdido sus placas.

## F. Sugerencias de tiempo y personal requerido

Localización y delimitación con cuerda de la parcela: 3 personas, 0.5 día

Plaqueado, medición y pintado de árboles: 4 personas, 2 días

Árboles grandes: 2 personas, 1 día

Colección botánica de nuevos reclutamientos: 1-2 personas, 1 día (menos en árboles de baja densidad).

Total ~13 persona- día

## G. Procesamiento de datos

Incluso con un cuidadoso procedimiento en el campo, pueden surgir problemas durante el procesamiento de los datos.

### *Reclutas 'improbables'*

Ocasionalmente, árboles relativamente grandes de especies de lento crecimiento pueden 'aparecer' en la parcela. Nosotros asumimos que estos árboles no fueron registrados en el censo previo y calculamos su DHR previo usando la mediana de crecimiento del tamaño de clase (10-20, 20-40 y 40+ cm).

### *Datos inexistentes*

Usar interpolación lineal para estimar los diámetros de los árboles que no han sido registrados durante los censos intermedios.

### *Crecimiento anormal*

Corregir los tipos obvios en datos de censos previos en campo. Frecuentemente, mediciones incorrectas se pueden observar cuando la parcela ha sido censada muchas veces, ya que las mediciones raras no tienen una secuencia estable. En estos casos usamos valores interpolados.

En todos los casos, se debe mantener un registro de las mediciones originales, el error presumible, y la corrección aplicada. La base de datos Forest Plots incluye facilidades para el registro de todas estas manipulaciones de datos (ver el manual de la base de datos).

### Organización de datos de parcela, un archivo Excel por parcela

**Hojas de Trabajo:** 3 hojas de trabajo por archivo, dando detalles de árbol, liana y sitio.

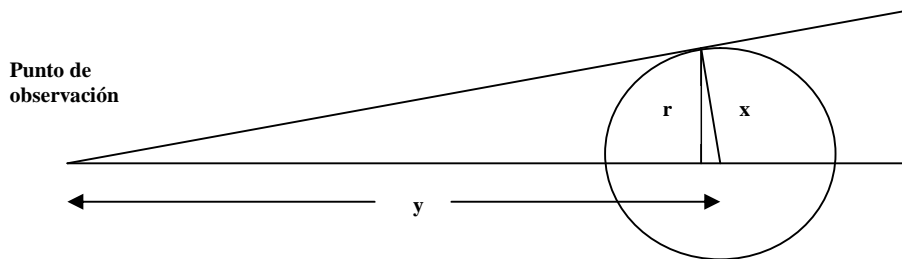
**Columnas** Las hojas para árboles y lianas contienen información sobre la parcela y el número de tallos, taxonomía, todas las mediciones de diámetro y el

punto de medida (POM). Donde se hayan hecho dos mediciones de diámetro en un tallo simple, debido al crecimiento de contrafuertes sobre el POM original, este dato se incluye en una columna separada (dbh 02 (2) y POM (2) ). La columna notas de campo incluye observaciones útiles en el campo (inclinación, forma alargada, etc.); la columna notas de datos incluye detalles de cualquier manipulación de los datos para ese tallo (datos que faltan interpolados, etc.)

**Filas** Una fila por tallo. Cada tallo de individuos con múltiples tallos ocupa una fila.

#### H. Corrección para mediciones ópticas con cámara digital del diámetro del árbol

Las mediciones ópticas del diámetro del árbol subestiman el diámetro verdadero:



donde  $x$  = radio verdadero,  $r$  = radio medido,  $y$  = distancia del punto de observación al punto de medición del árbol (=  $a / \cos\alpha$ , donde  $a$  es la distancia horizontal al centro del árbol, y  $\alpha$  = ángulo de elevación del punto de observación, al punto de medición en el árbol). Asumiendo que la sección transversal del tronco es circular a lo largo de la línea de mira, el verdadero radio está dado por:

$$x = (0.5 * (y^2 - (y^4 - 4r^2y^2)^{1/2}))^{1/2}$$

Típicamente, el error es aproximadamente 0.5% en la medida del diámetro. Este aumenta con el tamaño del árbol y disminuye con distancias mayores entre el árbol y el punto de observación.

## Referencias

Clark, D.B. and Clark, D.A., 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management* 137, 185-198.

Condit, R., 1998. *Tropical forest census plots*. Springer Verlag, Berlin.

Dallmeier, F., 1992. *Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas*. UNESCO, Paris.

López-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Baker T.R., Graham, A.W., Hilbert D.W., Monteagudo Mendoza, A., Peacock, J., Swaine, M.D., Vásquez Martínez, R., and Phillips, O.L. Trees with point of measurement changes: implications and practical methods for reducing bias when calculating growth, basal area, and biomass from long-term forest plot data. In preparation 2008.

Malhi, Y., Phillips, O.L., Baker, T., Almeida, S., Fredericksen, T., Grace, J., Higuchi, N., Killeen, T., Laurance, W.L., Leão, C., Lloyd, J., Meir, P., Monteagudo, A., Neill, D., Núñez Vargas, P., Panfil, S., Pitman, N., Rudas LI, A., Salamão, R., Saleska, S., Silva, N., Silveira, M., Sombroek, W.G., Valencia, R., Vásquez Martínez, R., Vieira, I. and Vinceti, B., 2001. An international network to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR).(2002, in press) *Journal of Vegetation Science*.

Swaine, M.D., Hall, J.B. and Alexander, I.J., 1987. Tree population dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). *Journal of Tropical Ecology* 3, 33 1-345.

Veillon, J.P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relacion con los parametros del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana* 29, 5-121.

## **APÉNDICE 1: Códigos RAINFOR de árboles para el trabajo de campo y para la base de datos**

### **FLAG 1: ESTADO DEL ÁRBOL VIVO (Árboles muertos = 0)**

a = vivo normal

b = vivo, tallo partido y con rebrotes, o por lo menos hay floema/xilema. Anote a que altura esta partido.

c = vivo, inclinado  $\geq 10\%$

d = vivo, caído (por ejemplo: en el piso)

e = vivo, árbol "acanalado" o fenestrado

f = vivo, hueco

g = vivo, podrido

h = tallos múltiples (cada tallo con más de 99 mm de diámetro recibe un número único)

– siempre se puede usar con otro código – por ejemplo: si un árbol es normal y con tallos múltiples, usar 'ah', etc.

i = vivo, sin hojas / pocas hojas

j = vivo, quemado

k = vivo, partido  $< 1.3$  m

l = vivo, tiene liana  $\geq 10$ cm diámetro en el tallo o en la copa del árbol

m = vivo, cubierto por lianas (nota: solo cuando la copa del árbol está cubierta por lianas por lo menos en un 50%, aun cuando ninguna liana individual alcance 10cm diámetro)

n = nuevo (recluta) siempre usar con otro código – por ejemplo: si un árbol es normal y nuevo el código = 'an', si el árbol está partido y es nuevo el código es 'bn', etc.

o = vivo, dañado por rayo

p = vivo, cortado por el hombre

q = vivo, la corteza se desprende en placas (nuevo código)

s = vivo, tiene un estrangulador

t = vivo y es un estrangulador

z = vivo, con baja productividad (casi muerto, enfermo, etc.)

Ojo! Se pueden usar los códigos en cualquier combinación necesaria. Por ejemplo: un árbol con tallos múltiples, inclinado y quebrado, tendría los códigos "bch"

Desarrollado en 2005-2007 por participantes en RAINFOR  
(Oliver Phillips, Tim Baker, Kuo-Jung Chao, Eliana Jiménez, Simon Lewis, Jon Lloyd, Julie Peacock, Gabriela Lopez-Gonzalez, Ted Feldpausch).

Preguntas?: [o.phillips@leeds.ac.uk](mailto:o.phillips@leeds.ac.uk)

## FLAG 2: MUERTE DEL ÁRBOL (Árboles vivos = 1)

### Muerte del árbol (Muerto)

#### 1) Mecanismo que ocasionó la muerte del árbol (Cómo murió el árbol?)

a = parado, muerto en pie

b = quebrado (tronco partido)

c = caído desde la raíz (desenraizado)

d = parado o quebrado, muerto probablemente en pie (no caído desde la raíz, no desenraizado)

e = parado o quebrado, muerto probablemente quebrado (no caído desde la raíz)

f = parado o quebrado (no caído desde la raíz)

g = quebrado o caído desde la raíz, probablemente caído desde la raíz (desenraizado)

h = quebrado o caído desde la raíz, probablemente quebrado

i = quebrado o caído desde la raíz (no en pie)

j = antropogénico

k = desaparecido (lugar encontrado, buscamos el árbol pero no lo encontramos)

l = asumido como muerto (lugar del árbol no encontrado, por problemas como falta de coordenadas)

n = quemado

o = rayo

#### 2) Número de árboles muertos

p = murió solo (por ejemplo: no murió con otro árbol; pudo haber muerto con una liana o estrangulador) - ir a la sección 3

q = murió en un evento de muertes múltiples – ir a la sección 3

r = murió solo o murió en un evento de muerte múltiple (no se sabe)

#### 3) Mato o fue matado

s = no se sabe si fue matado o si mató a otros

t = matador

u = matado, no se sabe más

v = matado por otro árbol que murió quebrado

w = matado por otro árbol que murió caído desde la raíz

x = matado por ramas caídas de un árbol que murió en pie

y = matado por ramas caídas desde un árbol vivo

z = matado por estrangulador

2 = matado por liana

3 = matado por el peso de un(a) estrangulador/liana [árbol murió partido o caído], usar en combinación con z y/o 2

4 = árbol muerto en competencia con estrangulador/liana [árbol murió en pie], usar en combinación con z y/o 2

Ojo!, se pueden usar los códigos en cualquier combinación necesaria! (por ejemplo: *fr* = parado o quebrado y murió solo o murió en un evento de muerte múltiple (no se sabe), *tb* = matador, quebrado (tronco partido))

--En el caso de muertes múltiples se debe registrar el número de árboles que murieron. En la base de datos esta información se registra en la sección de "comentarios".

--Cuando un árbol muere partido, anotar la altura donde se quebró.

--Si un árbol (árbol A) es matado por otro árbol (árbol B), el cual a su vez fue matado por estrangulador/liana es necesario indicar la causa fundamental de la muerte del árbol A. Por ejemplo *qv*(2) indica que el árbol A murió en un evento de muertes múltiples, y fue matado por otro árbol que murió quebrado. El árbol que murió quebrado fue matado por una liana.

--Nota: la causa fundamental de la muerte se escribe en paréntesis. En el ejemplo anterior (2)=matado por liana.

#### Técnica de medida

0 = normal; cinta diamétrica

1 = relascopio

2 = cámara digital

3 = estimado con el ojo

4 = escalera, con cinta diamétrica

5 = desconocido

**Comentarios:** Algo más! Si un árbol está fuera de la parcela, agregar comentarios y dejar en blanco el dato del censo.

**APENDICE 2: KEY to the mode of tree death (Kuo-Jung Chao)**

- 1A. Standing with fine dead branches (< 10 cm), and no resprouts in the main trunk ..... *died standing* (code: a)
- 1B. Standing stump without fine dead branches and with main trunk on the ground ..... 2
  - 2a. Stump with dead resprout(s) < 5 cm ..... *died broken*  
(code: b, also note broken height by m)
  - 2b. Stump without resprouts or with dead resprout(s) > 5 cm ..... 3
    - 3a. Trunks scattered around with no specific coherent direction ..... *died standing*  
(then broken afterward) (code: a)
    - 3b. Only with one main trunk on the ground, or a few but with one coherent direction ..... 4
      - 4a. Vegetation damage noticeable and the fallen trunk with intact dead fine / crown branches (< 10 cm, not resprouts), the trunk on the ground is still hard, and/or the standing stump with jagged end ..... *died broken*  
(code: b, also note broken height by m)
      - 4b. Vegetation damage not noticeable and the fallen trunk without fine / crown branches, the fallen trunk with fungi perpendicular to the ground, and/or the end of the stump is somewhat smooth/ soft ..... *died standing*  
(then broken afterward) (code: a)
- 1C. Fallen trunk on the ground without obvious stump ..... 2
  - 2a Root bole partially or wholly raised ('tip-up') and with some soil exposed ..... *died uprooted* (code c)
  - 2a Root bole not raised ..... 3
    - 3a Vegetation damage noticeable, with fine branches, and/or with resprout(s) ..... *broken at 0 m* (code b, note broken height at 0 m)
    - 3b Vegetation damage not noticeable, roots in advanced decomposition stage, and/or with fungi perpendicular to the ground ..... *died standing, roots decomposed, and then fallen* (e.g., palm trees) (code: a)

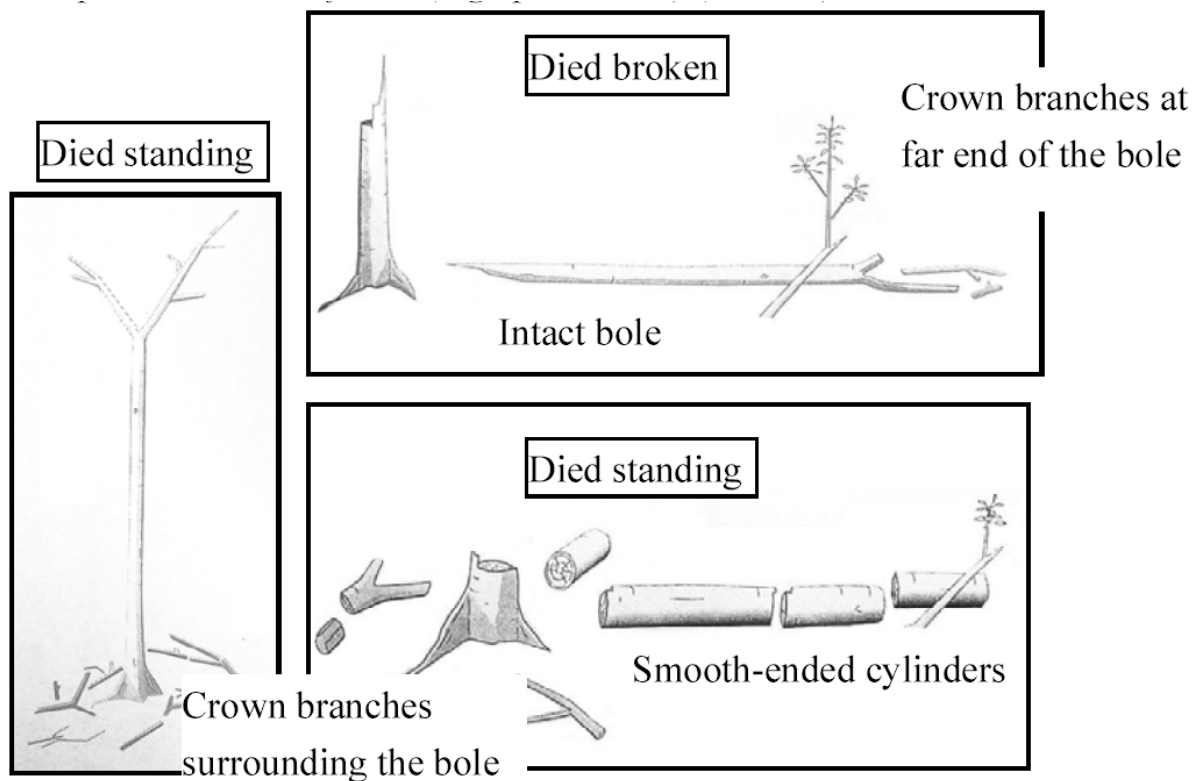


Figure from Gale (1997)