

ANEXO DEL LIBRO DE RECETAS

Manual de Investigación Volumen 2

Método de Muestreo Destructivo para Estimar la Biomasa

YUKAKO MONDA y YOSHIYUKI KIYONO



Prefacio

El concepto básico de REDD-plus es proporcionar incentivos económicos, tales como financiación y créditos a los países en desarrollo para las actividades de REDD (reducción de emisiones de CO₂ por deforestación y degradación de los bosques) y para las actividades "plus" (reducción de las emisiones de CO₂ y niveles de CO₂ en la atmósfera mediante el secuestro de carbono). Por lo tanto, la monitorización utilizando un enfoque científico es esencial para estimar los cambios en la cantidad de carbono almacenado en los bosques.

El Centro de Investigación y Desarrollo REDD, Instituto de Investigación Forestal y de Productos Forestales, compiló el "Libro de Recetas REDD-plus" en 2012, un manual técnico fácil de entender que provee los conocimientos básicos y las técnicas requeridas para REDD-plus, centrándose primariamente en métodos de monitorización del carbono forestal. Los conocimientos y las técnicas requeridas para REDD-plus vienen recogidas en unidades denominadas "Recetas" en este manual Libro de Recetas REDD-plus. Este "Libro de Recetas REDD-plus" está dirigido a los planificadores y administradores de políticas que trabajan en la introducción de REDD-plus y a los profesionales y expertos que trabajan en las actividades de REDD-plus.

Por otra parte, como el Libro de Recetas REDD-plus explica concentradamente los conocimientos básicos y las técnicas requeridas, es posible que los expertos que trabajan en las actividades de REDD necesiten más información detallada para realizar sus actividades de campo. Por esta razón, se elaboró el "Anexo del Libro de Recetas REDD-plus", para proporcionar a los expertos información más detallada sobre cada "Receta" y que estos puedan realizar sus investigaciones de campo. En este manual se explican los métodos de medición específicos. Además, este manual puede ser utilizado como libro de texto para mejorar las capacidades profesionales. Con el fin de tener una mejor comprensión tecnológica sobre estos temas, se recomienda leer este manual junto con el Libro de Recetas REDD-plus.

El Centro de Investigación y Desarrollo REDD espera que este manual contribuya a la promoción de REDD-plus en diversas partes del mundo.

1 de enero de 2016

Centro de Investigación y Desarrollo REDD
Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales

Índice de contenidos

1 Resumen	1
1.1 Objetivo del Anexo del Libro de Recetas REDD-plus	1
1.2 Cómo usar este manual	1
1.3 Contenidos relacionados cubiertos por el Libro de Recetas REDD-plus	2
2 ¿Qué es un estudio de muestreo destructivo?	3
2.1 ¿Para qué se realizan los estudios de muestreo destructivo?	3
2.2 Procedimiento del estudio	3
2.2.1 Personal y herramientas	3
2.2.2 Procedimiento del estudio	9
2.3 Ejemplo de cálculo de datos	20
3 Documentos adjuntos	22
3.1 Lista de comprobación	22
3.2 Esquema de flujo	23
3.3 Ejemplo de anotaciones en el cuaderno de campo	26



1 Resumen

1.1 Objetivo del Anexo del Libro de Recetas REDD-plus

El Libro de Recetas REDD-plus, publicado en 2012 por el Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales, es un manual técnico fácil de entender que proporciona conocimientos básicos y técnicas requeridas para REDD-plus, centrándose principalmente en los métodos de monitorización del carbono forestal. Este manual se centra particularmente en el método de muestreo destructivo necesario para desarrollar ecuaciones con el fin de estimar la biomasa forestal (peso seco de los árboles), métodos que se explican en la estimación de las reservas de carbono forestal en el Libro de Recetas REDD-plus de manera más superficial. Especialmente, en cuando a las estimaciones de la biomasa subterránea (raíces), todavía no hay muchos ejemplos y en este manual se utilizan métodos e ideas para que esta se pueda estimar de forma fácil y práctica, de modo que la exactitud no se vea comprometida mediante la utilización de maquinaria pesada. Por estas razones, nos complace poderles servir de ayuda en la tarea de sus estudios e investigaciones.

Este manual está dirigido a expertos que realmente recogen datos sobre las reservas de carbono forestal in situ. Esperamos que este manual también sea útil para estudiantes que estudian silvicultura y ecología forestal, para ONGs interesadas en REDD-plus y para personas involucradas en este campo.

1.2 Cómo usar este manual

Los estudios de muestreo destructivo se realizan utilizando maquinaria pesada y motosierras; por esta razón, es necesario comprender suficientemente la peligrosidad involucrada en las labores al realizar y planificar el estudio. De acuerdo con esto, es aconsejable conocer el proceso para realizar el estudio, leyendo este manual, antes de planificar los estudios de muestreo destructivo.

En este manual, el capítulo 2 explica el número de personal y las herramientas necesarias para realizar el estudio de muestreo destructivo, el capítulo 3 explica el procedimiento para realizar el estudio de manera precisa y, finalmente, el capítulo 4 presenta la lista de comprobación y el esquema de flujo que se pueden utilizar en el lugar donde se realizan los estudios.

Por favor, consulte los **CONSEJO**, en donde se recogen algunas indicaciones importantes a tener en cuenta gracias a la experiencia acumulada de estudios de muestreo destructivo realizados hasta ahora.

1.3 Contenidos relacionados cubiertos por el Libro de Recetas REDD-plus

Las recetas relacionadas cubiertas en el Libro de Recetas REDD-plus vienen indicadas mediante corchetes [].

Por favor, consulte el Libro de Recetas REDD-plus.

El Libro de Recetas REDD-plus se puede descargar desde el sitio web mencionado a continuación.

http://redd.ffpri.affrc.go.jp/pub_db/publications/cookbook/index_en.html

2 ¿Qué es un estudio de muestreo destructivo?

2.1 ¿Para qué se realizan los estudios de muestreo destructivo?

Una clave importante para REDD-plus es poder realizar una estimación precisa de las reservas forestales de carbono en el país objetivo. Las reservas de carbono en los árboles representan un gran porcentaje de las reservas de carbono forestal en la mayoría de los casos; por lo tanto, es necesario conocer su monto. Los métodos para determinar la biomasa arbórea son variados [Receta-P10, P11], pero, en la mayoría de los casos, se utilizan ecuaciones de estimación utilizando la alometría [Receta-T14]. Con el fin de desarrollar una mejor ecuación alométrica, los datos de biomasa precisan de un gran número de árboles, incluyendo árboles con un DAP grande que son esenciales. Dado que los datos de la biomasa del bosque en cuestión están disponibles en los datos publicados o en estudios previos, se recomienda utilizarlos activamente. Sin embargo, cuando hay muy pocos datos disponibles o los datos carecen de precisión, se deben recoger datos de biomasa forestal. Para ello, debe realizarse el muestreo destructivo que se describe en este manual.

2.2 Procedimiento del estudio

2.2.1 Personal y herramientas

Aquí explicamos el personal y las herramientas necesarias para realizar el estudio.

1) Número de personal (Tabla 1)

Cuando se lleva a cabo el muestreo destructivo, se debe tener en cuenta el riesgo de accidentes causados por el uso de motosierras o máquinas excavadoras. Por razones de seguridad, es deseable que participe en el proyecto un número más de una persona que tenga una visión general de todo el proceso. Además, para garantizar la seguridad durante el estudio, es importante elaborar un plan con el tiempo suficiente.

Tabla 1: Personal necesario en el muestreo destructivo

Tipo de labor	Número de personas deseable
Personal que entienda el proceso a realizar	2 personas o número superior
Operarios de maquinaria pesada (excavadoras)	1 persona o número superior
Operarios para manipular las motosierras	2 personas o número superior
Personal asistente	5-6 personas

2) Herramientas necesarias para seleccionar los árboles a ser talados

Al llevar a cabo el muestreo destructivo se seleccionan los árboles objetivo del estudio.

Las herramientas que se indican en la Tabla 2 y Fotografía 1 deben prepararse para registrar el tamaño de los árboles del estudio (diámetro, altura de los árboles, etc.) antes de talarse.

Tabla 2: Lista de las herramientas necesarias para seleccionar los árboles a ser talados

Nombre de herramientas	Nº de unidades	Observaciones
Cámaras digitales	1-2 unidades	Para registrar el aspecto de los árboles antes de ser talados
Cuadernos de campo	2 unidades	Uno para realizar el registro de datos y otro de repuesto. Consulte el apéndice.
Portapapeles	2 unidades	Uno para realizar el registro de datos y otro de repuesto.
Artículos para escribir	2 unidades	Uno para realizar el registro de datos y otro de repuesto.
Cintas métricas de acero de 10 m (máximo 10 m, unidad mínima 0,1 cm)	3 unidades	Para medir la CAP y el diámetro de la copa
Herramienta para medir la altura de los árboles (Vertex, etc.)	1 unidad	
Cintas adhesivas	2 unidades	Para marcar los árboles seleccionados

En el campo, primero, se mide la circunferencia a altura del pecho (CAP) usando una cinta métrica de acero y luego se registra en un cuaderno de campo. Después, cuando se ordenan los datos, se convierte el CAP en diámetro a altura del pecho (DAP).



(1) Cuaderno de campo y portapapeles



(2) Cinta métrica de acero (10 m)



(3) Equipo para medir la altura de los árboles (Vertex)



(4) Cintas de marcado

Fotografía 1: Herramientas necesarias para seleccionar los árboles de la tala

CONSEJO

Si se utiliza una cinta métrica que tenga unidades diferentes en ambos lados, como cinta diamétrica, debe tenerse cuidado ya que puede dar lugar a confusión de la circunferencia con el diámetro. No deben mezclar las cintas métricas de acero con las cintas diamétricas, es necesario seleccionar un tipo y utilizar esta en todo momento para evitar los errores en las mediciones.

3) Tala, cava y división del árbol

Las herramientas necesarias para talar la biomasa aérea, excavar la biomasa subterránea y separarlas para poder medir el peso de los árboles de la muestra se indican en la Tabla 3 y Fotografía 2.

Tabla 3: Lista de herramientas necesarias para talar los árboles seleccionados, realizar la excavación y realizar la separación

Nombre de herramientas	Nº de unidades	Observaciones
Excavadora	1 unidad	Para excavar la biomasa subterránea y elaborar un montículo para el muestreo de las raíces
Motosierra	1 unidad	Para tala y corte
Sierras manuales	5 unidades	Corte de los troncos finos y las ramas
Azadas	2-3 unidades	Para excavar las raíces
Cintas métricas de 50 m (Máx. 50 m. unidad mínima 0,1 cm)	3 unidades	Para medir la longitud de los troncos y la posición de corte
Tizas	20 unidades	Marcar (inclusive de repuesto)
Tijeras de podar	3 unidades	Para cortar pequeñas ramas, etc.
Guantes fuertes	Unidades para el personal	Para prevenir lesiones de cuchillas
Botiquín de primeros auxilios		Para tratar pequeñas lesiones que se hayan podido producir



(1) Excavadora



(2) Motosierra



(3) Sierras de mano



(4) Cinta métrica de 50 m



(5) Tizas para marcar



(6) Tijeras de podar

Fotografía 2: Herramientas necesarias para cortar, excavar y clasificar los árboles a ser talados

CONSEJO

Marcar con tiza gruesa que sea difícil de romper. Aunque depende de la corteza, el color rojo es más visible.

4) Medición del peso de las muestras (Tabla 4 y Fotografía 3)

La medición del peso de los árboles de muestra es el trabajo más importante del estudio. En el campo muchas veces no se dispone de electricidad. Debido a esto, se debe preparar herramientas de medición que funcionen con pilas o una balanza de muelle que no necesita de una fuente de electricidad.

Tabla 4 Herramientas necesarias para pesar las muestras

Herramientas	Nº de unidades	Observaciones
Lonas de color azul		
◦Grandes (por ejemplo de 5,4 m x 5,4 m)	1-2 unidades	Para separar las ramas y las hojas. Se pueden utilizar también como ayuda para realizar las mediciones.
◦Pequeñas (por ejemplo de 1,8 m x 1,8 m)	4-5 unidades	
Cuerdas		
◦Eslingas (por ejemplo de una anchura de 25 mm, y una longitud de 1,5 m o 3 m, etc.)	2 unidades	Para atar las muestras cuando se realizan las mediciones.
◦Cuerdas de plástico (gruesas y fuertes de 300 m)	2 rollos	
Bolsas de plástico (gruesas)		Para llevar los submuestreos.
◦Grandes (por ejemplo de 600 x 900 mm)	50 unidades	Se pueden utilizar también como ayuda para realizar las mediciones.
◦Pequeñas (por ejemplo de 300 x 500 mm)	50 unidades	
Rotulador	10 unidades	Para marcar (incluido de repuesto)
Bolsas de papel	100 unidades	Para llevar los submuestreos.
Engrapadoras	2 unidades	
Grapas	2 cajas	
Balanza		
◦Balanzas de muelle (pesos)		
300 kg máximo (mínima unidad 1 kg)	1 unidad	Para medir troncos y raíces
50 kg máximo (mínima unidad 500 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
30 kg máximo (mínima unidad 500 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
10 kg máximo (mínima unidad 100 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
5 kg máximo (mínima unidad 50 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
2 kg máximo (mínima unidad 20 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
1 kg máximo (mínima unidad 10 g)	1 unidad	Para medir muestras pequeñas
◦Balanza de muelles eléctrica (50 kg máximo, mínima unidad 500 g)	1 unidad	Para medir ramas y hojas
Pilas	Las unidades que sean necesarias	Para la balanza eléctrica (incluido de repuesto)
Báscula con cuenco (máximo 2 kg)	1 unidad	
Soporte para colgar la balanza de muelles	1 unidad	Consultar fase 2, foto 2_8 para obtener información sobre el método de utilización.



(1) Lonas



(2) Eslinga



(3) Bolsas de papel



(4) Balanza de muelle (300 kg)



(5) Balanza de muelle electrónica (50 kg)



(6) Balanzas de muelle (30 kg – 1 kg)

Fotografía 3: Herramientas necesarias para pesar las muestras de los árboles

Cabe destacar que la lona y las bolsas de plástico varían en tamaño y material. Durante la medición, el personal está ocupado trabajando en campo. Por lo tanto, los datos deben ser registrados de forma simple para evitar omisiones en el registro. Por ejemplo, es mejor usar una menor cantidad en tipos de taras. También es mejor pesar las taras antes de pesar las muestras.

CONSEJO

Una balanza de muelle deteriorada es a menudo una fuente de error en la medición. Es necesario comprobar el estado de las balanzas de muelle mediante un pesaje antes de utilizarlas.

CONSEJO

Es aconsejable recoger las submuestras para la medición del peso en seco de hojas y ramas, en una bolsa de papel, ya que pueden colocarse directamente en el horno de secado de convección forzada.

5) Pesaje en el laboratorio

Las reservas de carbono utilizadas para REDD-plus se estiman a partir del peso seco. Con este fin, el peso fresco (que contiene agua) medido en el muestreo destructivo debe convertirse en peso en seco. La proporción del peso fresco y seco de las muestras recogidas en el sitio del estudio se utiliza para convertir el peso fresco en peso seco. Así, las muestras recogidas en el muestreo destructivo se secan en un horno de secado de convección forzada en el laboratorio para medir su peso en seco. Las herramientas necesarias para medir el peso en seco se indican a continuación (Tabla 5 y Fotografía 4) .

Tabla 5: Lista de dispositivos necesarios para realizar la medición del peso en seco de las muestras

Herramientas	Nº de unidades	Observaciones
Horno de secado	1 unidad	Para secar las muestras.
Balanza electrónica (máximo 3.000 g; unidad mínima 0,1 g)	1 unidad	Para pesaje de las muestras secas



(1) Horno de secado de convección forzada



(2) Balanza electrónica

Fotografía 4: Equipos necesarios para secar y pesar las muestras

CONSEJO

No coloque demasiado volumen de muestras en el horno de secado para evitar aumentar la temperatura del horno ya que esto puede ser causa de incendios.

2.2.2 Procedimiento del estudio

De aquí en adelante se explica el procedimiento del muestreo destructivo. El muestreo destructivo se divide en tres fases.

Fase 1: Preparación del estudio

1) *Recopilación de información sobre el lugar del estudio*

(1) Recopilación y clasificación de información recogida sobre el lugar del estudio de muestreo destructivo

→ Distrito al que pertenece, latitud, longitud y altitud, tipo de bosque, etc.

(2) Determinación de la composición de especies y distribución del tamaño de los árboles

→ Examine el tipo de bosque, la composición de especies de árboles y la distribución de tamaño de los árboles del lugar del estudio basándose en los artículos publicados o datos de inventario de árboles, y luego determine el tipo de bosque que será objeto del muestreo destructivo.

Fase 2: Labores de campo

1) *Selección de árboles*

(1) Determinar los árboles que van a ser objeto del estudio destructivo

Los árboles de muestra del lugar del estudio deben ser seleccionados de las especies dominantes en tamaños adecuados basándose en el DAP (DAP y Altura, si es posible), desde el tamaño más grande al más pequeño (hasta un DAP de 5 cm). En particular, es deseable seleccionar más de un árbol de gran tamaño, debido a que los datos de árboles de mayor tamaño tienen un impacto significativo sobre la exactitud de las ecuaciones alométricas.

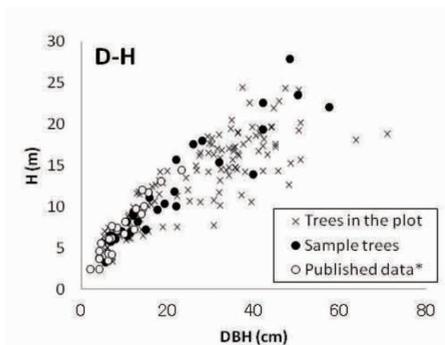


Figura 1: Relación entre DAP y H

El número total de árboles de las muestras necesario para desarrollar una ecuación alométrica es de al menos 20-30. Cuanto mayor sea el número de árboles individuales, mayor será la posibilidad de desarrollar ecuaciones alométricas más precisas. El muestreo destructivo es costoso y cuesta mucho tiempo, pero el personal mejora sus habilidades en el transcurso del estudio. Por lo tanto, en un primer momento, seleccione una cantidad

ligeramente mayor de árboles de muestra y luego vaya ajustando el número de árboles durante el transcurso del estudio, teniendo en cuenta el costo y el tiempo

La Figura 1 muestra un ejemplo de la selección de árboles de muestreo destructivo, basándose en datos sobre el tamaño de los árboles del bosque que pueden utilizarse. Para seleccionar los árboles apropiados para el muestreo es idóneo basarse en artículos publicados y datos existentes, y, una vez comprendido el tamaño estándar y la diversidad de tamaños, realizar el estudio. Si no hay datos disponibles, se deberá realizar un inventario forestal antes de seleccionar los árboles de muestreo.

CONSEJO

Es recomendable evitar el trabajo de campo en días lluviosos y ventosos, debido a que las ramas, etc., podrían caer debido a los fuertes vientos.

CONSEJO

En el campo, la seguridad de la zona de trabajo y facilidad de transporte de maquinaria pesada son factores muy importantes en la selección de los árboles de muestra.

(2) Medición del diámetro de la copa

La medición de la copa debe hacerse antes de la tala, debido a que esta se rompe con su impacto en el suelo. Se mide el eje mayor y su diámetro perpendicular.

(3) Marcación del nivel del suelo en el tocón

Después de la tala hay veces que se hace difícil saber la posición del nivel del suelo en el tocón por lo que se deberá marcar éste antes de su tala.

2) División de la biomasa aérea (AGB) y medición del peso fresco de cada componente

(1) Tala de los árboles de muestra

Se talan los árboles con una motosierra. El operario de la motosierra deberá estar siempre alerta de la dirección de caída de los árboles y todas las demás personas deberán ponerse en un lugar seguro antes de realizar la tala.



Fotografía 5: Medición de la altura de los tocones



Fotografía 6: Marcado de los troncos principales

(2) Medición de la altura de los tocones (Fotografía 5)

Tomando como referencia la altura a nivel del suelo (como altura 0), se mide la altura de los tocones de los troncos talados.

(3) Determinación del tronco principal (Fotografía 6)

Cuando se determina el tronco, el tronco más alto, más grande y que esté vivo será el tronco principal. Marque una posición a una altura de 1,3 m desde el nivel del suelo y a continuación marque posiciones a intervalos de 2 m hasta la parte superior del tronco, usando una cinta métrica de 50 m y tiza. Si se marcan las posiciones a intervalos de más de 2 m de longitud, los troncos podrían ser más pesados que la capacidad de la balanza (la capacidad de pesaje de 300 kg que se utiliza en este manual). De acuerdo con esto, la longitud de los troncos se puede cambiar dependiendo de la capacidad de la balanza de que se disponga. En algunos casos, la longitud del tronco medida a lo largo de este es mayor que la altura del árbol.



Fotografía 7: Medición de la circunferencia de los troncos en las posiciones marcadas



Fotografía 8: Separación de las ramas del tronco principal

(4) Medición de la circunferencia del tronco (Fotografía 7)

Se mide la circunferencia del tronco en los puntos marcados con tiza utilizando una cinta

métrica de acero y se registran los datos. Se debe registrar la medición de la circunferencia y la altura en el punto donde la rama viva más baja deriva del tronco principal. Una vez completado el trabajo de campo, se debe calcular el diámetro de cada árbol utilizando la circunferencia del tronco ($DAP = CAP \div \pi$).

(5) Separación de las ramas y los troncos (Fotografía 8)

Utilizando una motosierra y sierras de mano se cortan todas las ramas de los troncos, dejando las hojas en las ramas. Se separan las ramas de los troncos para evitar confundir ramas con troncos.



Fotografía 9: Separación de las hojas de sus ramas



Fotografía 10: Pesaje en fresco de las hojas

(6) Separación de las hojas de las ramas (Fotografía 9)

Se separan las hojas de las ramas encima de una lona. Se recomienda separarlas sobre una lona, debido a que las hojas y las pequeñas ramas pueden recogerse fácilmente después de la labor doblando la lona.

(7) Pesaje en fresco de las hojas y las ramas (Fotografías 10, 11 y 12)

Se pesan en fresco, utilizando una balanza de muelle, las hojas y las ramas, y una vez hecho esto se registran los datos. Se anota también el tipo de tara y cuerda utilizada durante el pesaje. En caso de que el peso total de hojas y ramas sea excesivo, realice una subdivisión y después de medir las subdivisiones sume el peso total.

Después de haber pesado en fresco las hojas y las ramas, se agrupan por separado en un lugar a la sombra.

CONSEJO

Es recomendable pesar las hojas antes que las ramas debido a que las hojas se secan antes.



Fotografía 11: Pesaje en fresco de las ramas



Fotografía 12: Muestras de hojas y ramas después de haberlas pesado en fresco

(8) Recogida de las submuestras

Se deben crear submuestras para calcular el peso en seco, tomando al azar parte de las hojas y ramas pesadas, respectivamente. Se anota también el peso de cada submuestra y el tipo de tara utilizada. Se coloca cada submuestra en una bolsa de plástico etiquetada con el número del árbol talado y el nombre de la muestra. Después del pesaje de las submuestras, se deben mantener en la sombra para que se sequen hasta que se terminen las labores.

(9) Corte del tronco en varias partes (Fotografía 13)

Utilizando una motosierra, se corta el tronco en los puntos marcados (a una altura de 1,3 m y a intervalos de 2 m). Después de separar el tronco, escriba inmediatamente con tiza en la base de cada tronco el número de árbol y la altura del punto de corte.



Fotografía 13: Separación del tronco (corte)



Fotografía 14: Pesaje en fresco de troncos usando una excavadora



Fotografía 15: Pesaje en fresco de troncos manualmente

(10) Pesaje en fresco de los troncos (Fotografías 14 y 15)

Se pesan en fresco los troncos cortados utilizando maquinaria pesada, una balanza de muelle de 300 kg y una eslinga. Si el tamaño cortado del tronco es demasiado pesado para su pesaje, se deberá cortar en trozos más pequeños y se pesará cada uno con maquinaria pesada. Los troncos delgados y cortos se podrán pesar a mano.

(11) Recogida de submuestras para calcular el peso en seco de los troncos (Fotografía 16)

Se recogen muestras de los troncos (muestras de disco) y se pesan en fresco. Se recogen muestras de disco de los troncos (5 cm de espesor) a intervalos regulares. Se marca el número del árbol talado y la altura de cada punto (por ejemplo: Altura 1,3 m, Altura 3,3 m, etc.) en cada muestra de disco.

Se pesa cada muestra de disco en fresco y se registran los datos de forma individual. Si se utiliza una tara, se anota el tipo de tara utilizada.



Fotografía 16: Muestras de disco

3) Separación de la biomasa subterránea y pesaje en fresco

(1) Excavación de los tocones (Fotografía 17)

Para exponer la parte subterránea del tocón a la superficie, se excava alrededor del tocón utilizando una excavadora. El trabajo con maquinaria pesada es muy peligroso por lo que se deberá mantener una distancia segura al rededor de la zona de trabajo del brazo de la excavadora. Antes de iniciar la labor, se deberá informar a todo el personal para evitar cualquier peligro.

CONSEJO

Los árboles pequeños se pueden echar abajo empujándolos después de haber excavado alrededor de los tocones utilizando una excavadora.



Fotografía 17: Excavado con una excavadora



Fotografía 18: Limpieza de un tocón

(2) Eliminación de la tierra que hay en los tocones (Fotografía 18)

Los tocones excavados se llevan a un buen lugar para eliminar la tierra que contienen. Se debe extraer toda la tierra que contienen; de lo contrario, se pesarán las raíces con la tierra, lo que incrementará el peso real de las mismas.

(3) Medición de la circunferencia de los árboles a nivel del suelo (Fotografía 19)

La circunferencia de los troncos a nivel del suelo se mide utilizando una cinta métrica de acero, y una vez hecho esto se registran los datos.

(4) Separación de la parte aérea y subterránea (Fotografía 20)

Utilizando una motosierra se separa la parte aérea y subterránea de los tocones tomando como referencia la línea divisoria a nivel del suelo. La parte superior del tocón va desde el punto 0 (nivel del suelo) hasta el punto de la tala. La parte inferior del tocón y las raíces es la biomasa subterránea. Se anota el peso de ambas muestras en fresco, la eslinga utilizada durante el pesaje, el tipo de cuerda, etc.



Fotografía 19: Comprobación del lugar a medir la circunferencia a nivel del suelo



Fotografía 20: Separación de la parte aérea y subterránea del tocón

(5) Recogida de las raíces grandes (Fotografías 21 y 22)

Se excava el suelo alrededor del tocón del árbol talado para recoger las raíces que quedan enterradas. En general, la mayoría de las raíces se encuentra en el área de proyección de la copa. Cuando el área de proyección de la copa del árbol de muestra y la del árbol adyacente se superponen entre sí, se determina el área de excavación de acuerdo con el tamaño del diámetro del tronco de ambos árboles. Una raíz primaria puede crecer profundamente en el suelo dependiendo de las condiciones del suelo. Se recogen las raíces de la tierra desenterrada. Cuando las raíces de otros árboles se mezclan en el suelo desenterrado, se eliminan, juzgando por el color de la corteza de la raíz y otros factores. Se retira con cuidado la tierra de las raíces y se colocan en la lona.



Fotografía 21: Excavación de grandes raíces



Fotografía 22: Raíces limpias de tierra

CONSEJO

La utilización de una lona de gran tamaño es útil para realizar el pesaje de las muestras.

(6) Creación de montículos (Fotografía 23)

En los trabajos de campo aunque se intente y se ponga cuidado en recoger todas las raíces, siempre quedan algunas sin recoger. En particular, hay tendencia de dejar sin recoger raíces de árboles con un gran diámetro. Por lo tanto, para obtener el valor exacto de la biomasa subterránea, esta se complementa estimando la cantidad de raíces no recogidas. Haga un montículo con la tierra alrededor de las raíces para estimar la cantidad de raíces y raicillas no recogidas. Para estimar el volumen de las raíces, primero mezcle uniformemente la tierra alrededor de las raíces removidas usando una excavadora y luego saque la tierra del orificio para hacer un montículo. A continuación, allane la superficie del montículo para facilitar la medición del volumen del suelo.



Fotografía 23: Creación del montículo



Fotografía 24: Medición del montículo

(7) Cálculo del volumen del montículo (Fotografía 24)

Mida las áreas de los lados superior e inferior y la altura del montículo para determinar el volumen del mismo. Este procedimiento es necesario cuando se desea estimar el peso de las raíces de todo el montículo a partir del peso de las raíces de la parcela de muestreo.

Las posiciones de medición para determinar las áreas de la parte superior e inferior varían dependiendo de la forma del montículo.

- i) Elíptica: largo y ancho
- ii) Trapezoidal: lado largo, lado corto y altura del trapecio
- iii) Rectangular: dos lados

La altura del montículo se calcula mediante 4 o 5 lugares (líneas de puntos de la Figura 2)

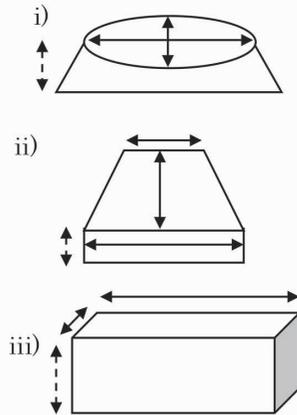


Figura 2: Lugares de medición para calcular el área del montículo (líneas continuas) y lugar de medición de la altura (líneas discontinuas)

(8) Preparación de la recogida de las raíces del montículo (Fotografía 25)

Para recoger todas las raíces que hay en el montículo se requiere un enorme trabajo; por lo tanto, la cantidad de raíces que hay en el montículo se estima mediante la recogida de una parte de las raíces del montículo y mediante el volumen del mismo. En primer lugar, se crean varias parcelas de muestreo (1 m x 1 m) en el montículo, dependiendo del tamaño del montículo y luego se mide la altura de las parcelas de muestreo. Cuando la superficie del montículo es grande, aumenta el número de parcelas de muestreo. Se mide y registra la medición de la altura de la parcela de muestreo.

(9) Recogida de las raíces de la parcela de muestreo (Fotografía 26)

Se recogen cuidadosamente las raíces, incluyendo las raíces finas, del suelo de la parcela de muestreo. No recoja las raíces de otros árboles o hierbas. Determine el peso fresco de las raíces recogidas. Cuando lo haga, no se olvide de registrar el tipo de tara utilizada.



Fotografía 25: Creación de una parcela de muestreo



Fotografía 26: Recogida de raíces de una parcela de muestreo

(10) Recogida y pesaje de submuestras

Se recogen las submuestras de las muestras subterráneas. Para la submuestra subterránea seleccione un volumen homogéneo compuesto por la parte inferior del nivel de tierra del tocón, las raíces gruesas y las raíces recogidas del montículo. Determine el peso fresco de la submuestra y anote el tipo de tara utilizada.

Fase 3: Trabajo de laboratorio

1) *Labor de secado*

(1) Secado de las submuestras (Fotografía 27)



Fotografía 27: Almacenamiento de muestras

Se llevan inmediatamente las submuestras recogidas al laboratorio para que se sequen. Si no se dispone de un horno de secado de convección forzada, las submuestras deben secarse al aire. Para evitar que las submuestras se pudran durante el secado al aire, el lugar de almacenamiento para secar las submuestras debe estar bien ventilado.

Pese las submuestras más pesadas a intervalos de tiempo durante el proceso de secado al aire. Cuando el peso de las muestras ya no cambie, pese todas las submuestras secadas al aire y anote la tara usada en cada pesaje.

(2) Secado mediante un horno de secado

Si se dispone de un horno de secado de convección forzada, se realizará el secado completo de las submuestras durante más de 72 horas a una temperatura del aire de 70-90 °C. Pese cada submuestra secada en el horno y anote los datos.

Si transporta las submuestras a otros países, prepare los documentos necesarios para exportar e importar estos artículos de conformidad con las leyes y reglamentos de los países exportadores e importadores. Es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cuando envíe o transporte muestras a otros países, extraiga completamente la tierra, los insectos, los hongos, etc. de las muestras antes de empaquetarlas. Especialmente, las muestras de raíces se deben lavar cuidadosamente con agua antes de dejarlas secar al aire. Coloque las muestras en bolsas limpias para evitar la contaminación.
- Las muestras de plantas totalmente secadas al aire, excepto las prohibidas a ser importadas, pueden introducirse en Japón sin un permiso. Sin embargo, en la inspección de cuarentena de importación se pide el nombre de la planta de la muestra, el tipo de componente (tronco, raíz u hoja, etc.), el propósito de su uso, etc. Es recomendable prepararse para ello con antelación.

2.3 Ejemplo de cálculo de datos

Calcular la biomasa total de un árbol (peso seco) utilizando los datos registrados en el cuaderno de campo y el peso de la muestra secada en el laboratorio. A continuación, convertir el peso seco en carbono.

2.3.1 Conversión del peso de un árbol a peso seco

Convertir el peso fresco de cada componente en peso seco usando la proporción de peso fresco y seco de las muestras.

Biomasa del componente (kg)

$$= (\text{Peso fresco del componente}) \times (\text{peso seco de la submuestra}) / (\text{peso fresco de la submuestra})$$

La biomasa subterránea consiste en la biomasa subterránea recolectada (una porción del tocón por debajo del suelo y las raíces recogidas del suelo excavado) y la biomasa estimada no recogida del subsuelo (que se convierte a partir de las raíces coletadas en la parcela de muestreo del montículo). El método de estimación de la biomasa subterránea no colectada se explica en el siguiente párrafo.

El peso de las submuestras se determina restando el peso de cada tara del peso fresco y seco de las submuestras registradas en el cuaderno de campo.

Ejemplo de cálculo:

Se calcula el peso seco y fresco de cada componente basándonos en el peso de las submuestras.

$$\text{Tronco} \rightarrow 4,74 \div 7,655 = 0,619$$

$$\text{Ramas} \rightarrow 1,568 \div 2,555 = 0,614$$

$$\text{Hojas} \rightarrow 0,398 \div 1,205 = 0,330$$

$$\text{Biomasa subterránea} \rightarrow 1,78 \div 2,555 = 0,697$$

Se calcula la biomasa de cada componente.

$$\text{Biomasa de troncos} = 2823,750 \times 0,619 = 1747,9$$

$$\text{Biomasa de ramas} = 520,300 \times 0,614 = 319,5$$

$$\text{Biomasa de hojas} = 78,640 \times 0,330 = 26,0$$

$$\text{Biomasa subterránea} = (742,750 + 61,291) \times 0,697 = 560,417$$

* Peso de las taras (kg)

Eslinga 1,0 m, 0,9; Eslinga 1,5 m, 1,35; Lona (S), 0,5; Lona (L), 4,5; Bolsa de plástico (L), 0,09; Bolsa de plástico (S), 0,045; Bolsa de papel, 0,02; Cuerda, Menos de 0,01

2.3.2 Biomasa subterránea estimada a partir de las muestras no recogidas

En primer lugar, se calcula el volumen del montículo y luego se estima la biomasa de las raíces que queda en todo el montículo, multiplicando la biomasa de las raíces recogidas de la parcela de muestreo por la relación del volumen de la tierra de la parcela de muestreo y el volumen de la tierra del montículo.

Ejemplo de cálculo:

Volumen del montículo cilíndrico elíptico (cm^3) = (Área de la elipse, m^2) \times (Altura media del montículo, m)

$$= (9,0 \text{ m}^2) \times (0,517 \text{ m}) = 4,653 \text{ m}^3$$

Aquí, en un montículo se crean dos parcelas de muestreo.

Peso de las raíces frescas de todo el montículo (kg) = (Peso de las raíces frescas recogidas de la parcela de muestreo, kg) \times (Volumen de la tierra del montículo, m^3 / Volumen de la tierra de la muestra, m^3)

$$= (6,581 \text{ kg} + 7,031 \text{ kg}) \times (4,653 \text{ m}^3 \div [0,517 \text{ m}^3 + 0,517 \text{ m}^3]) = 61,291 \text{ kg}$$

2.3.3 Conversión de biomasa en carbono

Convertir en carbono multiplicando cada biomasa calculada por 0,47 (Directrices de 2006 del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero).

3. Apéndice

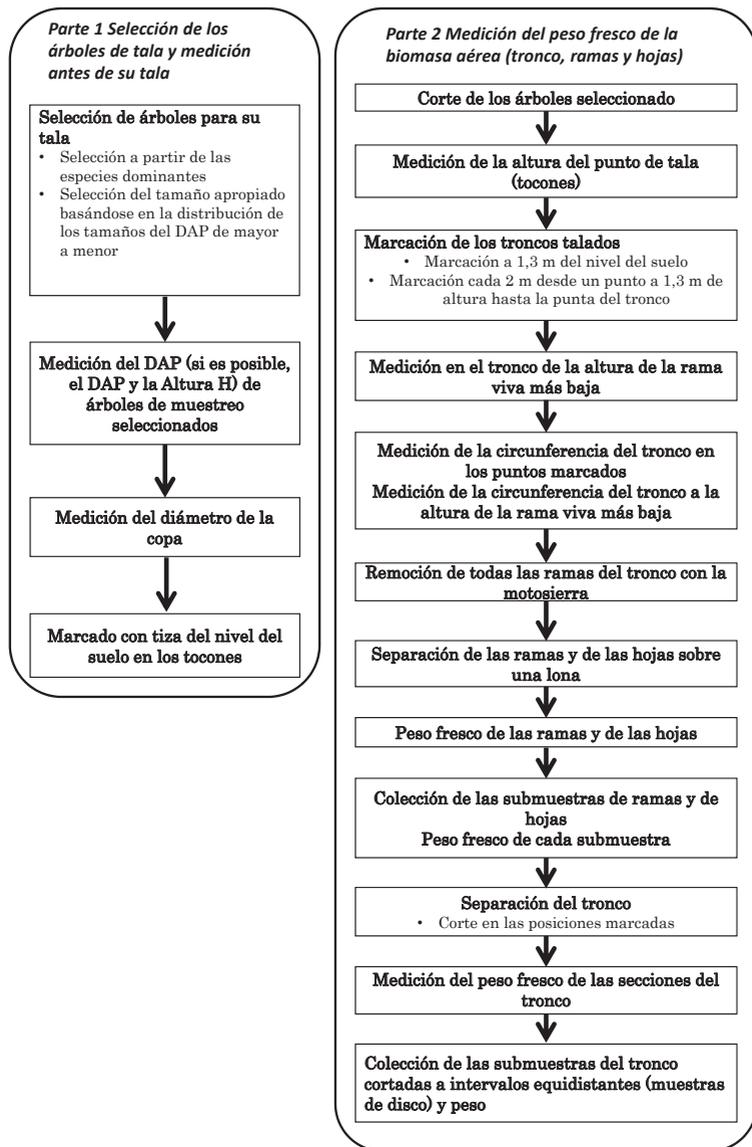
Aquí se muestra una lista de comprobación que se utiliza para verificar que el muestreo destructivo se lleva a cabo sin omitir ningún procedimiento en el campo y también se presenta un esquema de flujo.

3.1 Lista de Comprobación

	Sí	No	
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿He registrado en el cuaderno de campo todos los datos sobre el tamaño (altura de los árboles, circunferencia de los troncos, diámetro de las copas, etc.)? (En caso contrario, escriba la razón de la omisión en las observaciones).
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿He registrado en el cuaderno de campo todos los pesos frescos y el tipo de taras utilizadas?
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se han pesado las taras según su tipo?
4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se han preparado los documentos necesarios para la exportación de las muestras?
5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se ha secado suficientemente las muestras?
6.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se han limpiado las muestras de tierra, insectos, moho y otros materiales?
7.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Se han lavado las muestras de las raíces y se ha extraído la tierra de las mismas?
8.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Están las bolsas para envolver las muestras limpias?
9.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿La cantidad de volumen de las muestras (peso total incluyendo el peso de las cajas de embalaje, el número de cajas de embalaje, etc.) es consistente con la cantidad que se permite exportar?
10.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Son las muestras especies que se permiten introducir en el país importador?

3.2 Esquema de flujo

Esquema de flujo del trabajo de campo



**Parte 3 Medición del peso fresco de la biomasa subterránea
(tocones y raíces)**

Excavación alrededor de los tocones usando una máquina de excavación y recogida de los tocones

- Mantenga una distancia segura de la excavación, debido a que trabajar con una máquina de excavación es peligroso



Limpiar el tocón de tierra y piedras con un azadón



Medición de la circunferencia del tronco a nivel del suelo



División del tocón en el punto del nivel del suelo con una motosierra



Medición del peso fresco de las muestras de la parte superior e inferior, tomando como referencia el nivel del suelo

- La parte superior del suelo comprende a los troncos y se define como biomasa aérea (AGB)
- La parte inferior del suelo comprende a las raíces y se definen como biomasa subterránea (BGB)



Excavación de la red de raíces y colección de las raíces grandes



Limpieza de la tierra de las raíces grandes y determinación de su peso fresco



Creación de un montículo llano con la tierra excavada usando la excavadora



Medición del tamaño del montículo (área y altura)



Creación de una parcela de muestreo (1 m × 1 m) en el montículo

- Medición de la altura de la parcela de muestreo



Colección cuidadosa de muestras de raíces de la parcela de muestreo y pesaje en fresco

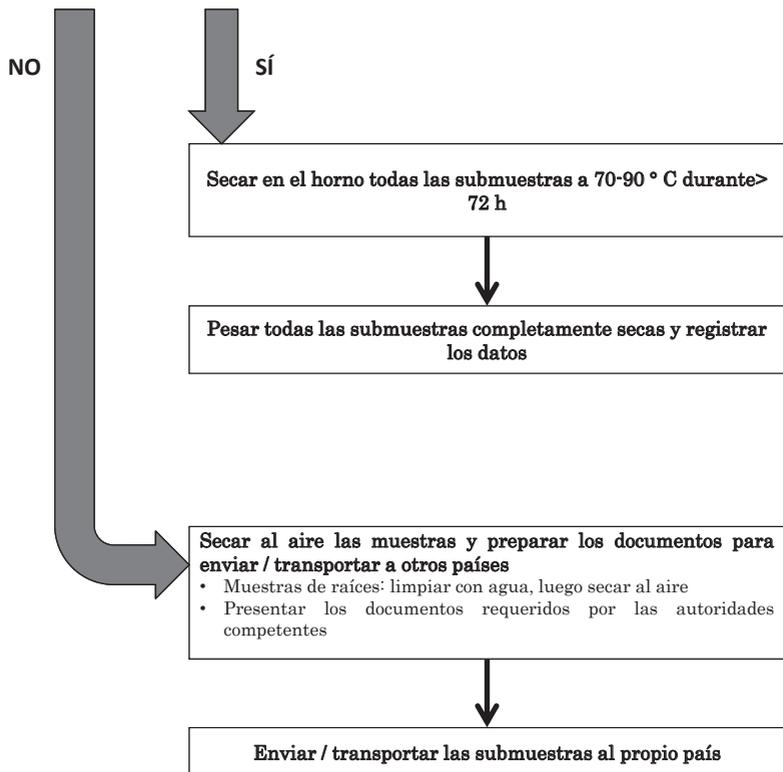


Colección de submuestras del subsuelo y pesaje en fresco

- Una submuestra subterránea comprende a las raíces grandes, a los tocones subterráneos y a las raíces recogidas de la parcela de muestreo

Esquema de flujo del trabajo de laboratorio (proceso de secado)

¿Se puede utilizar un horno de secado de convección forzada en el país del estudio?



3.3 Ejemplo de anotaciones en el cuaderno de campo

Los datos obtenidos mediante el muestreo destructivo son registrados en la hoja de rellenado de datos comunes. Esto ayudará a encontrar datos incompletos en las mediciones en el campo u omisiones.

3.3.1 Ejemplo de anotaciones de la biomasa aérea en el cuaderno de campo

[Abreviación]

Example	Tree No. 3	page 1/2
調査年月日 date	22-Dec-2010	樹高H (m) Tree height 22.6
Species	<i>Terminalia tomentosa</i>	胸高幹囲径 (cm) Girth breast height 131.9
調査地 Location name	Kotite tower site	最低下幹囲径 (cm) Girth of the lowest living branch 15.5
調査者 Surveyor	Monda	樹冠幅 (m) Crown width 9.3

	No.	Base side		Fresh weight with tare(kg)	Remarks	Tare	
		Base side sampling Height(m)	Girth(cm)				
		下幹高さ	下幹周囲径				
Aboveground Biomass	Stem		0	0	157.0	157	sling(1m×1.5m)
	1	0.3	151.7	240	240	sling(1m×1.5m)	
	2	1.3	146.0	384	379	sling(1m×1.5m)×2	
	3	2.3	140.0	345	340	sling(1m×1.5m)×2	
	4	3.3	133.0	345	340	sling(1m×1.5m)×2	
	5	7.3	118.0	266	266	sling(1m×1.5m)	
	6	9.3	110.0	240	240	sling(1m×1.5m)	
	7	11.3	99.0	231	231	sling(1m×1.5m)	
	8	13.3	98.5	171	171	sling(1m×1.5m)	
	9	15.3	94.1	156	156	sling(1m×1.5m)	
10	17.3	76.5	119	119	sling(1m×1.5m)		
Large size branches	1			55		rope	
	2			39		rope	
	3			33		rope	
	4			18		rope	
	5						
Small branches	1			49		tarpaulin(L)	
	2			21.5		tarpaulin(S)	
	3			44.5		rope	
	4			41		rope	
	5			41.3		rope	
	6			42		rope	
	7			44.5		rope	
	8			35.5		rope	
	9			19.5		rope	
	10						
Leaves	1			3.9		plastic bag(L)	
	2			3.8		plastic bag(L)	
	3			1.8		plastic bag(L)	
	4			2.3		plastic bag(L)	
	5			5.3		plastic bag(L)	
	6			4.5		plastic bag(L)	
	7			5.8		plastic bag(L)	
	8			5		plastic bag(L)	
	9			6.6		plastic bag(L)	
	10			3.6		plastic bag(L)	

Subsample	22-Dec-2010		5-Jan-2011	6-Feb-2011	
	Fresh weight with tare(kg)	Tare	Air-dry weight (kg)	Oven-dry weight (kg)	Tare
Stem	H 1.3	7.65	plastic bag(S)	5.55	
	H 9.3	7.7	plastic bag(S)	5.54	paper bag
	H 17.3	4.5		3.29	
	H 25.3	0.2		0.0128	
Large size Branches	incl. small size branches				
Small size Branches	2.6	plastic bag(S)	1.93		1.5879 paper bag
Leaves	1.25	plastic bag(S)	0.47		0.4177 paper bag

3.3.1 Ejemplo de anotaciones de la biomasa aérea en el cuaderno de campo [Abreviación]

Tree No. 3		page 2/2	
調査年月日 date	22-Dec-2010	樹高計 (m) Tree height	22.6
Species	<i>Terminalia tomentosa</i>	胸高幹圍GBH (cm) Girth breast height	131.9
調査地 Location name	Kratze tower site	伐採位置の高さHcut(m) Height of cut height	0.57
計測者 Surveyor	Monda	生枝下高H _{LL} (m) Height of the lowest living branch	15.5
		生枝下幹圍(cm) Girth of the lowest living branch	70.8
		樹冠幅 (m) Crown width	9.3

	No.	Base side	Base side	Fresh weight	Remarks	Tare			
		sampling Height(m)	Girth(cm)	with tare(kg)					
		下端高さ	下端樹圍長						
Aboveground Biomass	Stem		0	19.3	56.0	89		string(1.5m)	
		1	21.3	41.0	51			string(1m)	
		2	23.3	24.0	21.5			rope	
		3	25.3	7.8	8			incl. tip of stem rope	
		4	27.3						
		5							
		6							
		7							
		8							
		9							
		10							
		Large size branches		1					
			2						
			3						
			4						
			5						
		Small branches		1					
			2						
			3						
			4						
			5						
			6						
			7						
			8						
			9						
			10						
		Leaves		1			3.8		plastic bag(L)
			2				3.9		plastic bag(L)
			3				2.7		plastic bag(L)
			4				2.4		plastic bag(L)
		5				5.9		plastic bag(L)	
		6				7.45		plastic bag(L)	
		7				5		plastic bag(L)	
		8				1.6		plastic bag(L)	
		9				5		plastic bag(L)	
		10							

Subsample	Fresh weight	Tare	Air-dry weight	Oven-dry weight	Tare
	with tare(kg)		(kg)	(kg)	
Stem					
Large size Branches					
Small size Branches					
Leaves					

3.3.2 Ejemplo de anotaciones de la biomasa subterránea en el cuaderno de campo [Abreviación]

Example	Tree No. 7	page 1/1
調査年月日 date	19-Nov-2011	地際幹囲(G ₀ (cm) Girth of ground level(height=0m)
Species	<i>Shorea siamensis</i>	計測者 Surveyor Monda

		Fresh weight		Remarks	Tare	
		No.	with tare(kg)			
Belowground biomass	Stump		183	stump	sling(1m×1.5m)	
		and large roots	2	144	root	sling(1m×1.5m)
			3	114	root	sling(1m×1.5m)
			4	181	root	sling(1m×1.5m)
			5	132	root	sling(1m×1.5m)
			6			
			7			
		8				
		9				
		10				
	Mound roots	1	16.3		tarpaulin(S)	
		2	11.50		tarpaulin(S)	
		3				

Mound roots		
Area	Shape	Side length or diameter(m)
Mound1	elliptical	3.7 × 3.1
Mound2		
Mound3		
Height		
	Height of the mound(cm)	
Mound1	elliptical	50, 55, 50
Mound2		
Mound3		

Subsample	19-Nov-2011		12-Feb-2011	9-Mar-2011	
	Fresh weight with tare(kg)	Tare	Air-dry weight (kg)	Oven-dry weight (kg)	Tare
Roots and stump	2.6	plastic bag(S)	2.2	1.8	paper bag



Autores	Yukako Monda (Universidad de Kyoto) Yoshiyuki Kiyono (Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales, Japón)
Planificación y edición	Tamotsu Sato y Masayoshi Takahashi
Citación	Este documento puede ser citado como: Monda Y, Kiyono Y, Anexo del Libro de Recetas REDD-plus (2016). Manual de Investigación Volumen 2. Método de Muestreo Destructivo para Estimar la Biomasa. Centro de Investigación y Desarrollo REDD, Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales, Japón. 28pp.