



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Protocolo de medición de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas

Inventario Nacional de Bosque
de El Salvador 2017-2018





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Protocolo de medición de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas

Inventario Nacional de Bosque
de El Salvador 2017-2018

Protocolo de medición de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas

Fernando Andrés López Larreynaga
Ministro

Jorge Quezada
Punto Focal REDD+ del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Coordinación
Edgar Noel Ascencio, coordinador del Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador

Elaboración
Amílcar Antonio López Melara, coordinador del Inventario Nacional de Bosque de El Salvador (INB), Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador para el Fondo Cooperativo del Carbono de los Bosques (FCPB).
Ada Yanira de Linares, docente investigador del Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES).
Reynaldo Adalberto López Landaverde, exdocente investigador de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES).
José Alberto Aquino Vásquez, coordinador de la cuadrilla del Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador para el Fondo Cooperativo del Carbono de los Bosques (FCPB).

Contribuciones técnicas
Abner Jiménez, responsable de Componente III del Programa Regional REDD/CCAD-GIZ; Andrew Lister, investigador forestal del US Forest Service (USFS); Constan Amurrio García, coordinador del INB de parte de la consultora VIELCA INGENIEROS, S.A.; Mario Francisco Hernández Rivera, mensurador de la cuadrilla del Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador; Jaime Alexander Aguilar Segura, técnico de la Administración Forestal de la DGFCR/MAG.

Primera edición, enero 2021

Este documento fue elaborado con financiamiento del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCCB), administrado por el Banco Mundial (BM), en el marco del Proyecto: Preparación de la Propuesta Readiness de El Salvador para el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques.

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, Edificios MARN, instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centroamérica.
Teléfono: (+503) 2132-6276
Sitio web: www.marn.gob.sv
Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv
Facebook: www.facebook.com/MedioAmbienteSLV/
Twitter: @MedioAmbienteSV
Youtube: youtube.com/marnsv
Instagram: @medioambientesv

Contenido

Listado de Tablas	6
Listado de Figuras	6
Siglas y acrónimos	8
Abreviaturas	9
Simbología y fórmulas	9
Introducción	11
Objetivo	12
Proceso para la determinación de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas	13
Preparación (antes)	14
Capacitación	14
Equipo, herramientas y materiales	15
Recolección de muestras en campo (durante)	16
Muestra de hojarasca y herbáceas en estratos BP, BCS, BS, BC y CBS	16
Muestra de suelo para carbono	22
Estratos BP, BCS, BS, BC y CBS	22
Estratos BSA	28
Muestra de suelo para densidad aparente	34
Estratos BP, BCS, BS, BC y CBS	34
Estratos BSA	44
Recepción, preparación, análisis y entrega de certificado (después)	46
Transporte de las muestras al laboratorio	46
Recepción de las muestras de suelo, hojarasca y herbáceas	47
Análisis de la densidad aparente del suelo	47
Preparación de muestras de suelo para análisis de carbono orgánico	50
Suelo	50
Hojarasca y herbáceas	51
Análisis de carbono	51
Entrega de certificación del análisis	52

Referencias bibliográficas	54
Glosario	55
Anexos	56

Listado de Tablas

Tabla 1	Lista de equipos, herramientas y materiales a usar en el muestreo de suelo, hojarasca y herbáceas.
Tabla 2	Puntos de muestreo para densidad aparente en suelo y las coordenadas de ubicación.

Listado de Figuras

Figura 1	Proceso para determinación de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas.
Figura 2	Ubicación de los cuatro puntos de muestreo de suelo para carbono dentro de la parcela.
Figura 3	Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación del stock de carbono.
Figura 4	Anotación en el formulario del peso de herbácea y hojarasca en cada subparcela, así como el peso de la muestra a llevar al laboratorio.
Figura 5	Hojarasca cortada y depositada en bolsa grande.
Figura 6	Cuadro de 0.5 m x 0.5 m de PVC de 1/2" de diámetro.
Figura 7	Muestreador de suelo.
Figura 8	Rastrillo de jardinero.
Figura 9	Cubeta de plástico o bolsa.
Figura 10	Bolsa de zíper.
Figura 11	Marcador permanente.
Figura 12	Bloque de madera.
Figura 13	Martillo.

Figura 14	Palín.
Figura 15	Muestra de Carbono de Suelo en bolsa zíper, donde se observa su código.
Figura 16	Detalle de los datos descritos en el formulario de la muestra de suelo para carbono.
Figura 17	Diseño de la extracción de la muestra de carbono con palín.
Figura 18	Diseño de parcela en bosque salado.
Figura 19	Toma de dos muestras para carbono en suelo, en muestreador de suelo de 100 cm de largo y 2" de diámetro, en bosque salado.
Figura 20	Extracción de muestra de suelo para carbono.
Figura 21	Extracción del suelo o sedimento, con el barreno de 1 m de largo en bosque salado.
Figura 22	Muestras de suelo preparadas para ser enviadas para su análisis de carbono.
Figura 23	Detalle de la anotación de peso de las muestras para carbono y densidad aparente, en la sección del formulario.
Figura 24	Ubicación de los tres puntos de recolección de densidad aparente, en la parcela principal.
Figura 25	Cilindro.
Figura 26	Navaja o cuchillo.
Figura 27	Pala de jardinero.
Figura 28	Observe la muestra de suelo de densidad aparente y la estructura del código.
Figura 29	Detalle de las anotaciones en el formulario de campo sobre las tres muestras de suelo para densidad aparente, extraída por el método del cilindro conocido (CC).
Figura 30	Probeta de 1000 ml.
Figura 31	Hacer un agujero.
Figura 32	Sitio de muestreo listo para aplicar el agua.
Figura 33	Medición de agua en la probeta.
Figura 34	Detalle de las anotaciones en el formulario de campo de las tres muestras de suelo para densidad aparente, extraída con el método de lámina de plástico (LP).
Figura 35	Extracción de muestra de suelo para carbono y densidad aparente, en los primeros 50 cm de profundidad.

Figura 36	Marca de extracción de la muestra para densidad aparente.
Figura 37	Muestras de suelo preparadas para ser enviadas para calcular la densidad aparente.
Figura 38	Cajas de aluminio.
Figura 39	Estufa.
Figura 40	Balanza semianalítica.
Figura 41	Envases plásticos con tapa (centrífuga).
Figura 42	Equipo para analizar carbono.

Siglas y acrónimos

BC	Bosque de <i>coníferas</i>
BCS	Bosque <i>caducifolio/semicaducifolio</i> maduro
BP	Bosque <i>perennifolio</i> maduro
BSA	Bosque salado o mangle
BS	Bosque secundario
CBS	Café bajo sombra
CS	Carbono de suelo
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
DGFCR	Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego
FCCB	Fondo Cooperativo del Carbono de los Bosques
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
INB	Inventario Nacional de Bosque
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
REDD+	Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques
UES	Universidad de El Salvador
UMBA	Unidad de Muestreo de Biomasa Aérea
UMBA 1	Unidad de Muestreo de Biomasa Aérea 1

UMBA 2	Unidad de Muestreo de Biomasa Aérea 2
UMDA	Unidad de Muestreo de Diversidad Arbustiva, Lianas, Cañas, Helechos y otras
UMDH	Unidad Muestral de Diversidad de Herbáceas

Abreviaturas

Etc.	Etcétera
------	----------

Simbología y fórmulas

±	Más o menos que
=	Igual que
%	Porcentaje
#	Número
°	Grados
..	Pulgadas
cm	Centímetros
DAP	Diámetro altura a pecho
Da (g/cm ³)	Densidad aparente en gramos por centímetro cúbico
g	Gramos
g/cm ³	Gramos por centímetros cúbicos
H%	Porcentaje de humedad
lb	Libras
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
mesh	Número de luces de mallas dentro de una pulgada inglesa (25.4 mm)

ml	Milímetros
msh	Peso de la muestra de suelo húmedo
mss (g)	Muestra de suelo seco en gramo
N/A	No aplica
$Da \left(\frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{Mss (gr)}{Volumen\ del\ cilindro\ (cm^3)}$	Cálculos para densidad aparente
$H\% = \frac{Msh - Mss}{Mss} * 100$	Cálculo para la humedad de la muestra

Introducción

Uno de los elementos indispensables de los inventarios forestales nacionales de multipropósito es la determinación de carbono en cada depósito (biomasa aérea, madera muerta, hojarasca, suelo, biomasa subterránea) del bosque, lo que amerita la adecuada recolección de las respectivas muestras en campo y ser llevadas a un laboratorio donde se realice el respectivo análisis de carbono, para aquellos otros análisis necesarios en dichos cálculos, a nivel de unidad de superficie, que es la hectárea.

Para esto, se requiere que se establezcan los lineamientos necesarios para disponer de muestras representativas del bosque, que estén libres de cualquier alteración y contaminación.

Este Protocolo hace referencia a estandarizar las actividades, métodos, equipo, herramientas y materiales a usar desde la recolección de las muestras en campo, de los componentes de suelo, hojarasca y herbáceas, hasta la realización del análisis de carbono en el laboratorio.



Objetivo

Estandarizar la metodología para la medición de carbono orgánico en suelo, hojarasca y herbáceas, para el Inventario Nacional de Bosque de El Salvador.



Proceso para la determinación de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas

El proceso a seguir para la determinación del carbono en suelo, hojarasca y herbáceas, es en la Figura 1:

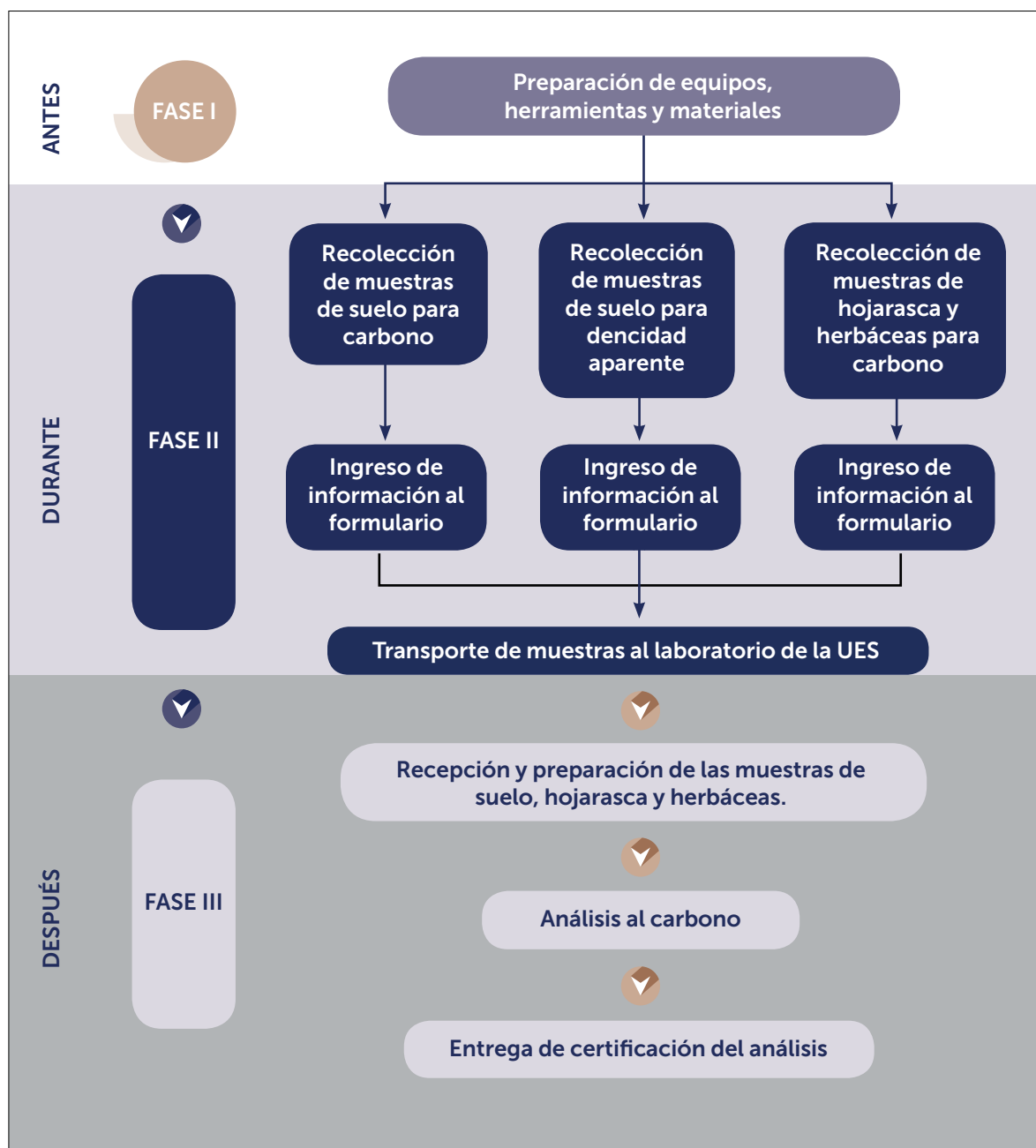


Figura 1. Proceso para determinación de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Preparación (antes)

Capacitación

Previo a la recolección de muestras de suelo, hojarasca y herbáceas en campo, es indispensable capacitar a los integrantes de la cuadrilla, quienes serán los responsables de la recopilación, con el fin de evitar muestras alteradas o defectuosas que subestimen o sobrestimen los contenidos de carbono en los depósitos en mención (suelo, hojarasca y herbáceas).

Para esta capacitación, los especialistas en materia de suelo y del laboratorio, donde se realizarán los análisis de carbono, son los indicados para impartir conocimientos, tomando como base este Protocolo.

Esta jornada de capacitación deberá ser teórico-práctica, tomando en cuenta los diferentes estratos, tanto de bosque (bosque *latifoliado* y bosque de *conífera*), café bajo sombra en tierra firme, así como, en bosque salado o manglar, pues la metodología y equipo de recolección de las muestras difieren.

La capacitación debe estar orientada al conocimiento y uso eficiente de los protocolos para la recolección de muestras de suelo, hojarasca y herbáceas, siguiendo los contenidos siguientes:

- ✓ Conocimiento y uso de los tipos de métodos de recolección de muestras para densidad aparente y carbono.
- ✓ Uso correcto del equipo, herramientas y materiales a usar, por tipo de método de recolección y muestras.
- ✓ Etiquetado, cuido y transporte de las muestras, para ser entregadas al laboratorio.

Equipo, herramientas y materiales

Es importante contar con un formulario que enliste el detalle de equipo, herramientas y materiales adecuados para la recolección, que deberán ser llevados a campo y que serán utilizados en la recolección de muestras de suelo, hojarasca y herbáceas.

En la Tabla 1, se detalla el listado básico de equipo, herramientas y materiales a usar en campo.

Tabla 1. *Lista de equipo, herramientas y materiales a usar en el muestreo de suelo, hojarasca y herbáceas.*

Estratos	Depósito de carbono	Objetivo de la muestra	Equipo	Herramientas	Materiales
BP, BCS, BS, BC, CBS*	Suelo	Carbono	✓ 1 muestreador de suelo de longitud de 20 cm.	✓ 1 palín. ✓ 1 rastrillo de jardinero. ✓ 1 martillo de 2 libras.	✓ 1 bolsa u cubeta de plástico, con capacidad de 5 libras. ✓ 1 bolsa ziploc o zíper de tamaño de 6" x 8" o similar. ✓ Un marcador permanente. ✓ Bloque de madera.
		Densidad aparente	✓ 1 muestreador de suelo de longitud de 5 cm y 5 cm de diámetro o de las dimensiones que se disponga.	✓ 1 navaja o cuchillo.	✓ 3 bolsa ziploc o zíper de tamaño de 6" x 8" o similar.
	Hojarasca y herbáceas	Carbono		✓ 1 machete con su vaina. ✓ 1 tijera de podar.	✓ 2 bolsas de plástico con capacidad de 10 lb (una para hojarasca y otra para herbáceas). ✓ 2 bolsa ziploc o zipper para recolectar las muestras, de tamaño de 10" x 15" o similar (una para hojarasca y otra para herbáceas). ✓ Cuadro de 0.50 m x 0.50 m, de PVC de ½" o hierro. ✓ 4 pines de hierro de 20 cm de largo.

Estratos	Depósito de carbono	Objetivo de la muestra	Equipo	Herramientas	Materiales
BSA**	Suelo	Carbono	✓ 1 muestreador de suelo de 100 cm de longitud y 2" de diámetro.	✓ 1 navaja o cuchillo. ✓ Cinta métrica. ✓ Palín.	✓ 10 bolsa ziploc o zíper de tamaño de 6" x 8" o similar. ✓ 1 marcador permanente.
		Densidad aparente			✓ 10 bolsa ziploc o zíper de tamaño de 6" x 8" o similar. ✓ 1 patrón de aluminio de 5 cm de largo y 2" de ancho.

Nota: * BP = Bosque *perennifolio* maduro; BCS = Bosque *caducifolio/semicaducifolio* maduro; BS = Bosque secundario; BC = Bosque de *conífera* y; CBS = Café bajo sombra. ** BSA = Bosque salado o mangle.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Recolección de muestras en campo (durante)

Muestra de hojarasca y herbáceas en estratos BP, BCS, BS, BC y CBS

Las muestras para determinar carbono en hojarasca y herbáceas solo aplican para estos cinco estratos, haciendo la excepción, el bosque salado o mangle.

El muestreo se ejecutará en cuatro subparcelas cuadradas, de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²), distribuidas sistemáticamente en cada esquina de la parcela principal (Figuras 2 y 3).

Se colectará primero todas las plantas herbáceas y posteriormente, la hojarasca, que consiste en material no leñoso muerto (hoja, flores y frutos), y material leñoso muerto, igual o menor de 1.9 cm de diámetro.

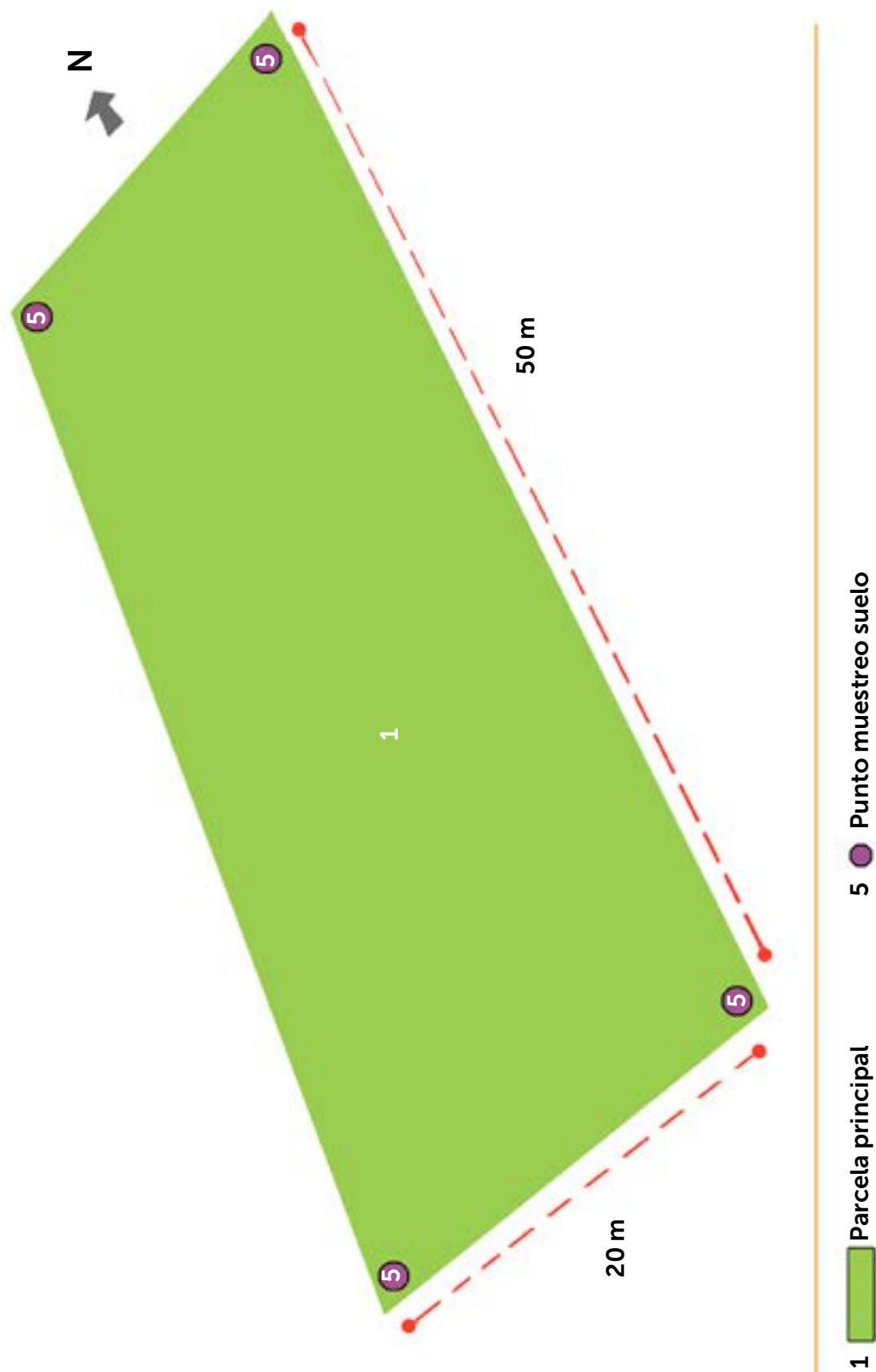
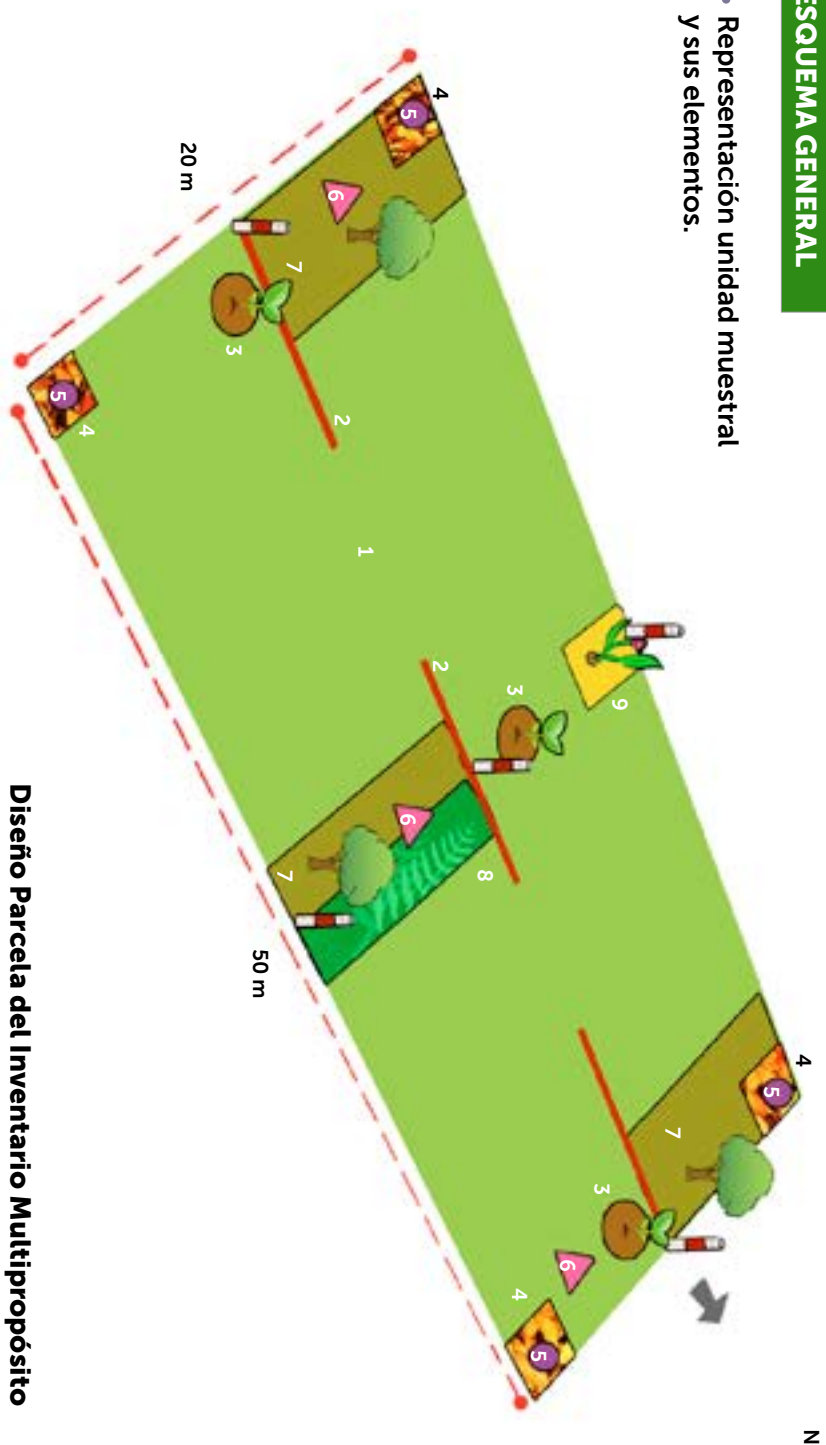


Figura 2. Ubicación de los cuatro puntos de muestreo de suelo para carbono dentro de la parcela.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador. MARN, 2017-2018.

ESQUEMA GENERAL

- Representación unidad muestral y sus elementos.



Diseño Parcela del Inventario Multipropósito

1	Parcela principal	4	Subparcela de hojarasca	7	Subparcela DAP 2-9.9 cm
2	Línea de transecto	5	Punto muestreo suelo	8	Diversidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, etc.
3	Subparcela regeneración	6	Muestreo de densidad aparente	9	Diversidad herbácea

Figura 3. Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación del stock de carbono.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador. MARN, 2017-2018.

La recolección de la muestra de las herbáceas y hojarasca se hará de la siguiente manera:

1. Cortar y recolectar primero las plantas herbáceas dentro de cada subparcela o cuadro de 0.25 m².
2. Pesar dicho material en cada subparcela, depositarlo en una bolsa grande y anotar este peso en gramos (g) en el formulario (Figura 4).
3. Cortar y recolectar la hojarasca en el marco de hierro o policloruro de vinilo (PVC) de 0.5 m x 0.5 m.
4. Pesar el material de hojarasca, depositarlo en una bolsa grande (Figura 5) y anotar este peso en gramos en el formulario (Figura 4).
5. El material de las plantas herbáceas y de hojarasca recolectadas en los cuatro puntos de muestreo, se concentran en un solo depósito por separado (hojarasca y herbáceas), se mezclan y se extrae de cada componente una muestra representativa de aproximadamente 500 g. Luego se coloca en la bolsa debidamente pesada (escribir el peso en el formulario, Figura 4) y codificarla para ser llevada al laboratorio. La subparcela donde se han recolectado las plantas herbáceas y hojarasca debe quedar como se muestra en la Figura 6.

El código estará estructurado de la siguiente manera:

Muestra de herbácea:

- ✓ Ejemplo: BSF2_37_H.
- ✓ Código de la parcela, por ejemplo: BSF2_37.
- ✓ Guion bajo.

- ✓ Agregar la letra «H» de herbácea.

Muestra de hojarasca:

- ✓ Ejemplo: BSF2_37_HC.
- ✓ Código de la parcela, por ejemplo: BSF2_37.
- ✓ Guion bajo.
- ✓ Agregar las letras «HC» de hojarasca para carbono.

2. UNIDAD DE MUESTREO DE BIOMASA DE HOJARASCA Y HERBÁCEAS (UMBH)		
Sub- parcela	Peso húmedo (g)	
	Hojarasca	Herbáceas
1	301	225
2	11	11
3	155	10
4	0.0	21
Muestra	439	267
Código	BSF2-37-HC	BSF2-37-H

Figura 4. Anotación en el formulario del peso de herbácea y hojarasca en cada subparcela, como el peso de la muestra a llevar al laboratorio.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 5. Hojarasca cortada y depositada en bolsa grande.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 6. Cuadro de 0.5 m x 0.5 m de PVC de ½" de diámetro.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Las herramientas y materiales a usar para la recolección de la hojarasca y herbáceas son los siguientes:

- ✓ Marco de hierro o PVC de 0.5 m al cuadro.
- ✓ Tijera para podar.
- ✓ Machete.
- ✓ Pines de hierro de 1/8", cuatro en total.
- ✓ Bolsa de ziploc o zíper debidamente codificada.
- ✓ Bolsa grande o saco de nylon.
- ✓ Cordel o pita.

Muestra de suelo para carbono

Estratos BP, BCS, BS, BC y CBS

La recolección de la muestra de suelo para carbono en los estratos de bosque *perennifolio* maduro, bosque *caducifolio/semicaducifolio* maduro, bosque secundario, bosque de *conífera* y café bajo sombra, se realizará mediante uno de los siguientes dos métodos:

- ✓ Método del cilindro/barreno.
- ✓ Método del palín.

A continuación, se describe cada método a usar en la recolección de muestras de suelo para carbono, a ser aplicado en cinco estratos, a pesar de que para el estrato de café bajo sombra (CBS), la longitud de la parcela principal es de 125 m.

Por otra parte, en la fase I (premuestreo) del INB, los estratos de bosque secundario, bosque *caducifolio/semicaducifolio* maduro y bosque *perennifolio* maduro, se trataron como estratos separados, pero en la fase II (muestreo) se fusionó en uno solo denominado bosque *latifoliado*.

Método del cilindro/barreno

Se utiliza en terrenos con suelos blandos o suaves, sin presencia de piedras, caso contrario, deberá usarse el método del palín.

Deberá extraerse muestras de suelo en las cuatro esquinas (Figuras 2 y 3) de la parcela principal, Unidad de Muestreo de Biomasa Aérea 1 (UMBA1), a una profundidad de 20 cm. Estos puntos de muestreo de suelo se ubicarán en el centro de la subparcela de hojarasca, como se aprecia en la Figura 3.

El equipo a usar para recolectar muestras se detallan en las Figuras de la 8 a la 15.



Figura 7. Muestreador de suelo.



Figura 8. Rastrillo de jardinero.



Figura 9. Cubeta de plástico o bolsa.



Figura 10. Bolsas de zíper.



Figura 11. Marcador permanente.



Figura 12. Bloque de madera.



Figura 13. Martillo.



Figura 14. Palín.

Fuente: Forestry suppliers.

Antes de usar los equipos de extracción de suelo para carbono, deberán estar limpios para no contaminar la muestra de suelo del lugar en que se trabajará.

Pasos

- ✓ Luego de recolectadas las plantas herbáceas y hojarasca, se deberá limpiar la superficie del suelo, de modo que esté libre de todo residuo de hojarasca y hierba.
- ✓ Introducir el cilindro a una profundidad de 20 cm.
- ✓ Utilizar el bloque de madera y el martillo, golpear hasta introducir el cilindro, teniendo el cuidado de no golpear más cuando se determine que el cilindro ha tocado roca, raíz u otro material sólido que impide la penetración del cilindro, y pueda ocasionar daños al mismo.

Lo importante es obtener una muestra representativa de suelo en toda la profundidad de 20 cm.

- ✓ Colocar la muestra de suelo en una bolsa grande o cubeta de plástico, y así sucesivamente, continuar recolectando las muestras en los siguientes tres puntos (esquinas de la parcela), hasta reunir el suelo de los cuatro puntos de muestreo.
- ✓ Mezclar las muestras recolectadas en los cuatro puntos de muestreo de la parcela principal (UMBA1), para garantizar la extracción de una muestra compuesta y representativa.
- ✓ Colocar en una bolsa de cierre zíper o cierre fácil, la muestra compuesta que debe ser de aproximadamente 500 g de peso, debidamente identificada con su respectivo código (Figura 15).

El código de la muestra estará conformado de la siguiente manera:

- ✓ Código de la parcela.
- ✓ Código de la muestra, descrita de la siguiente manera:
 - Guion bajo después del código de la parcela.
 - Las iniciales en mayúsculas del nombre Carbono de Suelo, siendo CS.

En la Figura 15 se presenta un ejemplo de una muestra con su código BSF1_17_CS y tipo de bolsa. Dicho código se interpreta de la siguiente manera:

- ✓ BSF1_17. Parcela de bosque secundario, de la fase I (premuestreo), número de parcela 17.
- ✓ CS. Muestra de Carbono de Suelo.



Figura 15. Muestra de Carbono de Suelo en bolsa zíper, donde se observa su código.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

En la Figura 16 se muestra parte del formulario usado, en que se describe el peso de la muestra de suelo para carbono y el método usado con cilindro.

3. UNIDAD DE MUESTRA DE SUELO PARA CARBONO (UMSC) Y UNIDAD DE MUESTREO DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE (UMSDA)				
Muestra de suelo para carbono:	Peso (g)	560	Código	BSF1-05-CS
	Método usado	Cilindro ☒	Palín ☐	Pedregosidad ☐

Figura 16. Detalle de los datos descritos en el formulario de la muestra de suelo para carbono.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Recomendaciones a tomar en cuenta en casos especiales:

- ✓ Se deberá cambiar de lugar en el marco de 0.50 m x 0.50 m o fuera de él, pero lo más cercano a la subparcela y dentro de la parcela principal. Cuando el

cilindro muestreador de suelo no logre introducirse los 20 cm de profundidad por algún objeto sólido (roca, raíz, otro).

No obstante, al intentar por segunda vez, se debe cambiar y usar el método del palín, y especificarlo en el formulario de campo respectivo.

- ✓ Se deberá extraer la muestra fuera del marco de 0.50 m x 0.50 m, pero lo más cercano a este y con la condición de estar dentro de la parcela principal, cuando se ubique, por completo, en una roca u otro objeto, se deberá extraer la muestra fuera.

Método del palín

Se utiliza cuando el suelo está muy compacto, es demasiado pedregoso o muy suelto, siendo difícil la penetración del cilindro, o el material no se puede extraer por ser demasiado suelto.

Todos los pasos son iguales que el método del cilindro/barreno, la diferencia es que en este caso se usa el palín para cavar el hoyo de 20 cm de profundidad y cuando está hecho se procede a sacar una porción de aproximadamente una pulgada de espesor, de los 20 cm de profundidad, tal como se aprecia en la Figura 17.

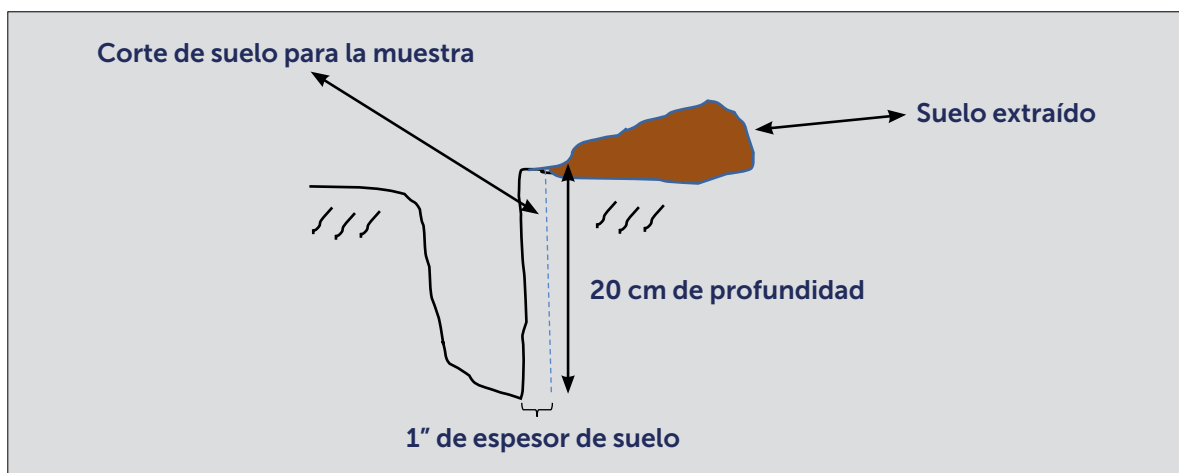


Figura 17. Diseño de la extracción de la muestra de carbono con palín.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Estrato BSA

Este estrato corresponde a bosque salado (BSA), comúnmente, conocido como bosque de mangle.

A diferencia de los anteriores, la recolección de la muestra para Carbono en Suelo en BSA, se hará en las cinco subparcelas descritas en la Figura 18, en donde se tomarán en el mismo punto, dos muestras para carbono en suelo, en una profundidad de 100 cm; siendo la primera muestra de 0 a 50 cm y, la segunda, de 50 a 100 cm (Figuras 19 y 20).

Para este tipo de muestreo se usará el barreno de 100 cm de largo, como se muestra en la Figura 19 y su extracción práctica en Figura 21.

Uno de los cuidados a tomar en cuenta, en la recolección de las muestras de suelos o sedimento en bosque salado, es que el barreno debe estar libre de todo material de suelo de las subparcelas anteriores, evitando que se contaminen las muestras, para lo cual se recomienda tomar en cuenta alguna de las siguientes recomendaciones:

- ✓ Luego de recolectar las muestras en una subparcela, el barreno debe ser limpiado con suficiente agua, para eliminar cualquier residuo de suelo o sedimento.
- ✓ Al llegar al lugar de la nueva subparcela, introduzca el barreno, por lo menos, dos veces cerca del lugar donde se extraerán las nuevas muestras, con el fin de eliminar cualquier material residual de suelo de la parcela anterior.

La estructura del código de las muestras de suelo es la siguiente:

- ✓ Código de la parcela.

✓ Código de la muestra, descrita de esta forma:

- Guion bajo después del código de la parcela.
- Las iniciales en mayúsculas del nombre Carbono de Suelo, es decir, CS.
- Colocar el número de la subparcela.
- Guion bajo.
- Número de la profundidad, donde será definido de la siguiente manera:
 - De 0 a 50 cm, con el número 1.
 - De 50 a 100 cm, con el número 2.

Como ejemplo se presenta el siguiente código: BSAF1_08_CS2_1. Dicho código se interpreta de la siguiente manera:

- ✓ BSAF1_08. Parcela de bosque salado, de la fase I (premuestreo), número de parcela 08.
- ✓ CS2. Muestra de Carbono de Suelo de la subparcela 2 (UMBA2).
- ✓ Muestra de la profundidad 1, que va de 0 a 50 cm.

La cantidad de muestras de carbono en cada subparcela (UMBA1) será de dos, y el total en la parcela será de 10 muestras que serán depositadas cada una en una bolsa con zíper o ziploc, debidamente etiquetada (Figura 22).

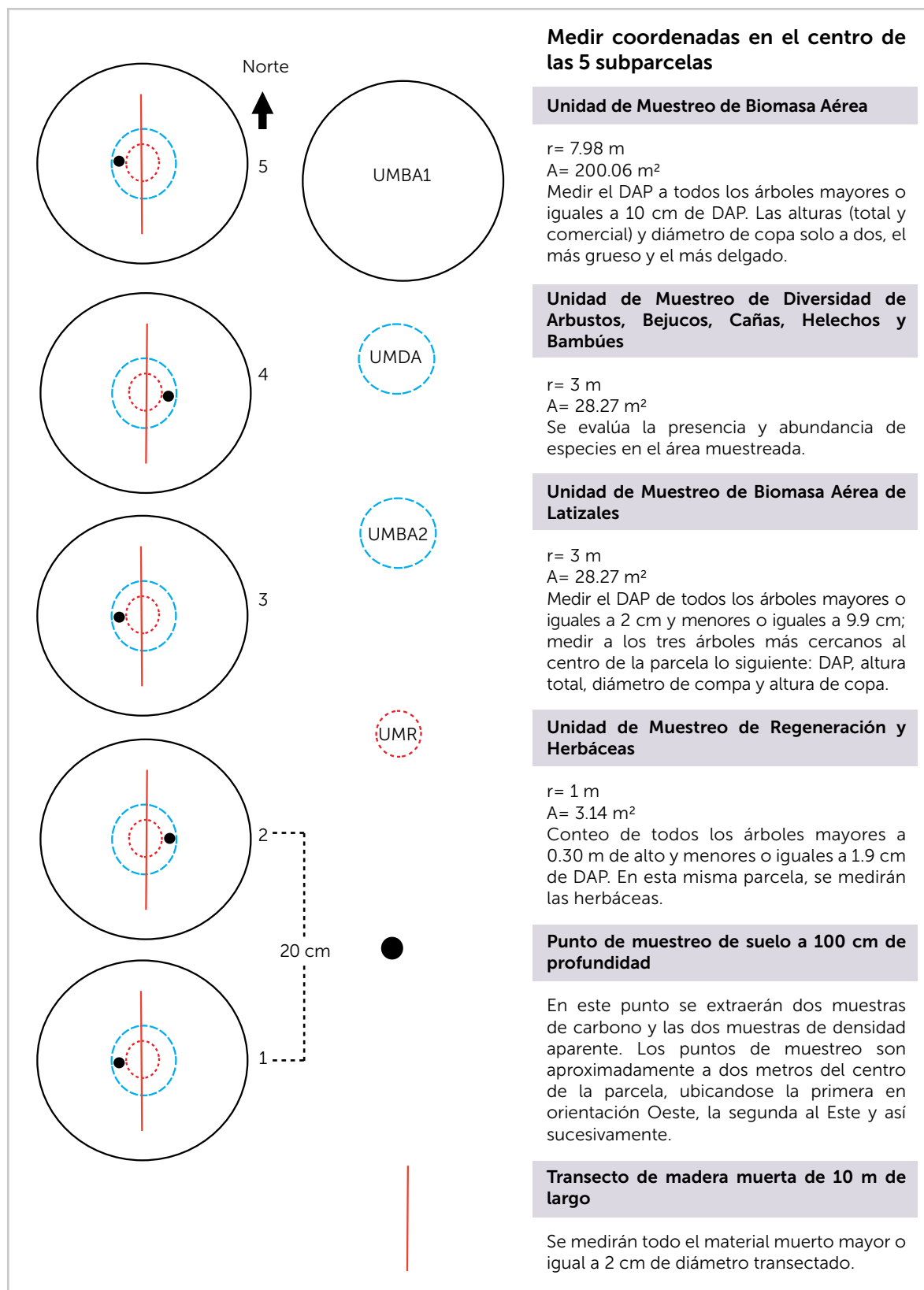


Figura 18. Diseño de parcela en bosque salado.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 19. Toma de dos muestras para carbono en suelo en muestreador de suelo de 100 cm de largo y 2" de diámetro, en bosque salado.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

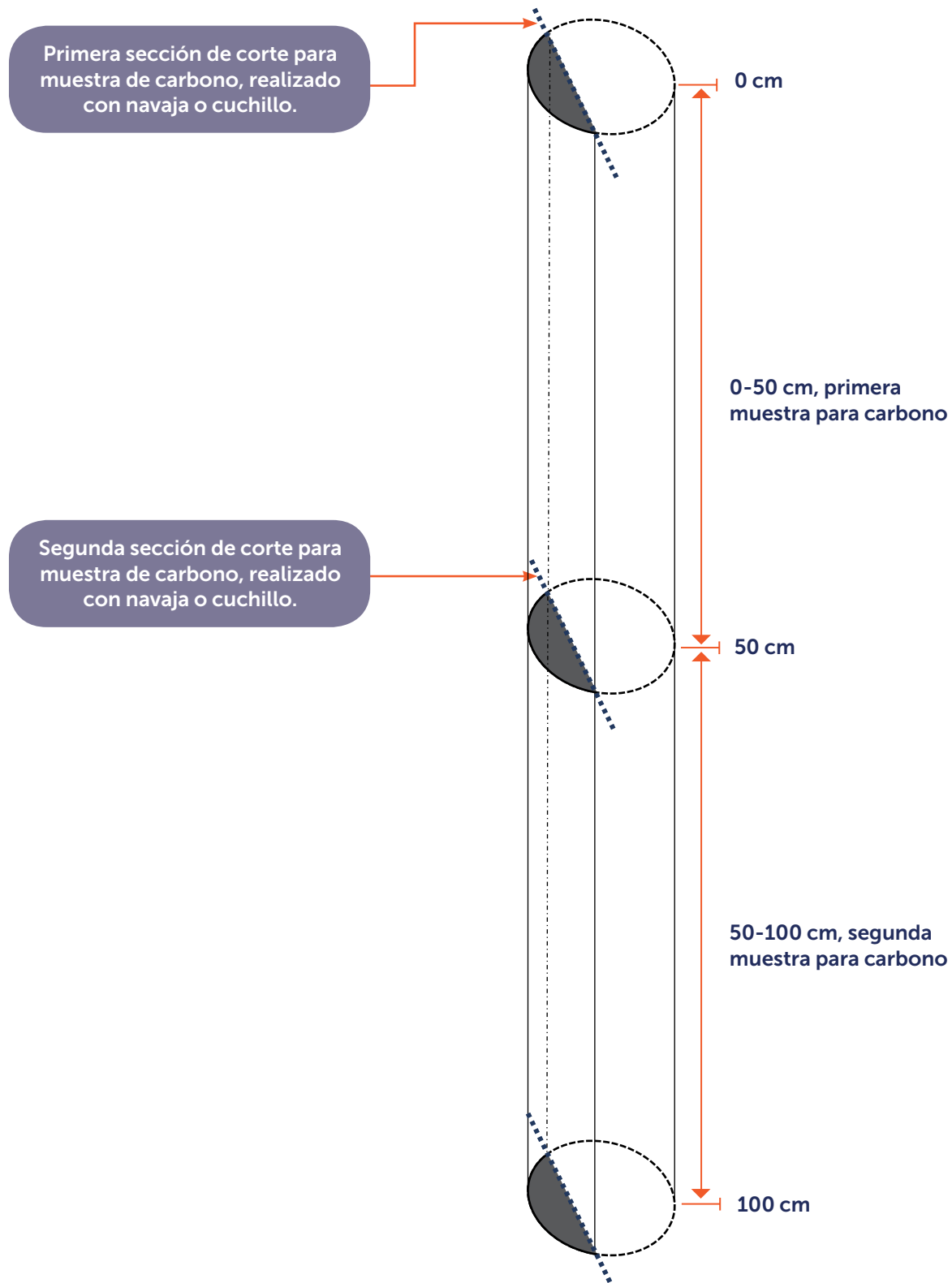


Figura 20. Extracción de muestra de suelo para carbono.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 21. Extracción del suelo o sedimento, con el barreno de 1 m de largo en bosque salado.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 22. Muestras de suelo preparadas para ser enviadas para su análisis de carbono.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

En la Figura 23 se detalla cómo se describen los pesos de las muestras de suelo para carbono, en cada subparcela en el bosque salado.

2. UNIDAD DE MUESTRA DE SUELO PARA CARBONO (UMSC) Y UNIDAD DE MUESTREO DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE (UMSDA)				
Sub-parcela	Peso húmedo (g)			
	Densidad aparente		Muestra/carbono	
	PDA 20-25 cm	PDA 70-75 cm	Profundidad 0-50 cm	Profundidad 50-100 cm
1	150	138	413	390
2	121	119	321	464
3	131	122	352	382
4	110	127	370	327
5	123	121	413	416

Figura 23. Detalle de la anotación de peso de las muestras para carbono y densidad aparente, en la sección del formulario.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Muestra de suelo para densidad aparente

Estratos BP, BCS, BS, BC y CBS

La densidad de los cuerpos es definida, en su concepción más general, como la relación existente entre la masa de un cuerpo y el volumen que este ocupa en el espacio. Esta medida permite ver la facilidad de penetración de las raíces al suelo, la predicción de la transmisión de agua, la transformación de los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y, consecuentemente, calcular la lámina de agua en el suelo. Además, permite calcular la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas, y estimar la masa de la capa arable (Floresy Alcalá, 2010).

Otra definición de densidad aparente es la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre ellas. Es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento. Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de

entre 2.5 y 2.8 g/cm³, mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm³.

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales, maquinaria agrícola, y clima, por ejemplo, por impacto de las gotas de lluvia (Arskead *et al*, 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces e inhiben el movimiento del aire y el agua, a través del suelo. Las densidades aparentes aumentan con la profundidad en el perfil del suelo. Lo anterior se debe a las cantidades de materia orgánica más baja, a una menor agregación y a una mayor compactación.

Los dos métodos usados en la determinación de la densidad aparente son:

1. Método de cilindro de volumen conocido.
2. Método de lámina de plástico.

Método de cilindro de volumen conocido

Este método permite recolectar muestras de suelo en campo, utilizando un cilindro con dimensiones conocidas (diámetro y altura), permitiendo obtener fácilmente el volumen de suelo contenido en el cilindro. El peso de suelo seco se obtiene en el laboratorio, secando el suelo en el horno y luego pesándolo en la balanza analítica o semianalítica.

Se debe tener cuidado al tomar las muestras para conservar la estructura natural del suelo, ya que cualquier cambio en la estructura podría alterar el espacio poroso y el peso (Casanova, 2005).

Este método, diseñado por Uhland, utiliza muestras inalteradas y se adapta a suelos no pedregosos, ni arenosos.

Procedimiento en campo

Escoger los tres sitios de muestreo dentro de la parcela de 20 m x 50 m o 20 m x 125 m, que no se encuentren cerca de caminos, pasos de animales, pisadas, cercos entre otros. En la Figura 24 y Tabla 2 se detallan los lugares de muestreo dentro de la parcela principal.

Tabla 2. *Puntos de muestreo para densidad aparente en suelo y las coordenadas de ubicación.*

Punto de muestreo	Código	Posición coordenada X (m)	Posición coordenada Y (m)
1	PDA1	-5	2.5
2	PDA2	+5	25.0 o 62.5*
3	PDA3	+5	47.5 o 122.5*

Nota: * En caso del estrato de café bajo sombra.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

En las Figuras 10, 11, 12, 13, 25, 26 y 27 se presenta el equipo, las herramientas y los materiales a usar, para extraer las muestras de suelo y calcular la densidad aparente.

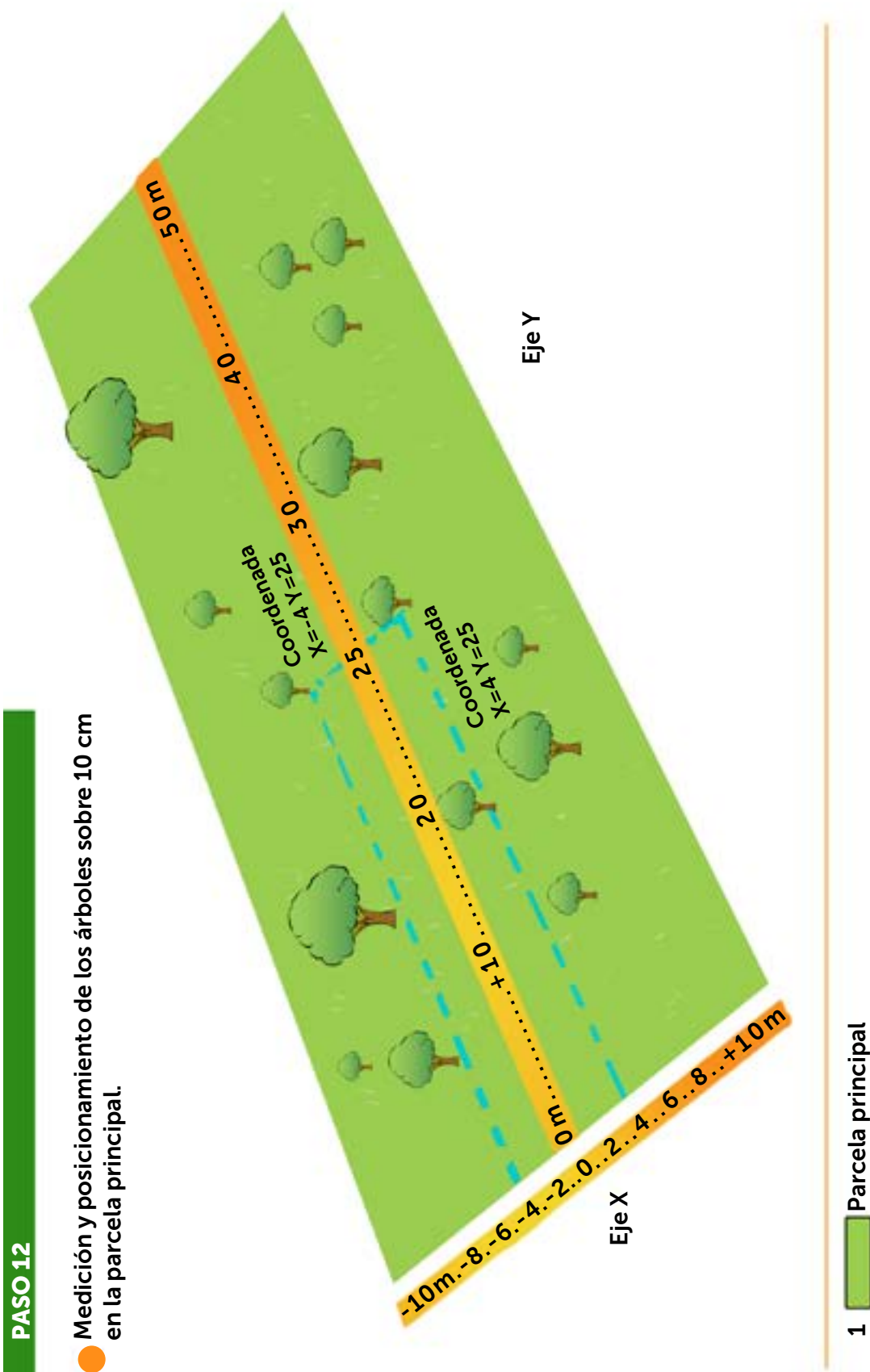


Figura 24. Ubicación de los tres puntos de recolección de densidad aparente en la parcela principal.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Equipo, herramientas y materiales

- ✓ Cilindro de volumen conocido.
- ✓ Navaja o cuchillo.
- ✓ Bloque de madera.
- ✓ Martillo.
- ✓ Pala de jardinero.
- ✓ Bolsas plásticas transparentes de zíper, con bandas blancas para escritura.
- ✓ Marcador permanente.



Figura 25. Cilindro.

Figura 26. Navaja o Cuchillo.

Figura 27. Pala de jardinero.

Fuente: Forestry Suppliers.

Pasos

- ✓ Limpiar la superficie del suelo de modo que esté libre de todo residuo de hojarasca y/o materia orgánica.
- ✓ Utilizar el bloque de madera y el martillo, golpear hasta introducir el cilindro a 5 cm, teniendo el cuidado de no golpear más cuando se determine que la

pieza ha tocado roca, raíz u otro material sólido, que impide la penetración del cilindro y puede ocasionar daños al mismo. Lo importante es obtener una muestra completa de suelo.

- ✓ Nivelar (cortar) los dos extremos del cilindro con ayuda del cuchillo o navaja.
- ✓ Colocar la muestra de suelo en una bolsa de cierre zíper cierre fácil, identificarla con el código de la parcela, fecha, número de muestra (que ha de especificarse en el código).

El código de la muestra estará formado como se detalla en la Figura 28:

- ✓ Código de la parcela.
- ✓ Código de la muestra, descrita como sigue:
 - Guion bajo después del código de la parcela.
 - Las iniciales en mayúsculas del nombre punto de densidad aparente, y seguido del número del punto, descrito así «PDA#». Este número de punto inicia en el sur y finaliza en la última parcela norte.

Un ejemplo: BSF1_27_PDA3.

Dicho código se interpreta de la siguiente manera:

- ✓ BSF1_27. Parcela de bosque secundario, de la fase I (premuestreo), número de parcela 27.
- ✓ PDA3. Muestra de punto número 3 de densidad aparente.



Figura 28. Observe la muestra de suelo de densidad aparente y la estructura del código.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Es importante proporcionar al receptor de las muestras en el laboratorio, la hoja del formulario respectivo, donde se describe la fecha de recolección, el peso en gramos y el volumen del cilindro usado, expresado en cm^3 (Figura 33), ya que este volumen puede variar según el tamaño de cilindro usado.

3. UNIDAD DE MUESTRA DE SUELO PARA CARBONO (UMSC) Y UNIDAD DE MUESTREO DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE (UMSDA)					
Muestra de suelo para carbono:	Peso (g)	506	Código	CBSF2-19-C3	
	Método usado	Cilindro	Palin	☒	Pedregosidad
Muestra de suelo para densidad aparente:					
Muestra	1	2	3		
Peso de la muestra (g)	130	107	85		
Código	CBSF2-19-PDA1	CBSF2-19-PDA2	CBSF2-19-PDA3		
Vol. (mm/cc)	90.37	90.37	90.37		
Peso total (g)*					
Método usado	CC ☒ , LP	CC ☒ , LP	CC ☒ , LP		

Figura 29. Detalle de las anotaciones en el formulario de campo de las tres muestras de suelo para densidad aparente, extraída por el método del cilindro conocido (CC).

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Método de lámina de plástico

Se utilizará este proceso en sitios pedregosos, arenosos y suelos compactados, donde la introducción del cilindro es difícil, o que cuando este es introducido y se quiere extraer el suelo se cae del mismo (cilindro), debido a ser muy suelto por la abundancia de arena.

Procedimiento en campo

Los sitios seleccionados para este tipo de muestreo son los mismos descritos en la Figura 24.

Equipo, herramientas y materiales

- ✓ Plástico.
- ✓ Palín (14).
- ✓ Balanza.
- ✓ Bolsas, cajas de aluminio o de plástico.
- ✓ Probeta de 1000 ml (Figura 30).
- ✓ Bolsas plásticas transparentes de zíper, con bandas blancas para escritura.
- ✓ Marcador permanente.



Figura 30. Probeta de 1000 ml.
Fuente: Abendroth Bolivia.

Pasos

- ✓ Hacer un agujero en forma rectangular en la superficie del suelo, a una profundidad de 5 cm (Figura 31).
- ✓ Retirar completamente el suelo, teniendo cuidado de conservar íntegro el material extraído y colocarlo directamente en una bolsa plástica, u otro depósito.
- ✓ Sacar las piedras, raíces y grava, y colocarlas en un lugar seguro, de modo que se mantengan íntegras.
- ✓ Colocar el plástico en el agujero.
- ✓ Colocar al centro del agujero las piedras (Figura 32), raíces y grava antes extraídas. Verificar que no sobrepasen el nivel del suelo.
- ✓ Colocar agua en una probeta (Figura 33), de tal manera que, se conozca su volumen inicial y, posteriormente, agregar esta agua en el agujero hasta llenarlo completamente, teniendo cuidado de que no rebalse. El agua vertida en el agujero será el volumen total del suelo en el hueco.
- ✓ Pesar el total de suelo extraído del agujero, para obtener la masa de suelo húmedo.

Del total de suelo extraído, tomar una porción (muestra), de aproximadamente 100 g y colocarla en bolsa plástica o caja (de aluminio o plástica), debidamente etiquetada y pesada, para ser llevada al laboratorio donde será calculada su densidad aparente y contenido de humedad. Los datos recolectados en campo se pueden observar en la Figura 34.



Figura 31. Probeta de 1000 ml.



Figura 32. Probeta de 1000 ml.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 33. Medición de agua en la probeta.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

3. UNIDAD DE MUESTRA DE SUELO PARA CARBONO (UMSC) Y UNIDAD DE MUESTREO DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE (UMSDA)					
Muestra de suelo para carbono:	Peso (g)	511	Código	BCF2-68-CS	
	Método usado	Cilindro _____ Palín ☒	Pedregosidad	2	
Muestra de suelo para densidad aparente:					
Muestra	1	2	3		
Peso de la muestra (g)	110.0	99.0	114.0		
Código	BCF2-68-PDA1	BCF2-68-PDA2	BCF2-68-PDA3		
Vol. (mm/cc)	400.0	200.0	255.0		
Peso total (g)*	701.0	542.0	446.0		
Método usado	CC _____ LP ☒	CC _____ LP ☒	CC _____ LP ☒		

Figura 34. Detalle de las anotaciones en el formulario de campo de las tres muestras de suelo para densidad aparente, extraída con el método de lámina de plástico (LP).

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Estratos BSA

Para el muestreo de densidad aparente, en bosque salado, se usará el mismo instrumento (Figura 19), usado para extraer la muestra de carbono. Se utilizarán las dos densidades aparentes por punto (PDA), en cada subparcela, como se detalla en la Figura 35.

Antes de extraer la muestra de suelo para densidad aparente se debe hacer el corte para tomar la muestra de suelo para carbono y, posteriormente, con navaja o cuchillo se saca la porción de suelo de densidad aparente (Figura 36), para ser depositada en la respectiva bolsa, debidamente etiquetada, para ser enviada al laboratorio (Figura 37).

El llenado del formulario, con los pesos en gramos de las 10 muestras de suelo, para el cálculo de la densidad aparente, se ilustra en la Figura 23.

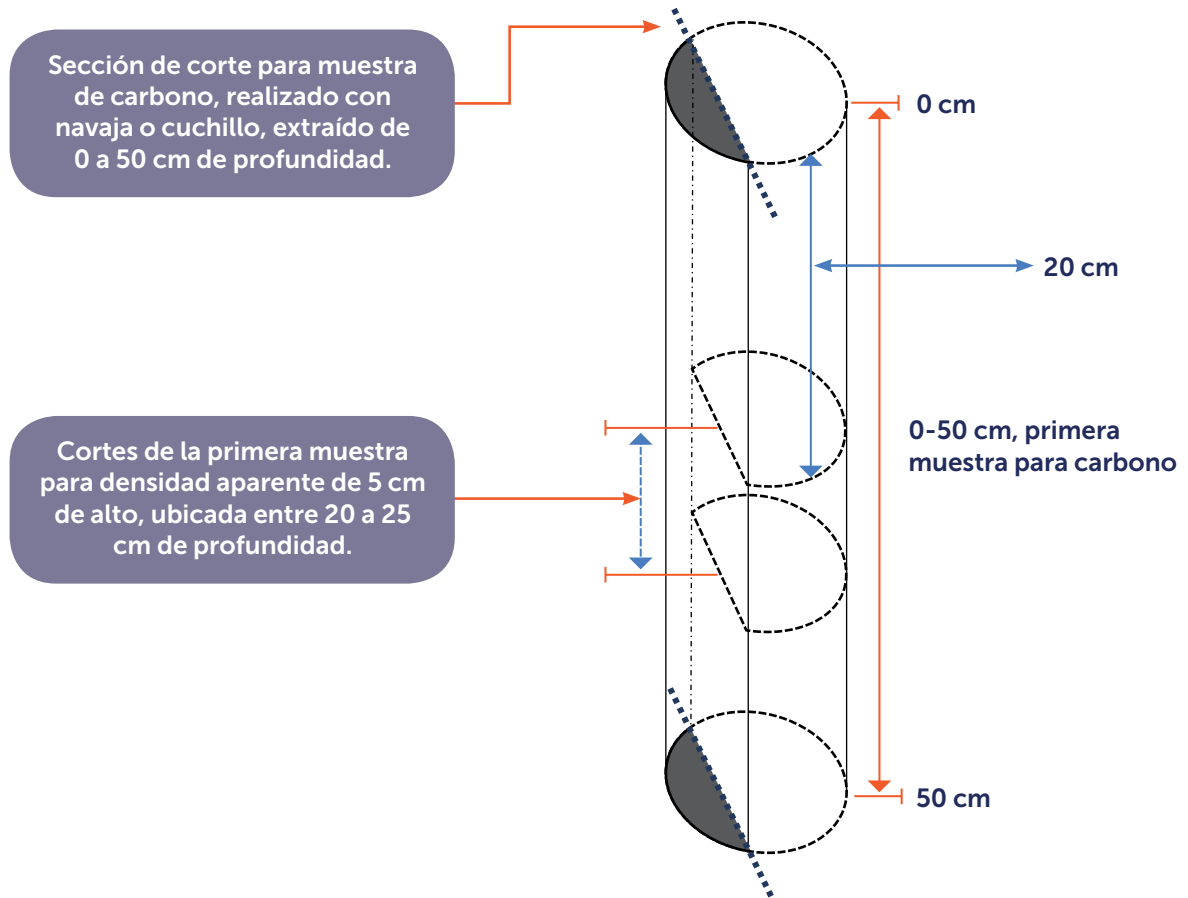


Figura 35. Extracción de muestra de suelo para carbono y densidad aparente en los primeros 50 cm de profundidad.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 36. Marca de extracción de la muestra para densidad aparente.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



Figura 35. Muestras de suelo preparadas para ser enviadas y calcular la densidad aparente.
Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Recepción, preparación, análisis y entrega de certificado (después)

Transporte de las muestras al laboratorio

Es importante que, para transportar las muestras de suelo, hojarasca y herbáceas de las parcelas hacia el laboratorio, donde serán analizadas, se tome en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Una vez que las muestras estén debidamente rotuladas o codificadas, serán transportadas de la parcela al vehículo, en un depósito debidamente protegido, pudiendo ser una mochila, cubeta o caja de plástico, a fin de evitar cualquier daño, que cause rompimiento de las bolsas y posible pérdida de material (suelo, hojarasca y herbáceas).

2. El traslado de las muestras del vehículo al laboratorio debe hacerse en una caja plástica, protegida, con el fin de evitar cualquier daño, por efecto de la lluvia y el sol.

Recepción de las muestras de suelo, hojarasca y herbáceas

Las muestras de (suelo, hojarasca y herbáceas), junto con el formulario correspondiente y debidamente completado, tal como se describe en el Anexo 1, son recibidas por la persona encargada del laboratorio, quien realizará la revisión de las muestras y los datos respectivos, en el libro de registros del laboratorio, tales como: fecha de entrada, hora, código de laboratorio y código del muestreo.

La persona que recibe las muestras en el laboratorio deberá firmar una copia del formulario y proporcionarlo a la persona que las entregó, como respaldo de dicha entrega y del cual deberá colocarse una copia en el archivo único de la parcela (bolsa de manila debidamente etiquetada).

Análisis de densidad aparente del suelo

Una vez recibida la muestra de suelo en el laboratorio, se registra y sigue los procedimientos de custodia y preservación adecuados. Para el análisis de contenido de densidad aparente se procede a una preparación previa, que consiste en las siguientes operaciones:

1. **Lavado y secado de cajas de aluminio:** las cajas de aluminio (Figura 38), se lavan con abundante agua de chorro y finalmente con agua destilada. Luego se ponen a secar en una estufa (Figura 39), a una temperatura de 60 °C por 30 minutos. Después, esta caja de aluminio se retira de la estufa, se deja enfriar y se pesa en la balanza semianalítica (Figura 40).

2. **Pesado de la muestra:** en las cajas previamente secadas y pesadas, se colocan todas las muestras de suelo y se pesan en balanza semianalítica, obteniendo el peso de suelo húmedo de la muestra.
3. **Secado:** las cajas con muestras de suelo se colocan en una estufa a una temperatura de 110 °C, por un período de 24 horas. La muestra de suelo secado al horno no considera el peso de piedras, fragmentos de plantas y animales, así, el volumen de suelo muestreado se corrigió por el volumen ocupado por piedras y los fragmentos en mención.
4. **Pesado de muestras secas:** una vez seca la muestra, las cajas se pesan en balanza semianalítica con muestras de suelo previamente enfriadas.
5. **Cálculos para densidad aparente:** con los pesos obtenidos se hacen los cálculos respectivos para calcular la densidad de cada una de las muestras de suelo.

$$Da \left(\frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{Mss (gr)}{Volumen\ del\ cilindro\ (cm^3)}$$

Donde:

Da (g/cm³) = Densidad aparente en gramos por centímetro cúbico.

Mss (g) = Muestra de suelo seco en gramo.

También podemos calcular la humedad de la muestra con la siguiente fórmula:

$$H\% = \frac{Msh - Mss}{Mss} * 100$$

Donde:

H % = Porcentaje de humedad.

Msh = Peso de la muestra de suelo húmedo.

Mss = Peso de la muestra de suelo seco.

Al extraer la muestra por el método de lámina de plástico se obtiene el peso total del suelo extraído (sin incluir piedra, grava, raíces u otro material ajeno al suelo), del agujero que se abrió para conocer el volumen, agregando agua.

De la muestra total, se obtiene una submuestra (100 g, aproximadamente), la cual se utiliza para determinar el porcentaje de humedad.

Con ese valor de humedad se calcula el peso seco de la muestra total extraída del agujero, que servirá para calcular el valor de la densidad aparente.

Equipo y materiales

- ✓ Estufa.
- ✓ Balanza semianalítica/analítica.
- ✓ Cajas de aluminio.

A continuación se detallan las Figuras de los equipos y materiales usados en laboratorio.



Figura 38. Cajas de Aluminio.

Figura 39. Estufa.

Figura 40. Balanza semianalítica.

Fuente: Procemat, Direct Industry y Fishersci.

Preparación de muestras de suelo para análisis de carbono orgánico

Suelo

El procedimiento es el siguiente:

1. **Secado:** la muestra se deposita sobre una bandeja de aluminio, y se deja secar en estufa con corriente forzada de aire caliente, a una temperatura de 60 °C, por 24 horas.
2. **Tamizado:** una vez secada la muestra, esta se hace pasar a través de un tamiz de 6 mm de luz, ayudándose de una mano de mortero con cuerpo de goma. De esta forma, se separan grava, piedras u otros materiales.
3. **Molido:** se muele en molino de martillo, hasta obtener partículas más finas y aspecto homogéneo.
4. **Morteroizado y tamizado de la muestra:** se toman 5 g de muestra molida, y se trituran en un mortero de ágata para homogenizar y pulverizar la muestra a partículas más pequeñas.
La muestra triturada se hace pasar por tamiz de 100 mesh, hasta hacer pasar toda la muestra.
5. **Almacenamiento de la muestra para posterior análisis de carbono:** las muestras secas de suelo se almacenan en envases plásticos con tapas (centrífuga) de 15 ml (Figura 41), se etiquetan y guardan en un desecador, hasta el momento del análisis de carbono.



Figura 41. Envases plásticos con tapa (centrífuga).
Fuente: Velaquin.

Hojarasca y herbáceas

El procedimiento es el siguiente:

1. **Secado:** la muestra se deposita sobre una bandeja de aluminio, y se deja secar en estufa, con corriente forzada de aire caliente, a una temperatura de 60 °C, por 24 horas.
2. **Molido:** una vez secada la muestra, se muele en molino de martillo, hasta obtener partículas más finas y aspecto homogéneo. Se cuartea la muestra para obtener tres submuestras de 5 g, cada una, para su análisis de carbono.
3. **Almacenamiento de la muestra para posterior análisis de carbono:** las muestras secas de suelo se almacenan en envases plásticos con tapas de 15 ml (Figura 45), se etiquetan y guardan en un desecador, hasta el momento del análisis de carbono.

Análisis de carbono

La determinación de carbono orgánico se hace por combustión seca, en un analizador automático de carbono AnalytiK Jena HT1300 (Figura 42).

Una vez encendido el analizador, se prepara para alcanzar temperaturas de 1800 °C, previa calibración.



Figura 42. Equipo para analizar carbono.

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Entrega de certificación del análisis

El laboratorio preparará y proporcionará un certificado a quienes solicitan análisis de carbono, con el fin que tanto quien entrega las muestras, como quien realiza las pruebas, cuenten con el respaldo oficial de dicho análisis.

Al realizar los cálculos de carbono por unidad de superficie, se espera obtener los siguientes resultados:

- ✓ Suelo:
 - Muestra para carbono:
 - Porcentaje de carbono (%).

- Muestra para densidad aparente:
 - Densidad aparente (g/cm³).
 - Porcentaje de humedad (%).
- ✓ Hojarasca y herbácea:
 - Porcentaje de carbono (%).
 - Peso seco en gramos de la muestra.

Referencias bibliográficas

- Arsdad, M, Lowery, B; Grossman, B. (1996). *Physical tests for monitoring soil quality. En Doran, J. y Jones A. (Eds.) Methods for assessing soil quality. Madison, WI: Soil Sci. Soc. Am. Spec. (Vol. 49)*
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la Ciencia del Suelo. Caracas, VE: CDCH UCV.*
- Honorato, R. (2000). *Manual de Edafología. Distrito Federal, MX: Alfaomega.*
- Flores, L. y Alcalá, J. (2010). *Manual de procedimientos analíticos: densidad aparente. Instituto de Geología. UNAM. México.*
- Acosta, M., Etchevers, J., Monreal, C., Quednow, K. e Hidalgo C. (2001). *Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Campus Montecillo, MX: Colegio de Posgrados. Recuperado de: https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/10_Acosta.PDF*

Páginas web:

- ✓ Amazon (s.f.). Imagen. Probeta Boeckel. <https://www.amazon.es/Probeta-graduada-baja-SILBERBRAND-ETERNA/dp/B017D6QLOM>
- ✓ Forestry Suppliers. (s.f.). Imagen. Cilindro. Recuperado de https://www.forestry-suppliers.com/product_pages/products.php?mi=88832&itemnum=77468&title=AMS%20Bulk%20Density%20Sampler%20Cup%20and%20Cap
- ✓ Forestry Suppliers. (s.f.). Imagen. Pala de jardinero. https://www.forestry-suppliers.com/product_pages/products.php?mi=76131&title=Corona+Model+CT+3010I+Comfort+Trowel&itemnum=79095

- ✓ Amazon (s.f.). Imagen. Navaja. <https://www.amazon.es/Navaja-Zebrawood-Navaja-Cuchillo-caza/dp/B01N0J3CC4>
- ✓ Velaquin (s.f.). Imagen. Tubos de centrifuga. Recuperado de <https://www.velaquin.com.mx/products/tubos-de-centrifuga>
- ✓ Procemar (s.f.). Imagen. Caja de aluminio. Recuperado de <http://procemat.com/productos/producto/33>
- ✓ Directindustry (s.f.). Imagen. Estufa. Recuperado de <http://www.directindustry.es/prod/jp-selecta/product-69528-592687.html>
- ✓ Fishersci (s.f.). Imagen. Balanza semianalítica. Recuperado de <https://www.fishersci.es/es/es/promotions/fisherbrand-balances.html>

Glosario

Bosque: zona de tierra de una extensión superior a 0,5 hectáreas, con árboles de más de 5 metros de altura y una cubierta de copas de más de un 10 %, o con árboles que puedan alcanzar tales valores *in situ*, sin incluir la tierra que se destine predominantemente a uso agrícola o urbano.

Biomasa: toda la materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta.

Laboratorio: es un lugar que se encuentra equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico.

Parcela: unidad mínima de muestreo en un inventario forestal, donde se harán las diversas mediciones y/o caracterización de la vegetación.

Anexo 1

Formato de recepción de muestras de suelo, hojarasca y herbáceas en el laboratorio

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS:				
Código	Tipo de muestra	Análisis	Fecha de recolección	Responsable de recolección

Tipo de muestra: Suelo = 1, hojarasca = 2 y Herbáceas = 3
Análisis: Carbono = 1, densidad aparente = 2.

Fecha, hora y lugar de recepción: ____ , ____ / ____ / ____ , _____

Responsable que entrega: _____ F. _____

Responsable que recibe: _____ F. _____

F. _____

Nombre: _____
Jefe del Departamento

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Anexo 2

Formulario de entrega de muestras de suelo al laboratorio de bosque latifoliado, conífera y café bajo sombra.

SEMANA DE COLECTA: _____ FECHA DE ENTREGA A LABORATORIO: _____ MÉTODO: P = PLÁSTICO C = CILINDRO

FECHA DE COLECTA	DETALLE	HERBÁCEA CARBONO	HOJARASCA CARBONO	SUELO CARBONO	SUELO DENSIDAD APARENTE 1	C	P	VOLUMEN Y PESO TOTAL	SUELO DENSIDAD APARENTE 2	C	P	VOLUMEN Y PESO TOTAL	SUELO DENSIDAD APARENTE 3	C	P	SUELO DENSIDAD APARENTE
	Código de parcela															
	Código en la bolsa															
	Peso (g)															
	Código de parcela															
	Código en la bolsa															
	Peso (g)															
	Código de parcela															
	Código en la bolsa															
	Peso (g)															
	Código de parcela															
	Código en la bolsa															
	Peso (g)															
Comentarios:																
	Recibió:															
	Nombre y firma:															

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.

Anexo 3

Formulario de entrega de muestras de suelo de bosque salado al laboratorio

FECHA DE COLECTA	SUB-PARCELA	DETALLE	DENSIDAD APARENTE 20-25 CM	DENSIDAD APARENTE 70-75 CM	MUESTRA/CARBONO 0-50 CM	MUESTRA/CARBONO 50-100 CM
	1	Código de parcela				
		Código en la bolsa				
		Peso (g)				
	2	Código de parcela				
		Código en la bolsa				
		Peso (g)				
	3	Código de parcela				
		Código en la bolsa				
		Peso (g)				
	4	Código de parcela				
		Código en la bolsa				
		Peso (g)				
	5	Código de parcela				
		Código en la bolsa				
		Peso (g)				
Comentarios:						

RECIBÍO: _____ ENTREGÓ: _____ RECIBÍO: _____
NOMBRE: _____ NOMBRE: _____ NOMBRE: _____

Fuente: Proyecto TF 099529: Preparación de Propuesta Readiness de El Salvador, MARN, 2017-2018.



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL



giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



 **SilvaCarbon**



VIELCA
VIAJES Y TURISMO

www.marn.gob.sv | medioambiente@marn.gob.sv

