
**Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la
deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo**

ONU-REDD

Programa nacional Panamá

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO

MANUAL DE CAMPO – HOJARASCA Y SUELOS

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO

MANUAL DE CAMPO – HOJARASCA Y SUELOS

Preparado por: Carlos Melgarejo, Víctor Corro, María del Carmen Ruiz Jaén

Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo (ONU-REDD)

Programa nacional Panamá

MINISTERIO DE AMBIENTE

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)

Contenido

1.	Antecedentes	3
2.	Estimaciones de carbono en suelo y hojarasca	3
3.	Formulario 7	4
A.	Datos de hojarasca y calicata de suelos	4
A1.	Hojarasca	4
A2.	Calicata	5
A3.	Horizontes de suelo	9
4.	Referencias	15
5.	Anexo I. Sistema de clasificación de la cobertura vegetal y el uso de la tierra	16

Siglas y acrónimos

COS	Carbono orgánico en suelos
CUT	Clase de cobertura y uso de tierra
DAP	Diámetro a la altura del pecho (1.3 m)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (siglas en inglés)
GPS	Sistema de posicionamiento global (siglas en inglés)
ha	Hectárea (100 m x 100 m)
IDIAP	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
INFC	Inventario nacional forestal y de carbono
IPCC	Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (siglas en inglés)
m²	Metro cuadrado (1 m x 1 m)
MIAMBIENTE	Ministerio de Ambiente
ONU-REDD	Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo
REDD+	Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo, y el papel de conservación, ordenación sostenible de los bosques y aumento de las reservas de carbono en los países en desarrollo
SNMB	Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques
UM	Unidad de muestreo
UNFCCC	Convención Marco para el Cambio Climático de las Naciones Unidas (siglas en inglés)
UTM	Universal Transversal de Mercator
WGS-84	Sistema Geodésico Mundial del año 1984 (siglas en inglés)

1. Antecedentes

REDD+ es un mecanismo voluntario de mitigación basada en los bosques, donde los países participantes deben establecer un SNMB con una línea base de referencia. Este sistema debe ser robusto, verificable y transparente y debe integrar una combinación de sistemas de teledetección con inventarios forestales de carbono basados en mediciones de campo. Además, este sistema debe ser multipropósito, el cual además de generar información sobre el contenido y flujos de carbono en diferentes tipos de bosque, también debe contribuir a generar información sobre los bienes forestales (maderables y no maderables) que propicie el mejoramiento de la gestión forestal, así como el seguimiento y evaluación de las políticas forestales y usos de tierra. La información generada por el SNMB debe ser estadísticamente verificable, confiable y se debería poder medir periódicamente.

En el caso de Panamá el inventario nacional forestal y de carbono será multipropósito con un enfoque en los objetivos de REDD+. El INFC se concentrará principalmente en áreas de bosques con la finalidad de calcular tanto el contenido, las emisiones y absorciones de carbono por deforestación y degradación de bosques, con cuya información se podrá establecer la línea base que requiere el SNMB.

Para asegurar que los datos que se recolecten en el INFC sean verificables y confiables, se elaboró este manual de campo y que las cuadrillas de campo realicen mediciones de manera homogénea. Este manual incluye el diseño de muestreo adoptado por Panamá, la distribución de las unidades de muestreo y su configuración, el sistema de clasificación de uso de tierra, los formularios de campo a utilizar y los protocolos a seguir durante el levantamiento de campo.

2. Estimaciones de carbono en suelo y hojarasca

Este manual se enfoca en la toma de datos para determinar el contenido de carbono en la hojarasca y en la materia orgánica de suelo en la fase piloto del Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC).

Hojarasca: comprende toda la necromasa en hojas, flores, frutos y ramas menores de 2 mm de diámetro, en varios estados de descomposición, y que yace sobre el suelo mineral u orgánico. Se pesa la hojarasca húmeda en el campo y se lleva una muestra al laboratorio para determinar el grado de humedad y contenido de carbono.

Materia orgánica en suelo: se mide el carbono orgánico hasta 1 m de profundidad en tres horizontes: 0-30 cm, 30-60 cm y >60 cm. En cada horizonte se toman muestras para determinar en el laboratorio la densidad aparente y contenido de carbono en la materia orgánica. Para fines de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, debe reportarse solamente el contenido de carbono en los primeros 30 cm de profundidad; sin embargo, para mejorar la información de suelos en el país, se levantó información de los tres horizontes y se realizaron análisis adicionales (Detalle de la recolecta de suelos en el Manual de Campo para suelos).

La recolección de datos hojarasca y suelos se realizaron en el punto central de una unidad de muestreo (UM), la cual la conforman un conglomerado de 4 parcelas permanentes de 20 m x 250 m en forma de cruz a 25 m equidistantes del punto central cubriendo un área de 550 m x 550 m (**Figura 1**).

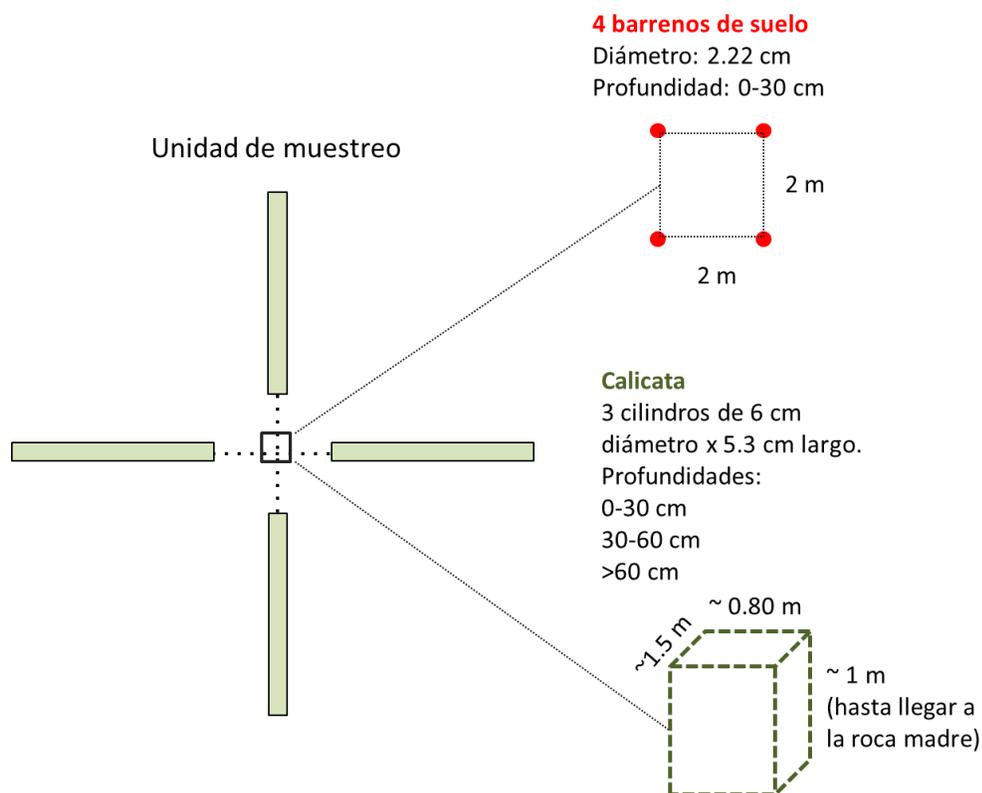


Figura 1. Recolecta de carbono orgánico de suelos y otras características de suelo.

3. Formulario 7

A. Datos de hojarasca y calicata de suelos

A1. Hojarasca

Una vez identificada el área de la calicata cerca del punto central de la UM, se recolectará la hojarasca sobre la superficie de 1 m² (1 m x 1 m) de la siguiente manera:

Hojarasca (411): se refiere a los datos recolectados sobre hojarasca, que incluye toda biomasa muerta de hojas, frutos, semillas y de madera muerta caída con un diámetro mayor de 2 mm y menor 5 cm, que se encuentran en un área de 1 m². Se registrará el **porcentaje de cobertura (411a)**, el **peso fresco (411b)** en gramos medidos por una balanza en el campo y se determinará el **porcentaje de humedad en el campo (411c, Figura 2)**.

Humedad de la hojarasca en el campo (411c)

Código	Opciones	Descripción
00	No aplica	En caso que no haya hojarasca
01	Seca	100% de las hojas están secas
02	Mayormente seca	75% de las hojas están secas
03	Media	50 % de las hojas están secas
04	Húmeda	75% de las hojas están húmedas
05	Muy húmeda	100% de las hojas están húmedas

La hojarasca debe ser colocada en bolsas de papel para secar, luego se medirá el peso seco (701) y el contenido de humedad (702) en el laboratorio, y posteriormente se analizará el contenido de carbono en la hojarasca (703). Las bolsas deben estar rotuladas con el número de unidad de muestreo, fecha de colecta y el nombre del colector (Figura 2).



1. Recolectar la hojarasca en 1 m²



2. Medir el peso fresco de la hojarasca



3. Organizar la hojarasca en bolsas para determinar el contenido de carbono

Figura 2. Descripción para la recolecta de hojarasca en el campo.

A2. Calicata

Barreno



Recolección de muestra de 0 – 30 cm de profundidad utilizando el barreno.

Figura 3. Equipo utilizando el barreno para recolecta de suelos.

Luego de recolectar la hojarasca, se extraerá una muestra de suelo con un barreno de 2.22 cm de diámetro y 30 cm de profundidad en cada esquina en un área de 4 m² (**Figura 1 y 3**). Los barrenos se mezclarán en una muestra compuesta en una bolsa “ziplock”. Cada bolsa se rotulará con el número de la unidad de muestreo, la fecha de recolecta y el nombre del recolector.

Calicata



1. Materiales para realizar una calicata.

2. Descripción del perfil de suelo.

3. Medir la profundidad del perfil de suelo.

Figura 4. Muestra de los materiales para realizar una calicata y de un perfil de suelos.

Se hará una calicata de 0.80 x 1.50 m hasta **1.50 m** de profundidad o menos profundo si se encuentra con el material parental antes (**Figura 4**). En esta calicata se realizará lo siguiente:

Profundidad de calicata (704): se medirá la profundidad de la calicata en metros. La profundidad máxima será de 1.5 metros.

Profundidad de raíces (705): se refiere a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se consideran parte de la profundidad efectiva horizontes o capas endurecidas en forma natural o por efectos de labranza. La profundidad efectiva también está limitada por capas freáticas cercanas a la superficie del suelo. Se medirá profundidad con una regla y reportaran los datos en metros.

Horizontes visibles (706; si/no): se anota si en el perfil de la calicata es posible apreciar horizontes.

Inundable (707; si/no): se indicará si la unidad de muestreo esta regularmente inundada (Si) y si no está regularmente inundada (No).

Pendiente (601): el ángulo de la pendiente dominante del punto de medición, expresada en porcentaje. El área para medir la pendiente será de 20 metros incluyendo el área del punto central. La pendiente se medirá usando un hipsómetro manual dirigido en la dirección de la pendiente más representativa o predominante en un área de 20 m de radio. *La pendiente se mide con la escala de 20 m al lado izquierdo del hipsómetro*, luego la lectura obtenida puede buscarse en la tabla de conversión de la parte trasera del instrumento para obtener el ángulo. Para pasar de ángulo a pendiente, puede utilizarse la siguiente fórmula: $Pendiente (\%) = \tan (pendiente \text{ en grados}) * 100$. Si la pendiente no es homogénea, se tomará el promedio de las lecturas de la pendiente hacia arriba y hacia abajo del punto de medición.

Complejidad de la pendiente (602): relieve de la pendiente. Se describe con relación a la uniformidad de la pendiente (Figura 5). Se mide pendiente abajo.

Código	Opciones	Descripción
01	Simple	Casi recta o curvilínea
02	Compleja	Irregular que presenta la superficie del terreno.
03	No aplica	No hay presencia de pendiente.

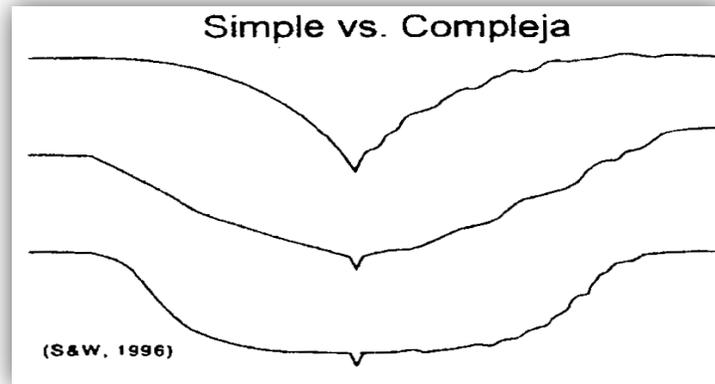


Figura 5. Detalle de la complejidad de la pendiente.

Erosión (603): se mide el grado de erosión a lo largo de aproximadamente de 20 m.

Código	Opciones	Descripción
00	Ninguna	No existe evidencia de daño en los horizontes superficiales del suelo.
01	Ligera	Alguna evidencia de daño a los horizontes superficiales del suelo. Las funciones bióticas originales se encuentran intactas.
02	Moderada	Evidencia clara de remoción de horizontes superficiales del suelo. Las funciones bióticas originales se encuentran parcialmente destruidas.
03	Severa	Horizontes superficiales completamente removidos y los horizontes sub-superficiales expuestos. Las funciones bióticas originales ampliamente destruidas.
04	Extrema	Remoción substancial de los horizontes sub-superficiales. Las funciones bióticas originales fueron completamente destruidas. Roca madre expuesta.

Tipo de erosión (604): se estima el tipo de erosión dominante en el lugar. Se especifica el tipo de erosión por escurrimiento de agua.

Código	Opciones	Descripción
01	Laminar	Pérdidas de suelos parejas; no hay canales
02	En surcos	Pequeños canales
03	En cárcavas	Grandes canales
04	En túneles	Vacío sub-superficiales que aumentan de tamaño por agua corriente creando canales subterráneos
05	No aplica	Si encuentra condiciones no descritas anteriormente.

Pedregosidad (605): se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (4.5 cm de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea

materiales de origen volcánico o material que haya sido transportado, como materiales aluviales. Los criterios para definir a este factor como limitante o no, son los siguientes:

Código	Opciones	Descripción
01	1-25%	Libre o ligeramente pedregosa: con ninguna o muy pocas rocas de tamaño pequeño dispersas por el suelo.
02	26-50%	Moderadamente pedregosa: con pocas rocas distribuidas sobre la superficie.
03	51-75%	Muy pedregosa: rocas distribuidas sobre el área o en grupos.
04	76-100%	Extremadamente pedregosa: rocas de todo tamaño repartidas por todas partes
06	No aplica	Si encuentra condiciones no descritas anteriormente.

Materia Orgánica (606): se considera materia orgánica del suelo a todo material de origen animal o vegetal que esté descompuesto, parcialmente descompuesto o sin descomponer del suelo. Se mide con base en el grosor del estrato de materia orgánica, excluyendo residuos, *medido utilizando una regla graduada en centímetros.*

Código	Opciones	Descripción
00	Ausente	No hay una capa perceptible de materia orgánica.
01	< 1 cm	Capa somera de materia orgánica, debido a limitados restos vegetales a descomponer y a la exposición a los elementos climáticos o antropogénicos (superficie desnuda o por laboreo del suelo), lo que produce una elevada mineralización.
02	1-5 cm	Capa moderadamente rica en materia orgánica del suelo.
03	>5 cm	Capa superior del suelo rica en materia orgánica, indicada por una consistencia blanda y que se desmenuza fácilmente.
04	No aplica	Si encuentra condiciones no descritas anteriormente.

Fisiografía (607): se refiere a la unidad de paisaje en donde se ubica el punto de medición, según las siguientes opciones (**Figura 6**):

Código	Opciones	Descripción
01	Cima	Área más alta y plana de una colina o montaña. Cresta o cumbre de una colina.
02	Pendiente superior	Falda (pendiente) de una montaña, colina o cerro que se ubica hacia la mitad superior
03	Pendiente Media	Falda (pendiente) de una montaña, colina o cerro que se ubica hacia la mitad inferior
04	Base de la Pendiente	Área de inicio de una falda o ladera de montaña
05	Valle	Depresión de la superficie terrestre, de forma alargada e inclinada hacia un lago, mar o cuenca endorreica, habitualmente ocupada por un río. Generalmente se forma por la erosión fluvial y la meteorización mecánica.
06	Terraza	Planicie en un área intermedia de una colina, puede ser natural o hecha por el hombre
07	Depresión	Área más baja de un barranco no forma parte de un río o quebrada
08	Planicie	Área llana o plana sin presencia de cerros o montañas. Llanura
09	Ondulado	Área con un relieve de ondulado a quebrado en donde no existe una pendiente dominante
10	Otro _____	Se escriba el tipo de fisiografía que no esté descrito anteriormente.

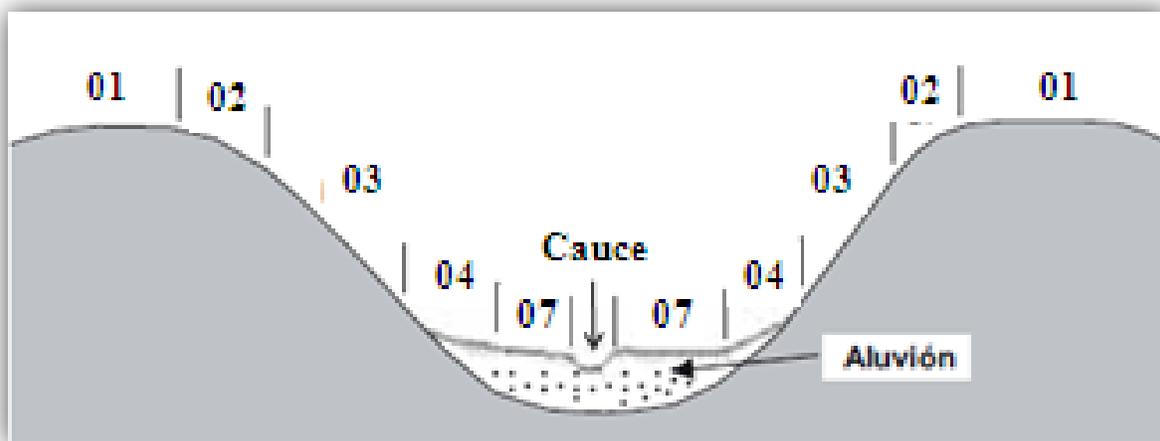


Figura 6. Diagrama para definir las características fisiográficas del paisaje en la parcela (FAO 2009b). Los números representan las opciones de **fisiografía (607)**.

Clima (610): se determinan las condiciones climatológicas en el punto central de la UM.

Código	Opciones	Descripción
01	Soleado/Claro	Cielo despejado, sin presencia de nubes
02	Parcialmente Nublado	Presencia de algunas nubes
03	Nublado	Presencia de nubes, sin lluvia
04	Lluvia	Llueve durante el levantamiento
05	Otro	Si encuentra condiciones no descritas anteriormente

CUT (208): código del nombre de la clase de uso de la tierra. Este código se asignará al punto central y debe corresponder con los presentados en el **Anexo** para definiciones de CUT.

A3. Horizontes de suelo

Actividades de campo

Una vez creado el perfil de suelo, se realizará una descripción detallada de tres **horizontes de suelo (708)**, 0-30 cm, 30-60 cm y de mayor de 60 cm de profundidad. Con base en los lineamientos requeridos por el IPCC en el 2006, en donde se pide reportar el carbono orgánico de suelos de 0-30 cm de profundidad; sin embargo, debido a que el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) es multipropósito, se describirá el suelo a mayores profundidades (hasta un metro y medio) respondiendo a la necesidad de mejorar la información de la variabilidad de suelos en el nivel nacional. En cada horizonte se deben tomar los siguientes datos:

Foto horizonte (709): se tomará una en cada perfil de suelo, 0-30 cm, 30-60 cm y de mayor de 60, y se anotará el número de la foto para futura referencia (Nombre: *UM, fecha, hora, horizonte*).

Color de suelo (Munsell; 611): el color del suelo refleja la composición de las condiciones pasadas y presentes con base en óxido-reducción del suelo. Se determina el color del suelo con la Tabla Munsell (Munsell 1975). Esta tabla clasifica el suelo con base en tres valores: el matiz, el brillo y la intensidad. **El matiz (611a)** es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta). **El valor (brillo) (611b)** es la claridad u oscuridad de los rasgos de color que varía de 1 (oscuro) a 8 (claro). **El croma o intensidad (611c)** es la pureza o fuerza del rango de color y varía desde 1 (pálido) a 8 (brillante). Cuando no haya un

color de suelo dominante, el horizonte se describe como moteado y se dan dos o más colores. Se mide el color con buenas condiciones de luz, para observar la tabla de colores y se realizan revisiones cruzadas para establecer el color. Una vez establecido el matiz, valor e intensidad, se reporta el nombre del **color (611d)** al que corresponde esta combinación de valores (**Figura 7**).

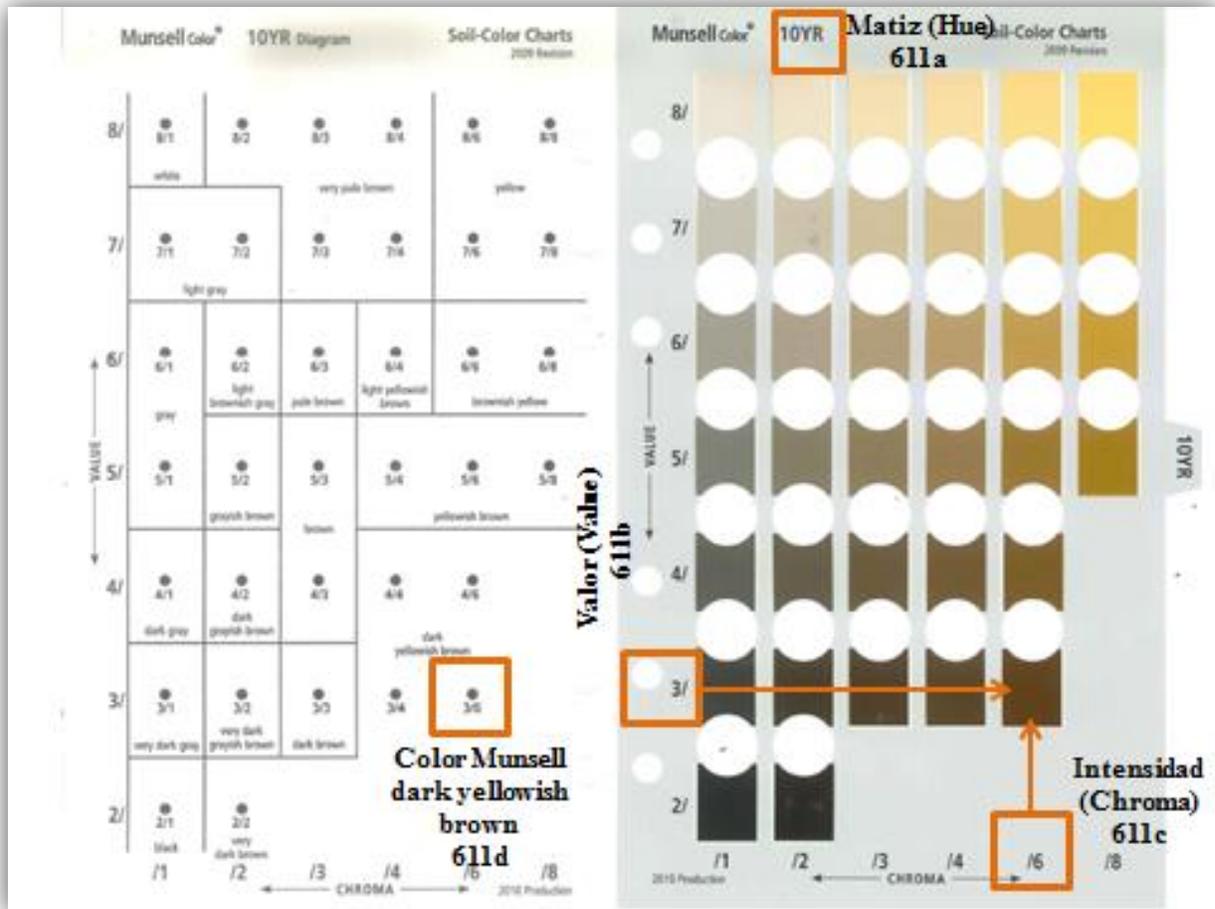


Figura 7. Diagrama para leer la Tabla de Munsell.

Textura de suelo (608): se refiere a las proporciones relativas de las partículas de tamaño arenoso, limoso y arcilloso en una muestra de suelo. Esta característica de suelo afecta la capacidad de retención de agua y nutrientes, la aireación, porosidad, conductividad, compactación, potencial de penetración de raíces y resistencia a la acidificación. La textura se determina tomando una o dos cucharadas de suelo en una mano y se le agrega agua, gota a gota, mientras se manipula la muestra de suelo hasta conseguir una consistencia pegajosa. Seguidamente, se hace una bola de suelo y se determina la textura siguiendo las indicaciones que se encuentran en las **Figuras 8 y 10**.

Textura de suelo (608)

Código	Opciones	Descripción
00	Material rocoso	Roca en la superficie
01	Arena pura	No se puede moldear, ni enrollar, no se adhiere a los dedos y de consistencia granulosa, solo granos de arena
02	Arena limosa	No se puede moldear, se pega en las ranuras, talcoso, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también inclusión de sustancia fina
03	Limo arenoso	Débilmente moldeable, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también inclusión de sustancia fina
04	Limo puro	Débilmente moldeable con consistencia de talco, se adhiere a los dedos, pero no es pegajosa, sino con una superficie áspera y rasposa después de apretarla con los dedos.
05	Arena arcillosa	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también contiene sustancia fina. <i>Muchos granos, aglutina bien (miel con arena).</i>
06	Arena franca	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también contiene sustancia fina. <i>Cantidad media de granos, se aglutina algo.</i>
07	Franco arenoso	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también contiene sustancia fina. <i>Cantidad media de granos, se aglutina bien</i>
08	Limo franco	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también contiene sustancia fina. <i>Pocos granos, pega en las ranuras, muy talcoso.</i>
09	Limo arcilloso	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena visibles y sensibles al tacto, pero también contiene sustancia fina. <i>Pega bien en las ranuras, muy talcoso.</i>
10	Arcilla arenosa	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena (casi) ausentes, solo sustancia fina. <i>Brillante, granuloso</i>
11	Franco arcilloso	Muy suave, pegajosa y plástica. Forma una cinta fina que se parte cuando se dobla en forma de "U". No hace ruido cuando se frota entre los dedos
12	Arcilla franca	Es moldeable con alta plasticidad, granos de arenas visibles y sensibles al tacto, pero también sustancia fina. <i>Brillante y liso.</i>
13	Franco limoso	Es moldeable con alta plasticidad, granos de arenas visibles y sensibles al tacto, pero también sustancia fina. <i>Brillante, áspero y escamoso.</i>
14	Arcilla limosa	Moldeable a un diámetro de lápiz, pero se raja fácilmente, granos de arena (casi) ausentes, solo sustancia fina. <i>Brillante y rugoso.</i>
15	Arcilla pura	Es moldeable con alta plasticidad, se adhiere a los dedos es de contextura pegajosa y con una superficie brillante luego de apretarla contra los dedos
16	Franco arcillo limoso	Muy suave. Forma una cinta fina que se parte cuando se dobla en forma de "U". No hace ruido cuando se frota entre los dedos
17	Franco areno arcilloso	Muy áspero. Forma una cinta fina que se parte cuando se dobla en forma de "U". No hace ruido cuando se frota entre los dedos
18	Franco	Es moldeable con alta plasticidad, granos de arenas visibles y sensibles al tacto, pero también sustancia fina. <i>Brillante, no es ni áspero ni suave.</i>

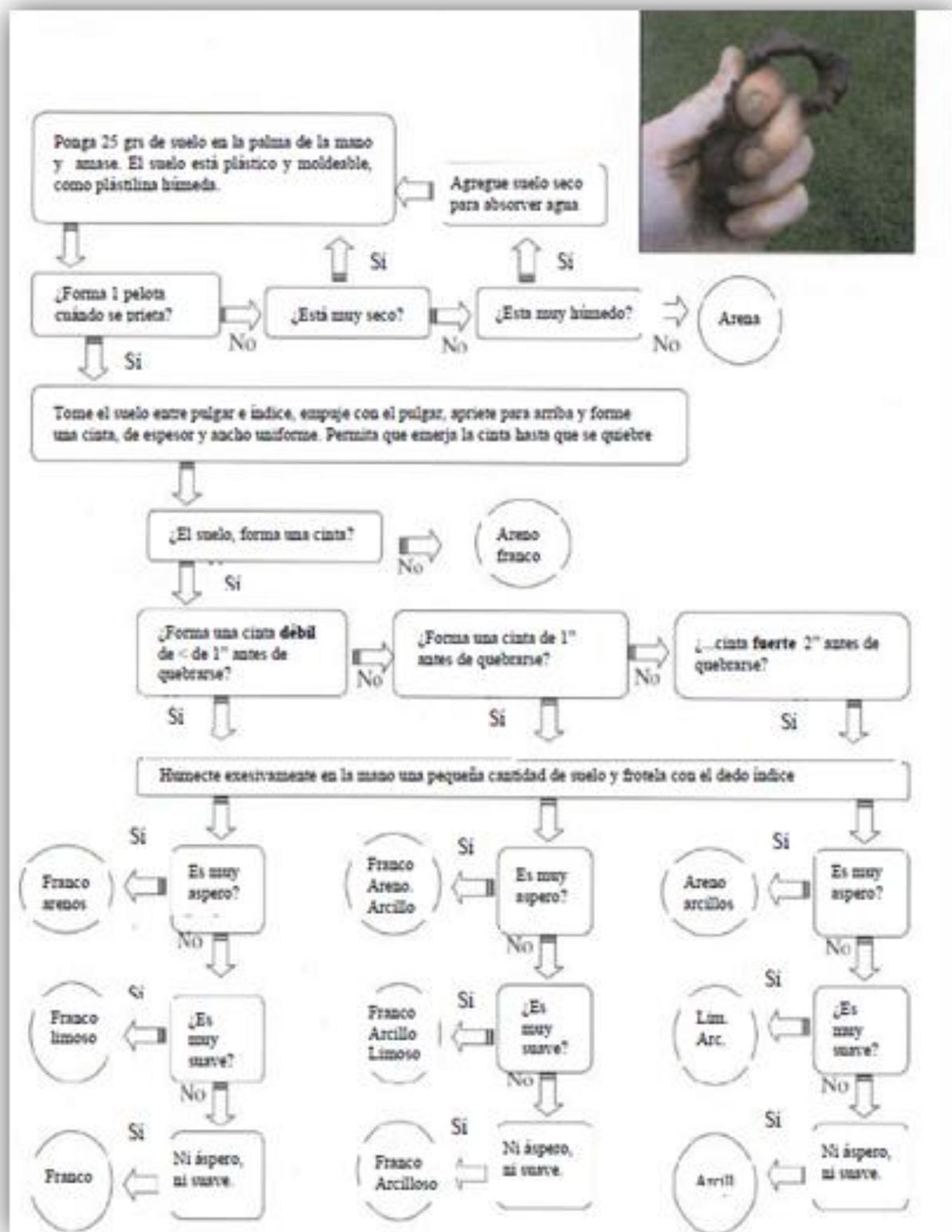


Figura 8. Guía práctica para la clasificación de suelo según textura (USDA 1999).

Drenaje (609): se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Se califica a través de indicadores del drenaje como: presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo (moteados grisáceos), clase de textura, presencia de capas endurecidas. La observación de drenaje se realiza según siguientes opciones:

Código	Opciones	Descripción
01	Muy buen drenaje	Suelos porosos como las arenas o laderas pronunciadas que permiten un escurrimiento inmediato del agua.
02	Buen drenaje	Suelos cuya estructura física o pendiente moderada permiten un escurrimiento del agua en pocas horas.
03	Drenaje moderado	Suelos con alto porcentaje de arcilla o capas freáticas y pendientes ligeras que no permiten el escurrimiento en un día. El suelo tiene algunas manchas de tipo fino y medio de color naranja y gris.
04	Mal drenaje	Suelos con alto porcentaje de arcilla, capas freáticas cerca de la superficie del suelo y pendientes suaves o planas que impiden el escurrimiento por varios días. El suelo tiene abundantes manchas de tipo medio y grueso de color naranja y particularmente grises.
05	Nulo o anegado – Sin drenaje	Suelos con las capas freáticas a nivel del suelo, o por encima, durante periodos de varias semanas a meses. El color del suelo es generalmente gris. Terreno cubierto por agua mayor parte del año como lagos, ciénagas y manglares, etc.
06	No sabe	Cuando se desconoce el tipo de drenaje.

Moteado (710): se refiere a las manchas de diferentes colores que se encuentran en el horizonte del suelo. Para esto se registrarán la abundancia (709a) y el tamaño promedio del moteado (709b).

Abundancia (710a): porcentaje con respecto al número de moteados por perfil (Ver Figuras 9 y 10)

Código	Opciones	Descripción
00	Sin moteado	El perfil no presenta moteados
01	1-5%	Los moteados son escasos
02	5-20%	Los moteados son pocos frecuentes
03	>20%	Los moteados son frecuentes

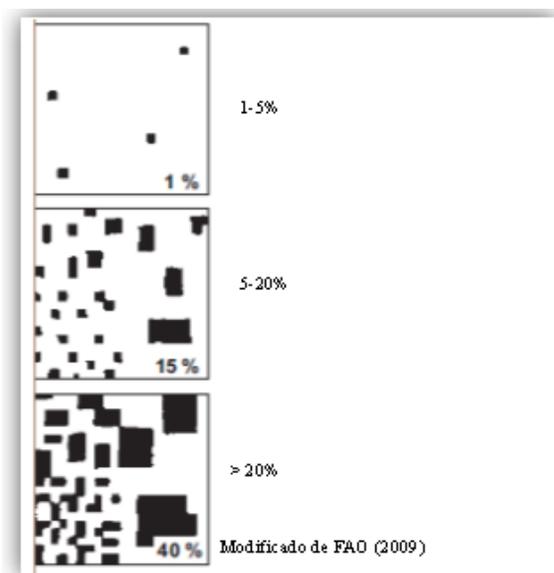


Figura 9. Diagrama para determinar la abundancia de moteado (%) en cada perfil de suelo.

Tamaño (710b): los moteados se clasificaran según el tamaño promedio de los moteados en cada perfil. Se medirán algunos de los moteados con una regla para hacer la clasificación de los tamaños.

Código	Opciones	Descripción
00	Sin moteado	El perfil no presenta moteados
01	<5 mm	Los moteados son muy pequeños (<5mm)
02	5-15 mm	Los moteados son medianos (5-15 mm)
03	>15 mm	Los moteados son grandes y fácilmente visibles (>15 mm)



1. Determinar el color del suelo con la tabla Munsell.



2. Determinar la abundancia de moteados en el perfil de suelo.

Figura 10. Demostración para determinar el color de suelo y moteado.

Análisis de Laboratorio

Se recolectarán seis muestras de suelo para determinar contenido de **carbono orgánico (711)**, **pH (712)** y **densidad aparente (713)** en las siguientes profundidades: 0-30 cm, 30-60 cm y >60 cm. En cada una de estas profundidades se recolectará una muestra para determinar densidad aparente y otra para determinar carbono orgánico y el contenido de nutrientes.

Densidad aparente: es el peso del suelo para un volumen determinado y se utiliza para medir compactación del suelo y para determinar el contenido de carbono orgánico del suelo. Para esta variable, se extraerá una muestras de suelo de un volumen de 6 cm de diámetro x 5.3 cm de profundidad mediante un cilindro metálico que se colocará en el punto central de cada horizonte: 15 cm para el horizonte de 0-30 cm; a 45 cm para el horizonte de 30-60 cm (puede variar según el horizonte) y al final del perfil para el horizonte de 60 cm o más. Las muestras de suelo se recolectarán de la siguiente forma:

1. Se introduce el cilindro metálico perpendicular al perfil de suelo, para facilitar el proceso, se utiliza un **mazo de plástico y una tabla de madera** (ver **Figura 11**). Si durante la introducción del cilindro se encuentra una raíz o una piedra, se busca otra sección del perfil a la misma profundidad para extraer la muestra de suelo.
2. Se remueve el cilindro de metal utilizando una palita de jardinero para remover el suelo alrededor del cilindro.

3. Se remueve el exceso de suelo de la muestra con un cuchillo de hoja ancha. La base de la muestra deberá ser plana, cortada y nivelada siguiendo los bordes del cilindro metálico.
4. Se colocan la muestra en una bolsa "ziplock" y se etiqueta. Las bolsas deben estar rotuladas con la siguiente información: *unidad de muestreo, profundidad del perfil (0-30 cm, 30-60 cm y >60 cm) y fecha.*

Para la *muestra de suelo adicional* a la de densidad aparente, se recolectará una muestra de suelo en la superficie de la calicata (no perturbada, un área que se limpie y se saca la muestra inmediatamente), en 30-60 cm y en el perfil mayor de 60 cm. Estas muestras servirán para determinar el carbono orgánico del suelo, el pH y nutrientes. **Se tendrá un total de 6 muestras de la calicata y una muestra compuesta del barreno por UM.** Todas las muestras se deben colocar en bolsas "ziplock" y rotular de la siguiente forma: *fecha, unidad de muestreo, perfil de suelo, si viene de calicata o de barreno.* Se anote cualquier **observación (714)** sobre medidas de suelo no presentadas anteriormente.



Figura 11. Pasos para recolectar las muestras de suelo para medir densidad aparente y carbono orgánico de suelos en las calicatas.

4. Referencias

FAOa. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta Edición. Roma, Italia.

FAO. 2009. Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección Integrada de datos de campo. Versión 2.2. Documento de trabajo y Monitoreo y Evaluación de los recursos Forestales Nacionales, NFMA 37/S. Roma.

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse gas inventories – Volumen 4 – Agriculture, Forestry and other land use. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.

Mäkipää y otros. 2011. Soil carbon monitoring – methods based on surveys or modeling. Tanzania

Munsell. 1975. Standard Soil Color Charts

USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Instituto de Calidad de Suelos. Agosto 1999.

5. Anexo I. Sistema de clasificación de la cobertura vegetal y el uso de la tierra

Nivel I Ecosistema y uso	Nivel II Cobertura	Nivel III Tipo	Nivel IV Subtipo	Descripción	Código	
Bosque	Natural	Área de 0.5 ha; cubierta del dosel superior a 30%; altura superior a 5 m, o de árboles capaces de alcanzar estos umbrales; se excluye la tierra de uso predominantemente agropecuario o urbano.				
		Latifoliado Mixto	Compuesto por especies arbóreas nativas, y establecido a través de procesos naturales. Puede haber sido sujeto a un aprovechamiento selectivo y puede o no tener manejo forestal.			
			Maduro	Compuesto por una gran cantidad de especies arbóreas de las cuales ninguna especie individual supera el 60% de los árboles dominantes y co-dominantes, en número de árboles/ha.		BLM
			Secundario	Estado de sucesión avanzado, que puede o no haber tenido aprovechamiento selectivo con una composición de especies similar al estado primario con menor presencia de sotobosque, árboles de copas grandes y lo dominan las clases diamétricas altas.		
		Mangle	Desarrollado después de eliminar la vegetación original por actividades naturales o antropogénicas con mayor presencia de especies pioneras y sotobosque, pocos árboles con copas grandes, y lo dominan las clases diamétricas medias y bajas.			BLS
			Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y co-dominantes (No. árboles/ha) pertenece a una o varias especies de mangle (<i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , entre otras).			
			Maduro	Ver definición de bosque maduro en BLM.		BMM
		Secundario	Ver definición de bosque secundario en BLS.		BMS	
		Orey	Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y co-dominantes (No. árboles/ha) pertenecen a la especie orey (<i>Campnosperma panamensis</i>).			
			Maduro	Ver definición de bosque maduro en BLM.		BOM
			Secundario	Ver definición de bosque secundario en BLS.		BOS
		Cativo	Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y co-dominantes (No. árboles/ha) pertenecen a la especie cativo (<i>Prioria copaifera</i>).			
			Maduro	Ver definición de bosque maduro en BLM.		BCM
			Secundario	Ver definición de bosque secundario en BLS.		BCS
		Rafia	Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y co-dominantes (No. árboles/ha) pertenecen a la especie rafia (<i>Raphia taedigera</i>).			BRA
		Plantado	Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada. Puede componerse de especies exóticas o nativa. Sembradas con diversos fines: protección, restauración, producción, recreación e investigación científica.			
			Conífera	Plantación compuesta predominantemente por especies coníferas (<i>Pinus</i> , <i>Abies</i> , entre otras)		PCO
Latifoliada	Plantación compuesta predominantemente por especies latifoliadas.		PLA			

Nivel I Ecosistema y Uso	Nivel II Cobertura	Nivel III Tipo	Nivel IV Subtipo	Descripción	Código
Vegetación arbustiva y herbácea	Grupo de cobertura vegetal producto de la sucesión natural que generalmente no alcanza los 5 m de altura <i>in situ</i> con hábito de crecimiento arbustivo y herbáceo.				
	Rastrojo y vegetación arbustiva	<i>Rastrojo</i> – vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparecen naturalmente después de un uso agropecuario; <i>Arbustos</i> – plantas leñosas perennes con una altura entre 0.5-5 m a su madurez (cobertura ≥ 30%).			RAR
	Vegetación herbácea	Formación vegetal herbácea natural en diferentes densidades y sustratos, la cual forma una cobertura mayor de 70%. Sin influencia de pastoreo.			HEN
	Vegetación baja inundable	Vegetación baja localizada principalmente en tierras bajas que permanecen inundadas durante la mayor parte del año (pantanos, ciénagas, llanuras de inundación y depresiones naturales)			VBI
	Páramo	Ecosistema que aparece en elevaciones mayores de 3000 msnm, en el cual domina vegetación herbácea y arbustiva.			PAR
Área abierta sin o con poca vegetación	Territorio con poca cobertura vegetal. Compuesta principalmente por suelo desnudo (arenoso, rocoso o albina) por procesos naturales.				
	Afloramiento rocoso y tierra desnuda	Afloramiento rocoso sin desarrollo vegetal, generalmente dispuesta en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados.			RTD
	Playa y arenal natural	Terreno bajo y plano constituido principalmente por suelo arenoso y pedregoso, por lo general desprovisto de vegetación o cubierto por vegetación arbustiva baja y dispersa (menos de 30% de cobertura).			PAN
	Albina	Área costera baja, desprovista de vegetación o cubierta por una vegetación herbácea, arbustiva y arbórea de bajo porte, generalmente dispersa y escasa, adaptada al ambiente salobre. Localizada en zonas asociadas a deltas, estuarios, lagunas costeras y planicies costeras de inundación.			ALB
Agropecuaria	Terreno dedicado principalmente a la producción de alimentos agrícola y pecuaria, y otra materia prima de uso comercial y/o industrial.				
	Cultivo	Permanente	Tierra que posee cultivos a largo plazo que no necesitan ser plantados anualmente, con o sin presencia de árboles. Los pastos están excluidos de la tierra bajo los cultivos permanentes		
			Café	Cultivo permanente de la especie <i>Coffea arabica</i> u otra variedad que se encuentre en sombra o sin sombra.	CPC
			Plátano/Banano	Cultivo permanente del género <i>Musa</i> .	CPL
			Cítrico	Cultivo permanente perteneciente al género <i>Citrus</i> (naranja, limón, entre otras).	CCI
			Palma aceitera	Cultivo permanente de palma de aceite, <i>Elaeis guineensis</i> .	CPA
			Palma de coco	Cultivo permanente de coco, <i>Cocos nucifera</i> .	CPC
			Otro	Otro cultivo permanente no mencionado anteriormente.	CPO
	Anual	Tierra bajo cultivos agrícolas temporales. Se excluye los cultivos migratorios.		CAN	
	Área heterogénea de producción agropecuaria	Área que reúne dos o más clases de cobertura agrícola, pastizal, rastrojo, agroforestal y silvopastoril de poca extensión, dispuestas en un patrón tipo mosaico, lo que dificulta su separación.			AGR
Pasto	Tierra utilizada para producir forrajeo herbáceo, ya sea que estos crezcan de manera natural o sean cultivados.			PAS	

Nivel I Ecosistema y Uso	Nivel II Cobertura	Nivel III Tipo	Nivel IV Subtipo	Descripción	Código	
Superficie de Agua	Cuerpo de agua permanente y estacional, localizado en el interior del continente. Debe permanecer al menos 4 meses con agua durante el año.					
	Río	Corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, lago u otro río. La unidad mínima que se puede cartografiar para ríos es de un cauce promedio ≥ 15 metros.			RIO	
	Lago y embalse	Superficie o depósito de agua natural o artificial de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar.				
		Lago	Superficie de agua natural de carácter abierto o cerrado que pueden incluir lagunas costeras con agua salobre.			LAG
	Embalse	Superficie de agua artificial creada para diversos fines.			EMB	
Área Cultural	Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas o rurales mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, mineros, de servicios y recreativos					
	Área Poblada	Urbana	Lugar poblado con 1,500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central presenta continuidad física en todas direcciones hasta ser interrumpidas por terrenos no edificados. Posee servicio de luz eléctrica, acueducto público, alcantarillado, trazado de calles, edificios contiguos, colegios, establecimientos comerciales, centros sociales y recreativos.			APU
		Rural	Lugar poblado con menos de 1,500 habitantes que no cumpla con la mayoría de las características descritas para los poblados urbanos.			APR
	Infraestructura	Territorio cubierto por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones (zona industrial/comercial/portuaria, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, aeropuerto, obra hidráulica, red de transmisión eléctrica, entre otros).			INF	
	Explotación minera	Área sujeta a explotación de minerales e hidrocarburos. Incluye también áreas de explotación abandonadas por actividades mineras, y donde todavía no se ha dado un proceso de recuperación significativa.			EMI	
	Estanque de acuicultura	Cuerpo de agua artificial destinados a la cría de crustáceos y peces. Se ubican, generalmente, en las regiones adyacentes al mar. Son de forma regular, cuadrados o rectangulares, siempre llenos de agua.			EAC	
	Salinera	Territorio planos costeros con estructuras antrópicas, para la producción de sal.			SAL	
	Otra área cultural	Comprende las áreas de cualquier otro uso de carácter cultural.			OTU	

Marklund y otros. 2015. Sistema de Clasificación de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra para el Mapa Forestal 2012 y el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal. ONUREDD, MIAMBIENTE-FAO, Panamá.