

# BIOCOMUNI

MONITOREO COMUNITARIO DE LA BIODIVERSIDAD

Una guía  
para núcleos  
agrarios

## Manual para el monitoreo de la salud del suelo en zonas forestales





### **Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad (BIOCOMUNI)**

[www.biocomuni.mx](http://www.biocomuni.mx)

### **Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)**

Oficinas Centrales

Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Jalisco

<https://www.gob.mx/conafor>

### **Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN)**

[www.fmcn.org](http://www.fmcn.org)

[info@fmcn.org](mailto:info@fmcn.org)

### **Coordinación institucional**

Ramón Silva Flores, CONAFOR

Hilda Guadalupe González Hernández, CONAFOR

Renée González Montagut, FMCN

Graciela Reyes-Retana, FMCN

Juan Manuel Frausto Leyva, FMCN

Rossana Landa Perera, FMCN

### **Coordinación técnica**

S. Denice Lugo Olguín, FMCN

Jacinto Samuel García Carreón, CONAFOR

José Ricardo Sánchez Velázquez, CONAFOR

### **Revisión técnica**

Helena Cotler Ávalos, Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial

Adriana Saldaña Espejel, Consultora independiente

Gregorio Wenceslao Apan Salcedo, Fondo de Conservación El Triunfo, A.C.

Vanessa Maldonado Montero

### **Edición**

María Elena Medina

[marielmedina@yahoo.com](mailto:marielmedina@yahoo.com)

### **Ilustración**

Aldo Domínguez de la Torre

[solfelino@hotmail.com](mailto:solfelino@hotmail.com)

### **Diseño gráfico**

Marcela Rivas

[marcerivasg@gmail.com](mailto:marcerivasg@gmail.com)

### **Para citar este documento:**

FMCN y CONAFOR (2021), "Manual para el monitoreo de la salud del suelo en zonas forestales", *BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.

ISBN: 978-607-99061-1-5



9 786079 990611 5



# BIOCOMUNI

Una guía  
para núcleos  
agrarios

MONITOREO COMUNITARIO DE LA BIODIVERSIDAD

---

Manual para el monitoreo  
de la salud del suelo  
en zonas forestales

# CONTENIDO

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>EL SUELO</b>	<b>6</b>
<b>EL MONITOREO DEL SUELO EN BIOCUMUNI</b>	<b>8</b>
<b>A. ¿CÓMO EVALUAMOS LA CUBIERTA DEL SUELO?</b>	<b>11</b>
<b>B. ¿CÓMO REGISTRAMOS LA TEXTURA?</b>	<b>12</b>
<b>C. ¿CÓMO MONITOREAMOS LA MACROFAUNA?</b>	<b>16</b>
<b>D. ¿CÓMO MEDIMOS LA INFILTRACIÓN?</b>	<b>18</b>
<b>E. ¿CÓMO CALCULAMOS LA DENSIDAD APARENTE?</b>	<b>20</b>
<b>F. ¿CÓMO EXAMINAMOS LA EROSIÓN HÍDRICA?</b>	<b>24</b>
<b>i ) ESTACAS DE EROSIÓN HÍDRICA</b>	<b>25</b>
<b>ii ) MANIFESTACIONES DE EROSIÓN HÍDRICA</b>	<b>27</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 1: FORMATOS DE CAMPO</b>	<b>32</b>
<b>SUELO CUBIERTA DEL SUELO</b>	<b>33</b>
<b>SUELO TEXTURA</b>	<b>34</b>
<b>SUELO MACROFAUNA</b>	<b>35</b>
<b>SUELO INFILTRACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>SUELO DENSIDAD APARENTE</b>	<b>38</b>
<b>SUELO ESTACAS DE EROSIÓN HÍDRICA</b>	<b>39</b>
<b>SUELO MANIFESTACIONES DE EROSIÓN HÍDRICA</b>	<b>40</b>

# INTRODUCCIÓN

**M**éxico es reconocido como uno de los 17 países megadiversos del planeta. Esta enorme biodiversidad nos enorgullece y a la vez nos convoca a proteger el vital y extraordinario patrimonio natural del que somos responsables.

Para asegurar el futuro de los recursos del país, es necesario conocer y registrar la condición actual y las tendencias de cambio de nuestra riqueza natural. Uno de los caminos para hacerlo es monitorear la biodiversidad con el objetivo de contar con datos que guíen la ejecución de acciones para su uso responsable y sostenible, así como la toma de mejores decisiones. Lograrlo requiere de un esfuerzo participativo basado no solamente en la información científica, sino también en el conocimiento tradicional que los ejidos y las comunidades tienen de los ecosistemas forestales que hay en las tierras de las que son propietarios.

Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad (BIOCOMUNI) es un esfuerzo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN) y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) para incorporar a los núcleos agrarios en el monitoreo del capital natural de sus territorios. A través de un protocolo fácil de implementar, económico y pertinente a nivel local, BIOCOMUNI busca proveer un sistema de información que promueva la salud de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades que los salvaguardan.

En este nuevo fascículo, BIOCOMUNI incorpora el monitoreo del suelo para conocer el estado de salud de los ecosistemas forestales. El suelo es la capa más delgada y frágil de la corteza terrestre; representa en sí mismo un ecosistema vivo, dinámico, complejo, valioso e irremplazable que sustenta la vida en el planeta. A pesar de su importancia, no ha recibido la atención que merece: su degradación y pérdida progresivas constituyen una amenaza silenciosa para la biodiversidad, la funcionalidad de los ecosistemas y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

El manual que tienes en tus manos se integró en 2021 a *BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. Con él aprenderás a evaluar si el suelo de la Unidad de Muestreo se encuentra saludable y a llevar un registro en el tiempo.<sup>1</sup> La información que recabes será de gran utilidad para guiar las acciones de conservación, protección y recuperación del suelo en los ecosistemas forestales del país.

---

<sup>1</sup> Este manual también lo puedes aplicar en otras áreas importantes de tu comunidad, por ejemplo, en zonas donde quieras contar con información sobre la salud general del suelo.



# EL SUELO

El suelo es un cuerpo natural que se forma en la superficie terrestre y está compuesto por material mineral (conocido como arena, limo o arcilla), materia orgánica (restos de plantas o animales en descomposición) y fragmentos de roca que provienen del material parental (material geológico inalterado, generalmente rocas y minerales originarios), además de aire y agua.

Un centímetro de suelo puede tardar en formarse de cien a mil años, dependiendo del tipo de material del cual proviene, del relieve del terreno (pendiente, forma y exposición al sol), del clima (temperatura, lluvia y viento) y de la actividad funcional de las plantas, animales y microorganismos (biota edáfica). De acuerdo a la combinación e intensidad de estos factores, el suelo presenta propiedades físicas, químicas y biológicas particulares del lugar donde se encuentra.

Un suelo sano desempeña funciones esenciales para la vida en el planeta:



1) Infiltra y almacena el agua de lluvia.



5) Promueve el ciclo de nutrientes (como nitrógeno, carbono, fósforo, azufre y oxígeno).



2) Mantiene la calidad y la disponibilidad de agua.



6) Provee el 95% de los alimentos que los seres humanos consumimos (FAO, 2015a)



3) Brinda soporte y nutrientes para el crecimiento de la vegetación.



7) Es un excelente aliado para afrontar el cambio climático, pues es el mayor almacén de carbono de los sistemas terrestres: captura el 10% de las emisiones producidas por las actividades humanas (FAO, 2015b).

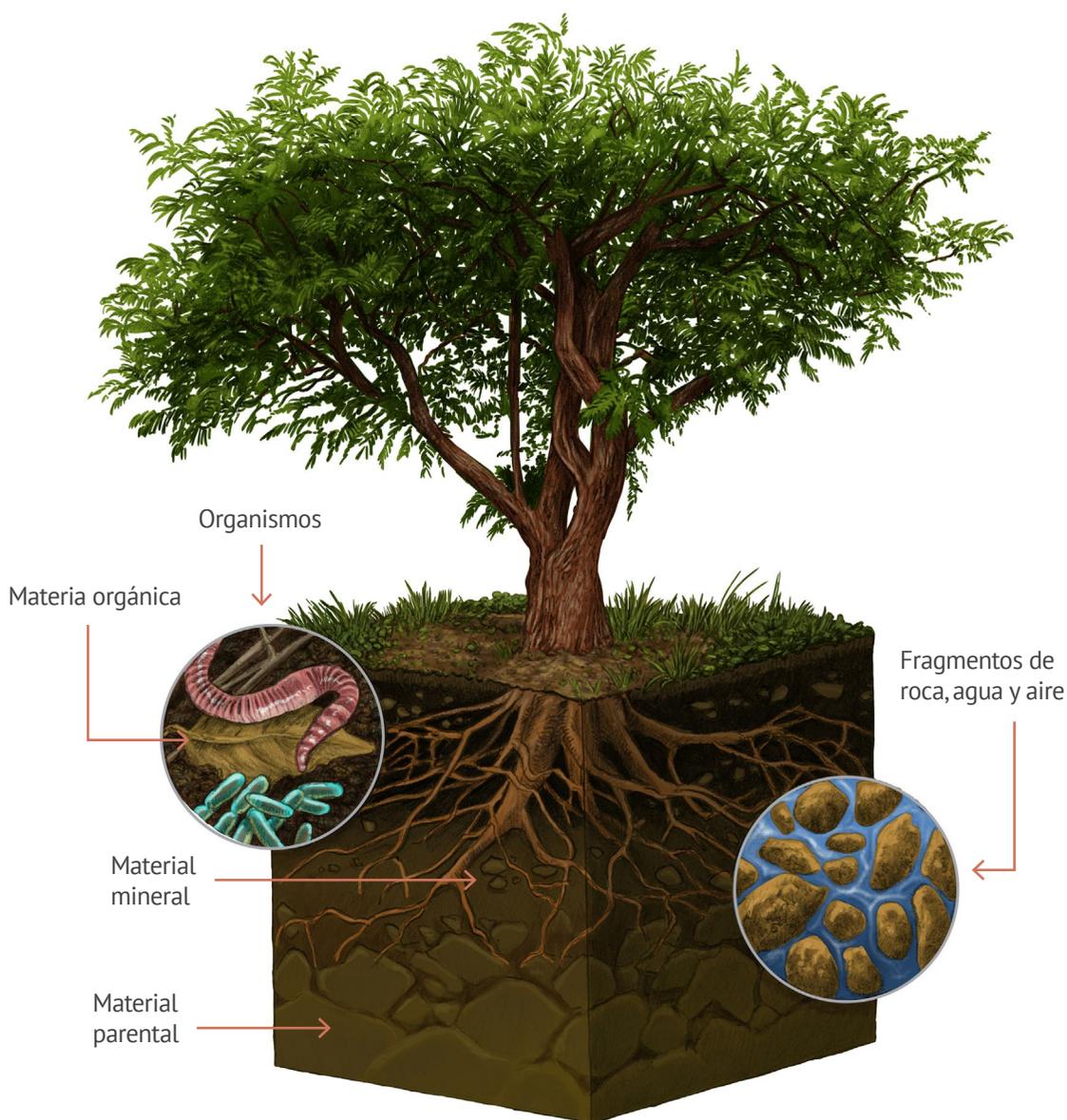


4) Constituye el hábitat de gran diversidad de organismos.

El suelo es un recurso natural muy sensible que puede degradarse fácilmente, ya sea por causas naturales o debido a actividades humanas como la deforestación y la destrucción de los ecosistemas o prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas.

Entre los procesos principales de degradación del suelo están la erosión hídrica (causada por la acción del agua) y la erosión eólica (debida al viento), la compactación, el encostramiento, la pérdida de fertilidad o nutrimentos, la contaminación y la salinización. Cuando estos procesos ocurren, la recuperación del suelo tiende a ser difícil, costosa, tardada y en algunos casos prácticamente imposible.

**Figura 1.** El suelo se compone de material parental, material mineral, materia orgánica, fragmentos de roca, agua y aire.



# EL MONITOREO DEL SUELO EN **BIOCOMUNI**

El muestreo de suelo se realiza dentro de la Unidad y las cuatro Subunidades de Muestreo,<sup>2</sup> donde la brigada evaluará la cubierta del suelo, la textura, la macrofauna, la infiltración, la densidad aparente y la erosión hídrica. Estas variables son descritas en el Cuadro 1, y las técnicas para monitorearlas se explican a detalle en los siguientes apartados.

La brigada de monitoreo debe acudir dos veces al año a la Unidad de Muestreo para evaluar el suelo: durante la temporada seca (de marzo a mayo) y al término de la temporada de lluvia (de septiembre a noviembre). Si dos veces no es posible, recomendamos hacerlo una vez al año, siempre en la misma temporada y fecha.



Los brigadistas evaluarán variables del suelo como la infiltración de agua.

CONAFOR

<sup>2</sup> Para establecer la Unidad y Subunidades de Muestreo sugerimos revisar el "Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas", disponible en [http://biocomuni.mx/documentos/manual\\_biocomuni\\_trazo.pdf](http://biocomuni.mx/documentos/manual_biocomuni_trazo.pdf).

**CUADRO 1** | Registros, ubicación, equipo necesario y recomendaciones para el muestreo.

Variable que medimos	Impacto de la variable	Lugar de monitoreo	Equipo necesario
<b>a) Cubierta del suelo</b>	<p>Es la capa protectora de vegetación y rocas que evita que el suelo se fracture al ser golpeado por las gotas de lluvia, el flujo de agua o la acción del viento. También lo protege del sol y actúa como una esponja que favorece la retención e infiltración de agua, manteniendo la humedad y la temperatura.</p> <p>A mayor cobertura, mejor protección contra la erosión, especialmente en zonas con mayor pendiente.</p>	Trayectos de norte a sur y de este a oeste de la Unidad de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta métrica (es opcional: la medición se puede hacer cada 50 centímetros o a cada paso)</li> <li>• Densitómetro (opcional)</li> <li>• Formato de campo</li> </ul>
<b>b) Textura</b>	<p>El tamaño de las partículas minerales que componen el suelo determina su textura; es un factor importante que afecta su estructura, aireación y drenaje; el almacenaje, el transporte y la disponibilidad de agua; el suministro y la retención de nutrimentos, así como la vida que lo habita.</p>	Al centro de cada una de las cuatro Subunidades de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuchara</li> <li>• Agua</li> <li>• Vernier, flexómetro o regla graduada en centímetros.</li> <li>• Formato de campo</li> </ul>
<b>c) Macrofauna</b>	<p>Son los animales de más de 2 milímetros que habitan en el suelo y contribuyen a mantener funciones ecológicas clave como la descomposición de materia orgánica, el ciclaje de nutrimentos, la infiltración de agua o la aireación.</p> <p>Una mayor diversidad y número de organismos indica que el suelo está saludable.</p>	Límites norte, sur, este y oeste de la Unidad de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pala recta</li> <li>• Plástico</li> <li>• Guantes</li> <li>• Palita o cucharilla</li> <li>• Formato de campo</li> </ul>
<b>d) Infiltración</b>	<p>Es un indicador de la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de su estructura: un suelo sano almacena agua y la mantiene disponible para plantas y organismos.</p> <p>Un tiempo breve de infiltración indica que el agua penetra rápidamente y permite que el suelo retenga la humedad, haciéndolo resistente a la sequía; si el agua no se infiltra o tarda en penetrar, es probable que el suelo haya perdido espacio poroso, tenga poca macrofauna o mucha materia orgánica, o bien, que se trate de un suelo arcilloso cuya velocidad de infiltración es lenta.</p>	A 50 centímetros del límite norte de la Unidad de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de acero de 6 pulgadas de diámetro (15.24 cm) por 5 pulgadas de largo (12.7 cm) (regularmente se usa para irrigación)</li> <li>• Pedazo de madera para colocarlo sobre el tubo, martillar y enterrarlo</li> <li>• Martillo de goma</li> <li>• Envoltura de plástico transparente de 30 centímetros por lado</li> <li>• 2 litros de agua</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Formato de campo</li> </ul>

Variable que medimos		Impacto de la variable	Lugar de monitoreo	Equipo necesario
e) Densidad aparente		<p>Es la relación que existe entre el peso y el volumen total del suelo seco, incluyendo su espacio poroso.</p> <p>A menor densidad aparente, mayor espacio poroso que puede ser ocupado por agua, aire y raíces. A mayor densidad aparente, menor espacio poroso disponible para el movimiento de agua, nutrientes y aire, así como para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas.</p>	A 56 centímetros del límite norte de la Unidad de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de acero de 3 pulgadas de diámetro (7.3 centímetros) por 5 pulgadas de largo (12.7 cm) (regularmente se usa para irrigación)</li> <li>• Martillo de goma</li> <li>• Pedazo de madera para colocar sobre el cilindro y martillarlo</li> <li>• Espátula, cuchara de albañil o palita de jardinero</li> <li>• Bolsa de plástico</li> <li>• Marcador indeleble</li> <li>• Báscula digital de cocina con precisión de décimas de gramo (0.1 gramos)</li> <li>• Probeta de plástico con capacidad de 1 litro, graduada en mililitros</li> <li>• Tamiz o colador con malla de 2 milímetros de apertura</li> <li>• Vaso pequeño de unicel</li> <li>• Acceso a un horno de microondas</li> </ul>
f) Erosión hídrica	Estacas de erosión hídrica	La erosión provocada por el agua puede causar que se pierda suelo en algunos lugares y se acumule en otros, lo cual no es deseable.	En el centro y los límites de la Unidad de Muestreo, y en el centro de cada una de las cuatro Subunidades de Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintura de aceite para marcar las estacas de la Unidad y las Subunidades de Muestreo a 15 centímetros de altura</li> <li>• Flexómetro o regla graduada en centímetros</li> <li>• Formato de campo</li> </ul>
	Manifestaciones de erosión hídrica	Cuando la superficie del suelo queda desprotegida es más probable que el suelo se erosione formando surcos, pedestales, pináculos y cárcavas; detectarlos cuando empiezan a formarse puede prevenir acciones costosas de restauración.	En el transecto para buscar huellas y excretas <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de campo</li> </ul>

<sup>3</sup> Este método se puede revisar en el "Manual para muestrear la fauna en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas" de BIOCUMUNI, disponible en el siguiente enlace: [http://biocomuni.mx/documentos/manual\\_biocomuni\\_fauna.pdf](http://biocomuni.mx/documentos/manual_biocomuni_fauna.pdf)

# A. ¿CÓMO EVALUAMOS LA CUBIERTA DEL SUELO?

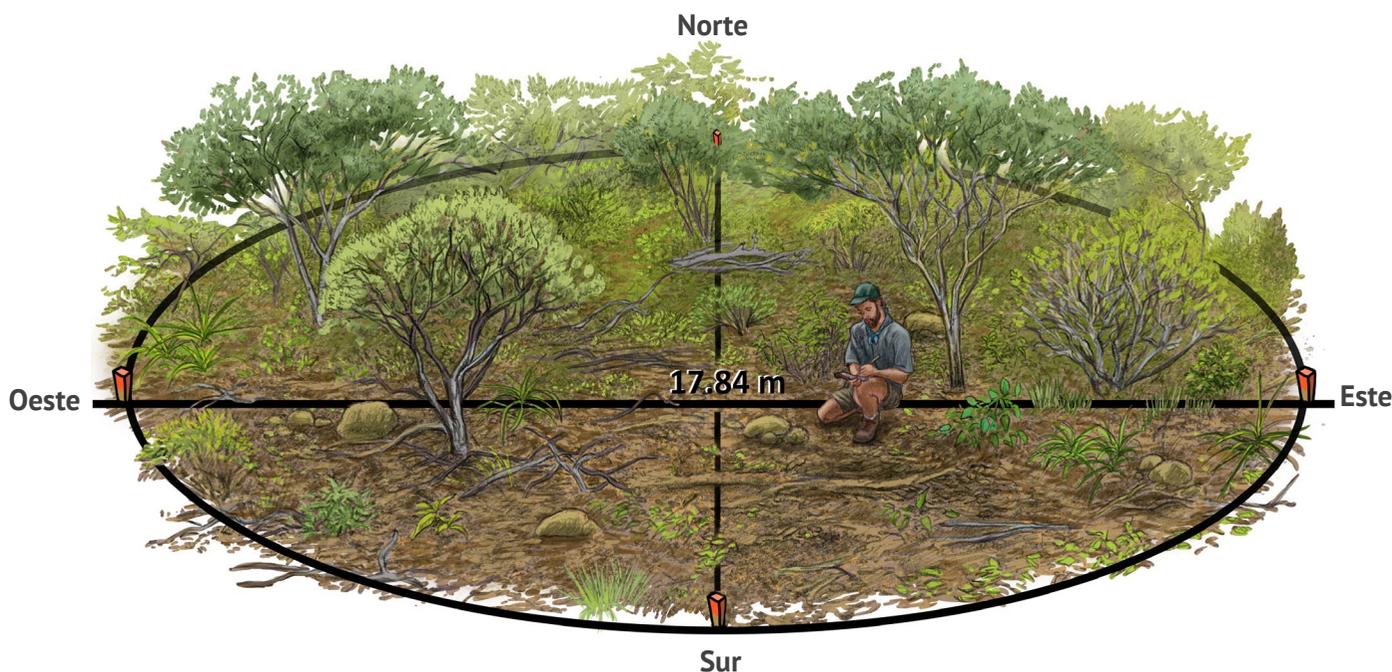
Un suelo forestal sano está cubierto por vegetación, rocas, hojas y restos de troncos y plantas que lo protegen de las inclemencias del tiempo (sol, lluvia y viento) y favorecen la retención de humedad, la formación de materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la presencia de organismos que lo habitan. En época seca, un suelo sano proporciona lo necesario para que las plantas sobrevivan y brinden alimento y refugio a otras especies vegetales y animales.

En BIOCOMUNI utilizamos el método de línea de intercepción de puntos para evaluar la cubierta del suelo. Para ponerlo en práctica, el brigadista se ubica en el límite norte de la Unidad de Muestreo, donde se encuentra la estaca pintada de color anaranjado, y camina en línea recta con dirección a la estaca ubicada en el límite sur. A lo largo de los 17.84 metros que hay entre los límites, se detendrá a cada paso para tomar una lectura de la cubierta del suelo

que hay delante de sus pies, y registrará, a simple vista o mediante un densitómetro, los elementos presentes: vegetación, raíces, hojas, piedras o rocas, madera muerta y suelo desnudo.

El brigadista repetirá el procedimiento del límite este al límite oeste de la Unidad de Muestreo. Al terminar, habrá realizado de 20 a 30 lecturas a lo largo de cada uno de los dos trayectos.

**Figura 2.** De norte a sur y de este a oeste, el brigadista recorre la Unidad de Muestreo y registra a cada paso los elementos que observa a sus pies.



La brigada anotará la siguiente información en el formato **Cubierta del suelo** (Anexo 1, p. 33):

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIOCOMUNI.
- Fecha: día en el que se realiza la observación de la cubierta del suelo en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
- Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
- Registro: anotar los elementos que forman la cubierta del suelo, de norte a sur y de este a oeste, con base en la siguiente clave: vegetación (0), raíces (1), hojas (2), rocas (3), madera muerta (4), suelo desnudo (5).
- Cubierta del suelo (porcentaje): cálculo que el brigadista obtendrá al dividir el número de lecturas con vegetación entre el número total de lecturas realizadas y multiplicarlo por 100.

$$\text{cubierta del suelo} = \frac{\text{número de lecturas con vegetación}}{\text{número de lecturas realizadas}} \times 100$$

Por ejemplo:

$$\frac{46 \text{ lecturas con vegetación}}{58 \text{ lecturas realizadas}} \times 100 = 79.3\%$$

- Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante durante la actividad que sea importante precisar para caracterizar el sitio, por ejemplo, si hay rastros o indicios de incendio, árboles cortados o remoción de suelo.

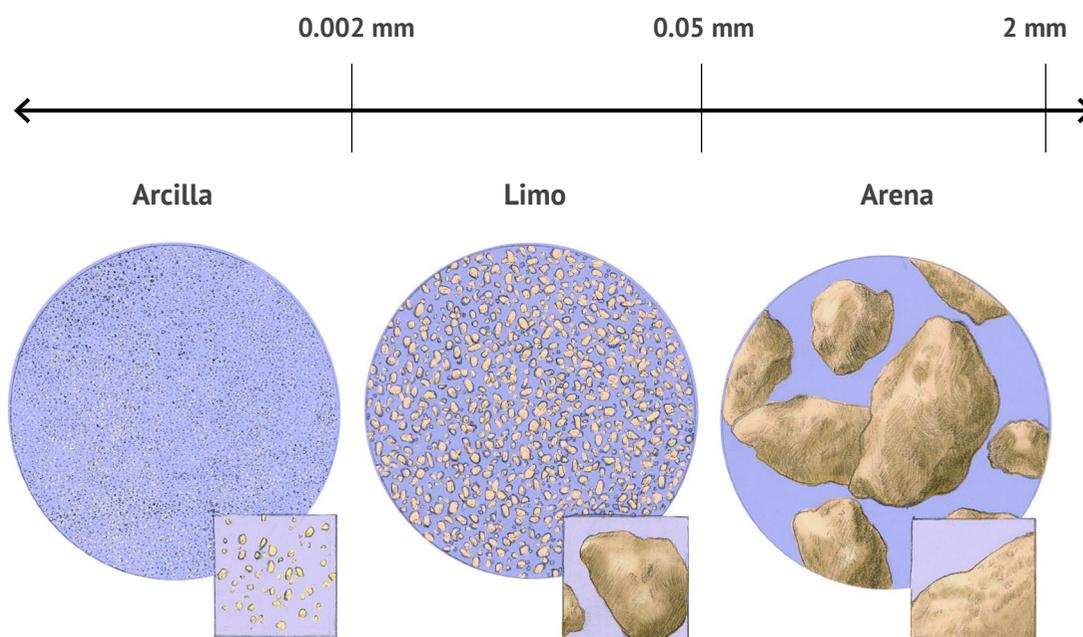
## B. ¿CÓMO REGISTRAMOS LA TEXTURA?

Un suelo forestal contiene una mezcla de partículas minerales de diferentes tamaños. Las partículas más grandes son los granos de arena, que miden de 0.5 a 2 milímetros y pueden verse a simple vista; las partículas más pequeñas son las arcillas y miden menos de 0.002 milímetros; las de tamaño intermedio se llaman limo, miden de 0.002 a 0.5 milímetros y componen el lodo (Figura 3).

La proporción de estas partículas minerales determina la textura del suelo y su capacidad para almacenar agua, aire y nutrientes en los espacios que hay entre ellas; estos

espacios son conocidos como poros. Las partículas de los suelos arenosos son grandes y dejan más espacio entre ellas, así que tienen pocos poros pero de gran tamaño;

**Figura 3.** Partículas minerales que componen el suelo.



esto permite que el aire, el agua y los nutrientes se muevan fácil y rápidamente. A medida que la textura del suelo se vuelve más fina, hay más poros pero de tamaño pequeño. Hay más espacio poroso en la arcilla que en la arena.

Para registrar la textura del suelo, el brigadista se ubica al centro de cada Subunidad de Muestreo donde se localiza la estaca de color amarillo. Ahí escarba un poco y, a unos 2 centímetros de profundidad, recoge una cucharada de suelo (25 gramos) y pone el contenido en la palma de su mano; lo rocía y amasa con un poco de agua tratando de formar una bola (Figura 4a). Si no logra formarla, revisa que la consistencia sea lo más moldeable posible: si está seca, agrega un poco más de agua; si está muy húmeda, añade un poco de suelo seco para compensar. Si aun así no puede formar una bola, la prueba concluye.

Si el brigadista logra formar la bola, la apretará suavemente con los dedos índice y pulgar hacia arriba a manera de formar una cinta de espesor y ancho uniformes (Figura 4b). Si no es posible formar la cinta, la prueba concluye.

Si es posible formar la cinta, el brigadista continuará alargándola hasta que se quiebre por su propio peso. Con apoyo del vernier, la regla o el flexómetro, medirá en centímetros la longitud que la cinta tenía antes de romperse (Figura 4c).

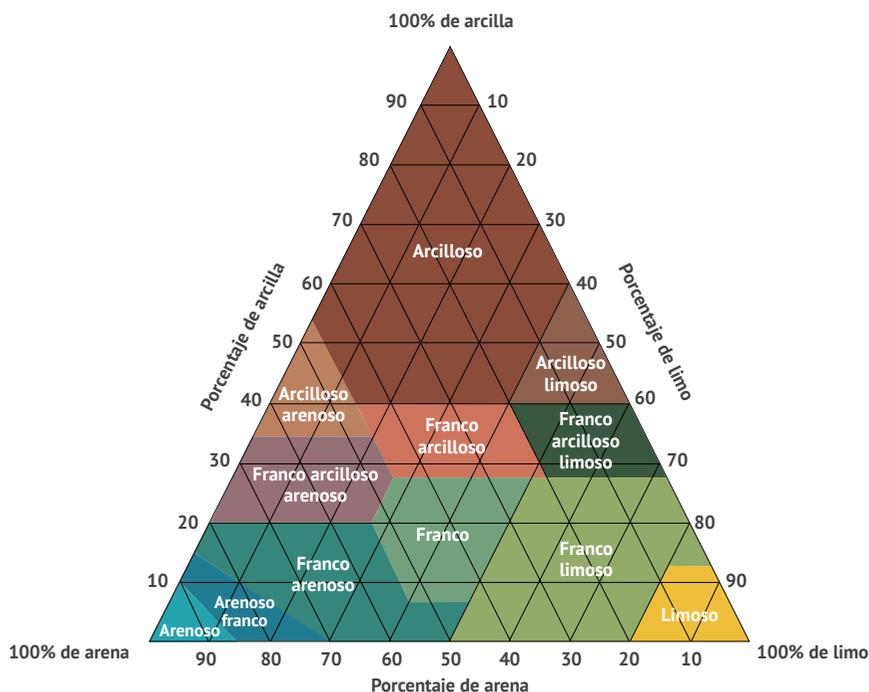
A continuación, pondrá una nueva cucharada de suelo en la palma de su mano, la humedecerá con agua y la frotará con sus dedos para sentir su textura (Figura 4d): muy áspera (grumosa), muy suave o término medio (ni áspera ni suave).

**Figura 4.** La textura del suelo se prueba tratando de formar una bola y una cinta de ancho y grueso uniformes.



La información recabada será anotada en el formato **Textura** (Anexo 1, p. 34, que incluye los siguientes datos:

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIODIVERSIDAD.
- Fecha: día en el que se realiza la prueba de textura en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
- Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
- Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información o realiza la actividad.
- Manipulación del suelo: registrar si pudo formar la bola y la cinta.
- Largo de la cinta (cm): medida en centímetros que tenía la cinta al romperse.
- Sensación al tacto: anotar si una cucharada de suelo humedecido se siente muy áspera, muy suave o término medio (ni áspera ni suave).
- Tipo de textura: registrarlos de acuerdo con la clasificación del cuadro.



Resultado de la prueba	Tipo de textura que corresponde
No forma bola	<b>ARENOSO</b> (contiene un máximo del 10% de arcilla)
Forma bola No forma cinta	<b>ARENOSO FRANCO</b> (contiene del 8 al 70% de arena)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 centímetros o menos antes de romperse La sensación al tacto es muy áspera	<b>FRANCO ARENOSO</b> (el porcentaje de arena fluctúa del 50 al 70%)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 centímetros o menos antes de romperse En la sensación al tacto no predomina la aspereza ni la suavidad	<b>FRANCO</b> (el contenido de arcilla es inferior al 27%)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 centímetros o menos antes de romperse La sensación al tacto es muy suave	<b>FRANCO LIMOSO</b> (el contenido de arcilla es inferior al 27%)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 a 5 centímetros antes de romperse La sensación al tacto es muy áspera	<b>FRANCO ARCILLOSO ARENOSO</b> (el contenido de arcilla es del 20 al 36%)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 a 5 centímetros antes de romperse En la sensación al tacto no predomina la aspereza ni la suavidad	<b>FRANCO ARCILLOSO</b> (el contenido de arcilla es del 27 al 40%)
Forma bola Forma una cinta de 2.5 a 5 centímetros antes de romperse La sensación al tacto es muy suave	<b>FRANCO ARCILLOSO LIMOSO</b> (el contenido de arcilla es del 27 al 40%)
Forma bola Forma una cinta de 5 centímetros o más antes de romperse La sensación al tacto es muy áspera	<b>ARCILLOSO ARENOSO</b> (el contenido de arcilla es inferior al 40%)
Forma bola Forma una cinta de 5 centímetros o más antes de romperse La sensación al tacto es muy suave	<b>ARCILLOSO LIMOSO</b> (el contenido de arcilla es inferior al 40%)
Forma bola Forma una cinta de 5 centímetros o más antes de romperse En la sensación al tacto no predomina la aspereza ni la suavidad	<b>ARCILLOSO</b> (el contenido de arcilla es superior al 40%)

## C. ¿CÓMO MONITOREAMOS LA MACROFAUNA?



En un metro cuadrado de suelo puede haber más de mil especies de organismos como lombrices, hormigas, termitas, ciempiés, escarabajos, cochinillas, ácaros, hongos y otros, que contribuyen a que el suelo mantenga su salud (FAO, 2015c). Cada uno de estos organismos participa en una variedad de funciones que mantiene el suelo saludable, como convertir los restos de plantas y animales en materia orgánica, incorporar nutrientes, fijar nitrógeno o construir canales que permiten la aireación, la infiltración de agua y el crecimiento de las raíces de la vegetación.

Un suelo en degradación no brinda las condiciones de materia orgánica, humedad y temperatura necesarias para que la macrofauna se alimente, crezca y se reproduzca, por lo que la cantidad y el tipo de organismos presentes serán mucho menores.

Para monitorear la macrofauna del suelo en BIOCUMUNI, el brigadista se ubica en el límite norte de la Unidad de Muestreo donde se localiza la estaca de color anaranjado y mide un metro hacia el interior del Unidad. Con ayuda de la pala recta, cava

un bloque de 25 centímetros por lado y 20 centímetros de profundidad. Procurando no modificar su estructura, pone toda la tierra extraída sobre un plástico colocado bajo la sombra. A continuación buscará lombrices, insectos y otros, y contará los que encuentre de cada tipo (Figura 5).

Con el objetivo de evitar posibles picaduras o mordeduras, sugerimos utilizar guantes

de color claro y ayudarse de una palita para realizar la actividad. Al terminar el conteo, el brigadista devolverá la tierra y los organismos al hoyo con cuidado.

La brigada repetirá el procedimiento en los límites sur, este y oeste de la Unidad de Muestreo.

**Figura 5.** La brigada extraerá bloques de suelo en los cuatro límites de la Unidad de Muestreo para buscar hormigas, lombrices, garrapatas y escarabajos, entre otros organismos.



CONAFOR

La información obtenida debe ser registrada en el formato **Macrofauna** (Anexo 1, p. 35 a 36), que contiene la siguiente información:

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIODIVERSIDAD.
- Fecha: día en el que se realiza el muestreo de organismos en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
- Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
- Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información o realiza la actividad en campo.
- Tipo de organismo y cantidad: anotar qué animales y cuántos fueron encontrados en la muestra de suelo; en el formato encontrará una lista e imágenes de referencia.
- Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante que ocurra mientras se realiza la actividad, por ejemplo, si en los alrededores hay hormigueros, nidos de termitas, madrigueras de ratones, tuzas, entre otros.

## D. ¿CÓMO MEDIMOS LA INFILTRACIÓN?

La infiltración es el proceso en el cual el agua penetra la superficie, se almacena en el suelo y pasa a capas más profundas. Un suelo seco absorbe agua rápidamente; después ya no puede acumular más líquido y el agua escurre por la superficie.

En zonas forestales, un suelo sano es capaz de absorber, retener y drenar agua; la velocidad dependerá de varios factores, como el tipo de suelo, su porosidad, humedad y cantidad de materia orgánica. En condiciones naturales, los suelos arenosos tienen mayor velocidad de infiltración que los arcillosos (Cuadro 2).

**CUADRO 2** || Del tipo de suelo depende la velocidad de infiltración (USDA, 1999).

Tipo de suelo	Velocidad de infiltración (cm/h)	Categoría
Compactado	Menor que 0.0038	Impermeable
Arcilloso, arcilloso limoso	0.0039 a 0.15	Muy lenta
Arcilloso, pobre en materia orgánica	0.16 a 0.51	Lenta
Franco arenoso y franco limoso	0.52 a 1.52	Moderadamente lenta
Arenoso profundo y franco limoso	1.53 a 5.08	Moderada
Limoso arenoso	5.09 a 15.24	Moderadamente rápida
Arenoso	15.25 a 50.8	Rápida
Muy arenoso	Mayor que 50.8	Muy rápida

Para conocer a qué velocidad se filtra el agua en la Unidad de Muestreo, utilizamos el tubo de acero de 6 pulgadas de diámetro por 5 de longitud (15.24 por 12.7 centímetros). En el exterior del tubo, con apoyo de una sequeta o lima, el brigadista marca una línea a

3 pulgadas de alto (7.62 centímetros) y otra a 4 pulgadas de alto, y afila el bisel con la lima para poder clavarlo fácilmente. El brigadista se ubica en el límite norte de la Unidad de Muestreo, donde se localiza la estaca de color anaranjado. Mide 50 centímetros hacia

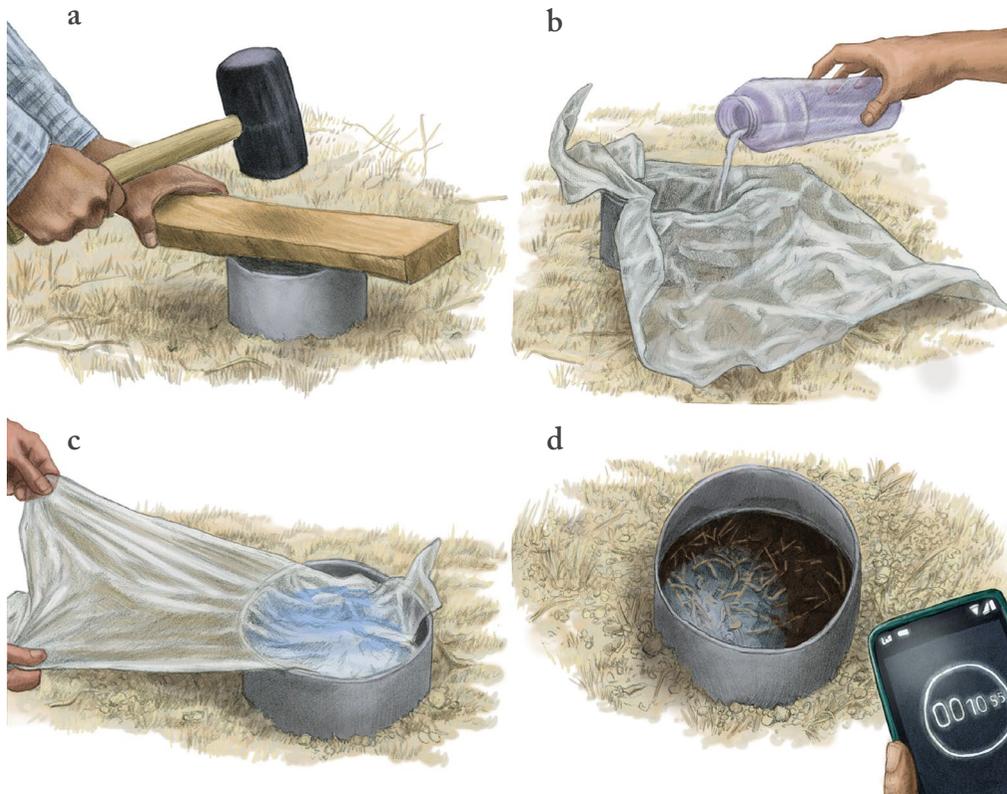
el interior de la Unidad de Muestreo, retira la maleza y los residuos (palos, hojas, ramas), y corta la vegetación al ras, tanto como sea posible. Con el borde biselado hacia abajo, clava el tubo hasta la marca exterior ubicada a 3 pulgadas de altura, evitando que se remueva el suelo que quedará dentro. Si el suelo está seco y duro, recomendamos humedecerlo, poner una tabla sobre el borde superior del tubo y golpear con la palma de la mano o un martillo de goma para poder enterrarlo (Figura 6a).

Dentro del tubo, cubriendo el suelo y los bordes, el brigadista colocará una envoltura de plástico y verterá agua hasta la marca

que hizo en el tubo a 4 pulgadas de alto (equivalente a una pulgada de agua o 449 mililitros), tal como se observa en la Figura 6b. Por un lado y con cuidado, jalará la envoltura de plástico hasta removerla (Figura 6c), y con ayuda de un cronómetro –puede ser del reloj o del teléfono celular–, medirá el tiempo en que el agua es absorbida hasta que la superficie del suelo se vea brillante (Figura 6d).

La brigada repetirá tres veces más los pasos de verter una pulgada de agua dentro del tubo y cronometrar el tiempo que tarda en ser absorbida, a fin de tener una estimación más precisa de la velocidad de infiltración.

**Figura 6.** Para medir la infiltración, BIOCOMUNI cronometra el tiempo en que el suelo absorbe una pulgada de agua.



La brigada anotará la siguiente información en el formato **Infiltración** (Anexo 1, p. 37):

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIOCOMUNI.
- Fecha: día en el que se realiza la prueba de infiltración en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
- Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
- Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información o realiza la prueba de infiltración.
- Tiempo en minutos: tiempo en que el agua se infiltra (p. ej. 30 minutos).
- Tiempo en horas: tiempo en que el agua se infiltra, convertido de minutos a horas; para obtener esta cifra, el brigadista divide entre 60 el tiempo en minutos que registró previamente (p. ej. 30 minutos  $\div$  60 = 0.5 horas).
- Velocidad de infiltración (cm/h): este cálculo en centímetros por hora se obtiene al dividir 2.54 centímetros de agua (1 pulgada) entre el tiempo en horas que tardó la infiltración (p. ej. 2.54 cm  $\div$  0.5 h = 5.08 cm/h).
- Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante que ocurra mientras se realiza la actividad.

## E. ¿CÓMO CALCULAMOS LA DENSIDAD APARENTE?

La densidad aparente del suelo es la relación que existe entre su peso (seco) y el volumen que ocupa, incluyendo su espacio poroso, es decir, la densidad aparente es una medida indirecta de la compactación del suelo y su porosidad.

En general, a menor densidad aparente, mayor el espacio poroso que un suelo contiene y que puede ser ocupado por agua, aire y raíces. Al reducirse el espacio poroso, aumenta la densidad aparente del suelo; esto repercute en el movimiento del agua, la aireación, el crecimiento y la penetración de raíces, y el desarrollo de plántulas.

La densidad aparente está vinculada a los materiales que conforman el suelo, así que varía según su textura y cantidad de materia

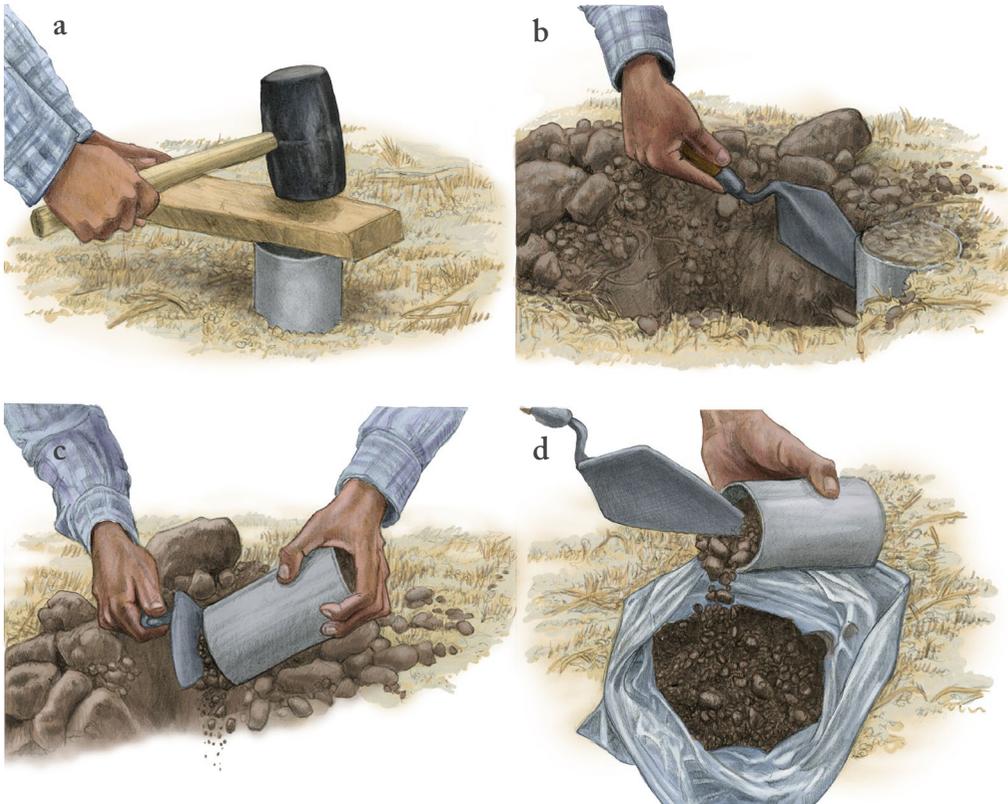
orgánica, que es el contenido de menor peso. Entre más materia orgánica contiene un suelo, menor será su densidad aparente. Por ejemplo, si dividimos el peso de una roca del tamaño de nuestro puño entre el volumen que ocupa, obtenemos su densidad. Ahora, si ese mismo volumen fuera de materia orgánica, el peso disminuiría y la densidad aparente sería menor que la de la roca. La densidad aparente del suelo suele ir de 0.8 gramos por centímetro cúbico (cenizas volcánicas) a 1.6 y hasta 1.8 gramos por centímetro cúbico (suelos muy arenosos).

Para conocer la densidad aparente del suelo en la Unidad de Muestreo, BIOCOMUNI utiliza un tubo de acero de 3 pulgadas de diámetro (7.3 centímetros) por 5 pulgadas de longitud (12.7 centímetros), con el bisel afilado con una lima para poder enterrarlo. El brigadista se ubica a 56 centímetros del límite norte hacia el interior de la Unidad de Muestreo (o a 6 centímetros de donde realizó la prueba de infiltración), corta la maleza, retira los residuos (palos, hojas, ramas, etc.) y corta la vegetación al ras de la superficie, tanto como sea posible. Coloca el tubo con el borde biselado hacia abajo y, con ayuda del martillo de goma y un pedazo de madera, lo clava en el suelo en su totalidad (Figura 7a). Una vez que el cilindro

está totalmente enterrado, con la espátula, cuchara de albañil o palita de jardinero, retira la tierra alrededor del tubo (Figura 7b) y después coloca la herramienta debajo de él para levantarlo con cuidado y mantener dentro el suelo acumulado en su interior (Figura 7c). A continuación, vacía el contenido del tubo en una bolsa de plástico (Figura 7d), la cierra bien y escribe en ella con plumón indeleble la clave de la Unidad de Muestreo y la fecha.

El brigadista llevará consigo la bolsa con la muestra de suelo al núcleo agrario, la pesará en una báscula digital de cocina con precisión de décimas de gramo y registrará el resultado en el formato de campo.

**Figura 7.** Para medir la densidad aparente, la brigada entierra el tubo de acero para coleccionar una muestra de suelo que llevará a la comunidad para pesar, secar y volver a pesar.



Después, con ayuda del tamiz o colador con malla de 2 milímetros de apertura, cernirá el suelo poco a poco para retirar las piedras, la grava y la arena gruesa. Pesará la bolsa de plástico vacía, anotará la medida y después colocará el suelo tamizado (sin piedras ni grava) nuevamente en la bolsa.

A continuación, para calcular el volumen en centímetros cúbicos que ocupan las piedras, la grava y la arena gruesa, llenará con agua la probeta graduada hasta la marca de 300 mililitros y después añadirá las rocas a la probeta. Entonces registrará, en mililitros, cuánto subió el nivel del agua (cada mililitro equivale a un centímetro cúbico).

Acto seguido, pesará un vaso de unicel y registrará la medida. Lo llenará con el suelo tamizado extraído de la bolsa, lo pesará de nuevo y registrará la medida en el formato de campo. Con el objetivo de que se evapore la humedad que el suelo contiene, meterá en el horno de microondas el vaso y lo calentará durante 5 minutos; dejará el

horno abierto 1 minuto para permitir que el vapor salga, volverá a pesar el vaso y hará la anotación.

El brigadista repetirá este procedimiento (calentar el vaso, dejarlo reposar y pesarlo de nuevo) hasta que el suelo esté completamente seco y su peso no se modifique de manera significativa, es decir, que la variación sea únicamente de algunas décimas de gramo (p. ej. de 251 a 250.8 gramos, y de 250.8 a 250.6). Para calcular el peso real del suelo seco, el brigadista restará, a la última medida obtenida, el peso de la bolsa de plástico y del vaso de unicel.

Al terminar la prueba, la brigada calculará la densidad aparente del suelo mediante dos operaciones aritméticas:

Primero restará, del volumen del tubo (531.5 centímetros cúbicos), el volumen que ocuparon las piedras, la grava y la arena gruesa. Así tendrá el volumen del suelo en centímetros cúbicos:

$$\text{volumen del suelo (cm}^3\text{)} = \text{volumen del tubo (531.5 cm}^3\text{)} - \text{volumen de piedras, grava y arena gruesa (cm}^3\text{)}$$

Después dividirá el peso en gramos del suelo seco entre el volumen del suelo, es decir, el resultado que obtuvo en la operación anterior.

$$\text{densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso del suelo seco (g)}}{\text{volumen del suelo en cm}^3}$$

Con base en la densidad aparente, la brigada también puede calcular la porosidad para conocer el espacio de aire o agua que hay entre las partículas del suelo. El porcentaje de porosidad se obtiene al restar, de un entero, lo que resulte de dividir la densidad aparente entre la densidad real (que regularmente es de alrededor de 2.65 gramos por centímetro cúbico) y multiplicar el resultado por 100.

$$\text{porosidad (\%)} = 1 - \frac{\text{densidad aparente (g/cm}^3\text{)}}{\text{densidad real (cm}^3\text{)}} \times 100$$

Por ejemplo, con una densidad aparente de 0.8 gramos por centímetro cúbico, que corresponde a un suelo orgánico, la porosidad sería de 69.8%; en cambio, con una densidad aparente de 1.6 gramos por centímetro cúbico, correspondiente a un suelo arenoso, la porosidad sería del 39.6%. Un suelo orgánico tiene un 30% más espacio poroso que un suelo arenoso, lo que le permite retener mayor cantidad de agua.

La brigada anotará las medidas obtenidas en el formato **Densidad aparente** (Anexo 1, p. 38 ), que incluye los siguientes datos:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIODOMUNI.</li> <li>• Fecha: día en el que se realiza prueba de densidad aparente en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).</li> <li>• Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).</li> <li>• Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información o realiza la prueba de densidad aparente.</li> <li>• Peso del suelo húmedo (g): anotar el peso en gramos de la bolsa con la muestra de suelo.</li> <li>• Peso de la bolsa de plástico (g): registrar el peso en gramos de la bolsa de plástico vacía.</li> <li>• Volumen de piedras, grava y arena gruesa (cm<sup>3</sup>): escribir el número de mililitros que sube el nivel del agua en la probeta al añadir las piedras, gravas y arenas gruesas.</li> <li>• Peso del vaso de unicel vacío (g): anotar el peso en gramos del vaso de unicel vacío.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso del vaso de unicel lleno con suelo (g): registrar el peso en gramos del vaso con el suelo tamizado.</li> <li>• Peso del suelo seco (g): peso en gramos del suelo después de secarlo en el horno de microondas las veces necesarias y restarle el peso de la bolsa de plástico y del vaso de unicel.</li> <li>• Volumen del suelo (cm<sup>3</sup>): resultado de restar el volumen de piedras, grava y arena gruesa al volumen del tubo, que es de 531.5 centímetros cúbicos.</li> <li>• Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>): resultado en gramos por centímetro cúbico que se obtiene de dividir el peso del suelo seco entre el volumen del suelo.</li> <li>• Porosidad (%): porcentaje que se obtiene de restar, a un entero, el resultado de dividir la densidad aparente entre la densidad real (2.65 g/cm<sup>3</sup>) y multiplicarlo por 100.</li> <li>• Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante que ocurra mientras se realiza la actividad.</li> </ul> |
|--|--|

## F. ¿CÓMO EXAMINAMOS LA EROSIÓN HÍDRICA?

Los suelos desnudos que han pasado por un proceso de deforestación, quema, incendio o cambio de uso y que poseen poca cobertura que los proteja son propensos a erosionarse por la acción de la lluvia o el viento. Si en esas áreas no implementamos acciones de protección, la erosión aumentará, especialmente en las zonas de ladera.

La erosión hídrica ocurre cuando la lluvia desprende partículas de suelo de un lugar y las transporta y deposita en otro, provocando que en algunos sitios se pierda suelo y en otros se acumule, lo cual es una acción no deseada.

Dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el terreno, la erosión hídrica puede clasificarse en cinco categorías: no aparente, ligera, moderada, severa y muy severa (Cuadro 3).

**CUADRO 3** || **BIOCOMUNI clasifica la erosión hídrica del suelo en cinco categorías (adaptado de USDA, 1999).**

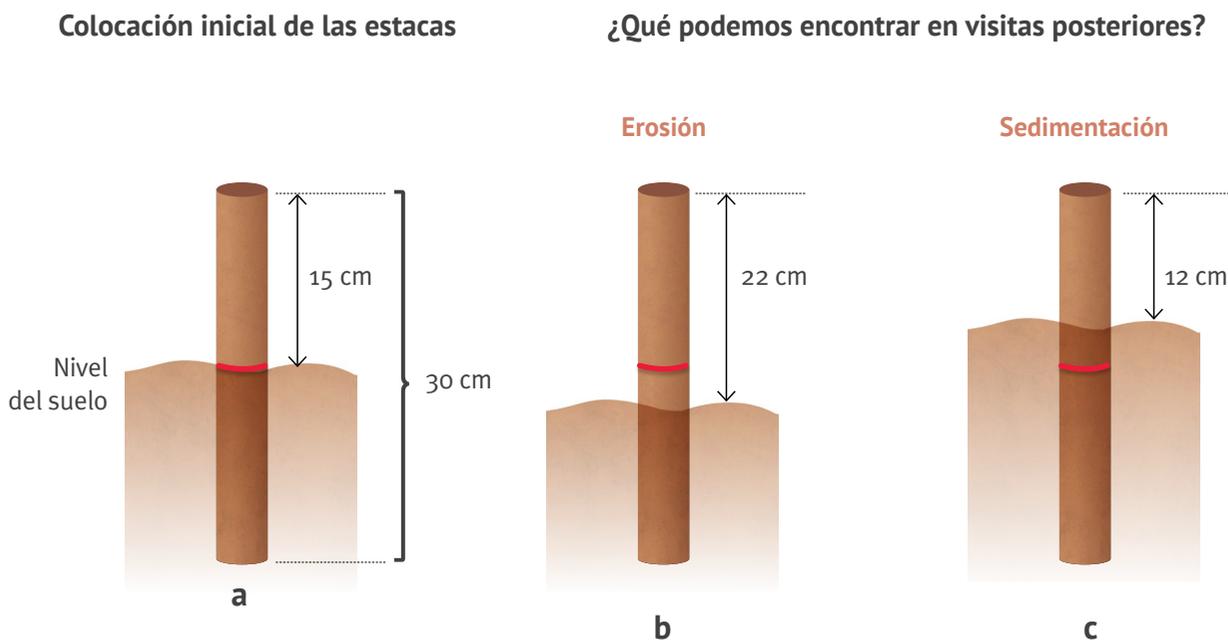
Categoría de erosión hídrica	Descripción
<b>No aparente</b>	El suelo está cubierto por vegetación en más del 75% de su superficie y no se observa pérdida de suelo, pero es posible que haya procesos erosivos que aún no son visibles.
<b>Ligera</b>	Del 50 al 75% de la superficie del suelo está cubierta por vegetación, forma parches separados entre sí y queda desprotegido ante la lluvia, el sol y el viento.
<b>Moderada</b>	Menos del 50% de la superficie se encuentra cubierta por vegetación y se puede observar el suelo al menos en el 30%. Las raíces de la vegetación están expuestas. Se presentan algunos canalillos o surcos, pedestales y cárcavas pequeñas (de profundidad inferior a un metro).
<b>Severa</b>	La presencia de vegetación es escasa. El subsuelo se observa a simple vista de un color claro en el 30 al 60% de la superficie. Son más frecuentes los surcos y pedestales, y se pueden presentar cárcavas medianas (con una profundidad de uno a cinco metros).
<b>Extrema</b>	La presencia de vegetación es mínima o nula. A simple vista se ve el subsuelo y la roca origen en más del 60% de la superficie. Se pueden apreciar pedestales, surcos y cárcavas de gran tamaño (de profundidad superior a cinco metros).

## i) ESTACAS DE EROSIÓN HÍDRICA

Para saber si estamos perdiendo o acumulando suelo y en qué medida, utilizamos las cinco estacas o varillas de 30 centímetros de color anaranjado que se ubican al centro y los límites de la Unidad de Muestreo, así como las cuatro de color amarillo que se encuentran al centro de cada una de las Subunidades de Muestreo.<sup>4</sup> La brigada debe marcar, con pintura de aceite para evitar que se borre, el contorno de las estacas a una altura de 15 centímetros, y volver a clavarlas de tal manera que las marcas y la superficie del suelo coincidan (Figura 8a).

Cada vez que la brigada acuda a muestrear el suelo, con apoyo de la regla graduada o el flexómetro, medirá la distancia en centímetros que hay entre el suelo y el borde superior de cada una de las nueve estacas. Si la longitud es mayor que 15 centímetros (de 15.1 a 30 centímetros), se ha perdido suelo a causa de la erosión (Figura 8b); si la marca roja no puede verse porque quedó cubierta, y la longitud entre el suelo y el borde de la estaca es menor que 15 centímetros (de 0 a 14.9 centímetros), entonces existe un proceso de sedimentación como resultado del arrastre y la acumulación de material hacia este sitio (Figura 8c).

**Figura 8.** Las estacas de la Unidad y las Subunidades de Muestreo nos sirven para saber si, en el transcurso del tiempo, hay erosión o sedimentación, y en qué medida (adaptado de Cotler, 2020).



<sup>4</sup> La ubicación de las estacas se especifica en el "Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas" de BIODCOMUNI, disponible en [http://biocomuni.mx/documentos/manual\\_biocomuni\\_trazo.pdf](http://biocomuni.mx/documentos/manual_biocomuni_trazo.pdf)

La brigada deberá reportar en el formato **Estacas de erosión hídrica** (Anexo 1, p. 39) los siguientes datos:

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIOCOMUNI.
  - Fecha: día en el que se revisan y miden las estacas en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
  - Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
  - Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información.
  - Longitud actual (cm): medida en centímetros entre el suelo y el borde de la estaca.
  - Diferencia (cm): medida en centímetros de la longitud actual; para obtener esta diferencia, el brigadista debe restar, de la longitud inicial de 15 centímetros, la longitud actual. Si es mayor que 15 centímetros, se deberá agregar al resultado un signo negativo (-). Si la longitud actual de la estaca es menor que 15 centímetros, se deberá agregar un signo positivo (+). Los valores negativos indican cuántos centímetros de suelo han sido perdidos por erosión; los valores positivos, cuántos centímetros de suelo han sido ganados por sedimentación.
- Por ejemplo:

Estacas	Longitud inicial de la estaca (cm)	(restar)	Longitud actual de la estaca (cm)	Igual a	Diferencia (cm)
<b>Centro SUM 1</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>=</b>	<b>- 2</b>
<b>Centro SUM 2</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>=</b>	<b>+ 4</b>

- Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante que ocurra mientras se realiza el levantamiento de datos.

## ii) MANIFESTACIONES DE EROSIÓN HÍDRICA

La erosión provocada por el agua suele producir formas muy particulares en el paisaje, las cuales dependen del grado de erosión del suelo. Entre las manifestaciones más comunes se encuentran las siguientes:

### SURCOS

Canales pequeños, pero muy visibles, perpendiculares a la pendiente y paralelos entre sí, donde se concentra el flujo de agua después de la lluvia.



Helena Cotter Ávalos

### PEDESTALES

Columnas de suelo original que se mantienen en pie debido a la protección de piedras o vegetación. En general tienen una altura inferior a 25 centímetros.



Helena Cotter Ávalos

### PINÁCULOS

Relictos de suelo original causados por la socavación del agua y asociados con canales verticales profundos a los lados de las cárcavas que profundizan rápidamente hasta que se juntan y dejan un montículo de suelo aislado.



Iván Montes de Oca Cacheux/CONABIO

### CÁRCAVAS

Degradación del suelo ocasionada por la escorrentía que genera hoyos en el terreno que aumentan de tamaño hasta crear barrancos en las laderas.



Helena Cotter Ávalos

Durante la salida de campo para buscar huellas y excretas para muestrear la fauna,<sup>5</sup> la brigada observará si, alrededor de los seis transectos de 500 metros, existen en el paisaje manifestaciones de erosión, y las registrará en el formato **Manifestaciones de erosión hídrica** (Anexo 1, p. 40), que incluye la siguiente información:

- Clave de la Unidad de Muestreo: número único designado según la malla de puntos de BIOCUMUNI.
- Fecha: día en el que se realiza el monitoreo de las manifestaciones de erosión hídrica en formato día/mes/año (p. ej. 16/06/2021).
- Temporada: seca o húmeda (al término de la temporada de lluvia).
- Nombre del brigadista: nombre completo de la persona que captura la información o realiza la actividad en campo.
- Vegetación, raíces expuestas, surcos, pedestales, pináculos y cárcavas: marcar la opción que describa mejor lo que se observa en los alrededores de los transectos.
- Observaciones: anotar cualquier información adicional relevante que ocurra mientras se realiza la actividad en campo.

---

<sup>5</sup> Recomendamos consultar el “Manual para muestrear la fauna en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas”, disponible en [http://biocomuni.mx/documentos/manual\\_biocomuni\\_fauna.pdf](http://biocomuni.mx/documentos/manual_biocomuni_fauna.pdf).

# GLOSARIO

<b>Arcilla</b>	Partícula mineral del suelo con un tamaño inferior a 0.002 milímetros de diámetro.
<b>Arena</b>	Partícula mineral del suelo con un tamaño de 0.05 a 2 milímetros de diámetro.
<b>Cambio climático</b>	Cambios debidos a las actividades humanas en los elementos que conforman el clima en el planeta (temperatura, presión, viento, humedad y precipitación) que alteran la composición de la atmósfera y la variabilidad climática natural.
<b>Compactación</b>	Fractura de la estructura original del suelo, de manera que se reduce el espacio de los poros. Como resultado, existe aireación, drenaje e infiltración pobres y se dificulta la penetración de las raíces de las plantas.
<b>Composición del suelo</b>	Proporción de partículas minerales (arena, limo y arcilla) que forman parte del suelo.
<b>Cubierta del suelo</b>	Capa de vegetación, rocas, hojas y restos de troncos y plantas que protege la estructura del suelo, suaviza el impacto de las gotas de lluvia y promueve la infiltración.
<b>Deforestación</b>	Pérdida o eliminación ocasional o permanente de la capa de vegetación natural en un ecosistema, ya sea por causa natural o por acción humana.
<b>Densidad aparente</b>	Peso del suelo para un determinado volumen. Entre mayor sea la densidad aparente del suelo, menor será el espacio poroso disponible para el movimiento del agua, los nutrientes, el aire, y el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas.
<b>Descomposición</b>	Proceso a través del cual un compuesto orgánico es transformado a formas más simples y nutrientes, donde se obtienen también como productos finales dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) y agua (H <sub>2</sub> O).
<b>Ecosistema forestal</b>	Se refiere a ecosistemas naturales tales como bosques, selvas, manglares, humedales, vegetación de zonas áridas y semiáridas.
<b>Edáfico, a</b>	Referente o relativo al suelo.

<b>Encostramiento del suelo</b>	Delgada capa superficial e impermeable del suelo cuyo grosor va de algunos milímetros a centímetros e inhibe el crecimiento de las plantas, reduce la infiltración y favorece la escorrentía y la erosión.
<b>Erosión</b>	Desgaste, desprendimiento y movimiento del suelo debido a la lluvia y el viento.
<b>Escorrentía</b>	Corriente de agua que circula sobre el suelo cuando ya no puede infiltrarse.
<b>Espacio poroso</b>	Espacio que existe entre las partículas minerales del suelo.
<b>Estructura del suelo</b>	La combinación o arreglo de las partículas del suelo.
<b>Fertilidad del suelo</b>	Habilidad para suministrar los nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas.
<b>Hábitat</b>	Espacio que tiene las condiciones adecuadas para que vivan organismos, especies o comunidades de organismos.
<b>Indicador</b>	Característica específica, observable y medible, cualitativa o cuantitativamente, usada para mostrar los cambios hacia el logro de un resultado específico.
<b>Infiltración</b>	Proceso mediante el cual el agua penetra al interior del suelo.
<b>Limo</b>	Partícula mineral del suelo con un tamaño de 0.05 a 0.002 milímetros de diámetro.
<b>Macrofauna</b>	Animales con un diámetro corporal de más de 2 milímetros que habitan en el suelo, como lombrices de tierra, caracoles e insectos.
<b>Materia orgánica</b>	Restos orgánicos de plantas y animales en proceso de descomposición que contienen nutrimentos clave para el crecimiento de las plantas y promueven una buena aireación del suelo e infiltración de agua.
<b>Material parental</b>	Material geológico inalterado, generalmente rocas y minerales originarios, a partir del cual se forma el suelo.
<b>Monitoreo</b>	Proceso ordenado y sistemático mediante el cual se reúne, observa y analiza información de manera periódica.
<b>Nutrimento</b>	Sustancia esencial para el desarrollo de las plantas y animales, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, zinc, manganeso y otros.

<b>Permeabilidad</b>	Propiedad del suelo para favorecer el movimiento del agua y del aire; entre más permeable sea el suelo, mayor será la infiltración que registre.
<b>Porosidad</b>	Espacio que existe entre las partículas minerales que componen el suelo.
<b>Salinización</b>	Proceso a través del cual se acumulan sales solubles en el suelo.
<b>Salud del suelo</b>	Capacidad del suelo para mantener su estructura, propiedades y funciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- COLPOS (2013), *Suelo: protejamos el suelo que nos da vida*, El Colegio de Posgraduados-Secretaría de Ganadería, Agricultura, Pesca y Alimentación, México, 21 p.
- Cotler, H. (2020), *Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales*, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México, 37 p.
- FAO (2015a), “*Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*”, Hojas informativas, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia, 4 p.
- FAO (2015b), “*Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático*”, Hojas informativas, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia, 4 p.
- FAO (2015c), “*Suelos y biodiversidad*”, Hojas informativas, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia, 4 p.
- FAO (2015d), *Field Guide for Rapid Assessment of Forest Protective Function for Soil and Water. A Scientifically Sound, Cost Effective and Easy-to-Apply Method for Collecting Data to Promote Forest Management for Protection of Soil and Water*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 15 p.
- USDA (1999), *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*, Departamento de Agricultura, Servicio de Investigación Agrícola, Servicio de Conservación de Recursos Naturales e Instituto de Calidad de Suelos, Estados Unidos, 88 p.

# ANEXO 1: FORMATOS DE CAMPO

# SUELO CUBIERTA DEL SUELO

Clave Unidad de Muestreo	Fecha (día/mes/año)	Temporada	
		<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda
Nombre del brigadista			
De norte a sur			
Punto	Registro*	Punto	Registro*
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	
6		21	
7		22	
8		23	
9		24	
10		25	
11		26	
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	
Número de lecturas con vegetación (0)	(dividir)	Número de lecturas totales	(multiplicar)
	÷		x
		Factor	(igual a)
		100	=
Observaciones			

\*Anotar el número que corresponda: vegetación (0), raíces (1), hojas (2), rocas (3), madera muerta (4), suelo desnudo (5).

## SUELO TEXTURA

Clave Unidad de Muestreo	Fecha (día/mes/año)	Temporada					
		<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda				
<b>Nombre del brigadista</b>							
<b>SUM 1</b>		<b>SUM 2</b>		<b>SUM 3</b>		<b>SUM 4</b>	
¿Se forma una pelota?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No						
¿Se forma una cinta?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No						
Largo de la cinta (cm)							
Sensación al tacto*							
Tipo de textura							
<b>Observaciones</b>							

\* Clasificar como muy áspera, muy suave o término medio (ni suave ni áspera)

### TIPOS DE TEXTURA DEL SUELO (USDA, 1999)

	Arenoso	Arenoso franco	Franco arenoso	Franco limoso	Franco	Franco arcilloso arenoso	Franco arcilloso limoso	Franco arcilloso	Arcilloso arenoso	Arcilloso limoso	Arcilloso
Forma una pelota	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Forma una cinta	-	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Largo de la cinta (cm)	-	<2.5 cm	<2.5 cm	<2.5 cm	<2.5 cm	2.5 a 5 cm	2.5 a 5 cm	2.5 a 5 cm	>5 cm	>5 cm	>5 cm
Sensación al tacto	-	Muy áspera/grumosa	Muy suave	Intermedia	Muy áspera/grumosa	Muy suave	Intermedio	Muy áspera/grumosa	Muy suave	Intermedia	Intermedia

## SUELO MACROFAUNA

Clave Unidad de Muestreo			Fecha (día/mes/año)			Temporada		
						<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda	
Nombre del brigadista								
Organismos	Límite norte		Límite sur		Límite este		Límite oeste	
	Presencia	Número	Presencia	Número	Presencia	Número	Presencia	Número
Lombrices								
Babosas y caracoles								
Cochinillas								
Milpiés								
Ciempíes								
Arañas								
Escarabajos								
Tijerillas								
Garrapatas								
Hormigas								
Termitas								
Otros organismos, ¿cuáles? (p. ej. larvas)								
Observaciones								

## SUELO MACROFAUNA (EJEMPLOS)

Lombrices



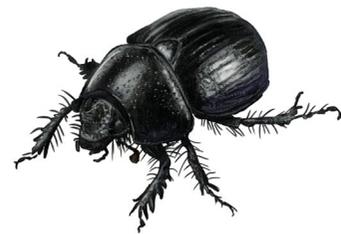
Arañas



Babosas



Escarabajos



Caracoles



Tijerillas



Cochinillas



Garrapatas



Milpiés



Termitas



Ciempíes



Larvas



## SUELO INFILTRACIÓN

Clave Unidad de Muestreo		Fecha (día/mes/año)		Temporada	
				<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda
Nombre del brigadista					
Mediciones	Tiempo en minutos	Tiempo en horas*	Velocidad de infiltración** (cm/h)		
Primera medición					
Segunda medición					
Tercera medición					
Cuarta medición					
Promedio de la velocidad de infiltración (cm/h)					
Observaciones					

**Recuerda:**

\* Para transformar a horas el tiempo que el agua tardó en infiltrarse, divide el tiempo en minutos registrado entre 60.

\*\* Para calcular la velocidad de infiltración en centímetros por hora, divide 2.54 centímetros de agua (1 pulgada o 449 mililitros) entre el tiempo de infiltración registrado en horas.

## SUELO DENSIDAD APARENTE

Clave Unidad de Muestreo		Fecha (día/mes/año)		Temporada	
				<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda
Nombre del brigadista					
Peso del suelo húmedo (g)		Peso de la bolsa de plástico vacía (g)*		Peso del vaso de unícel vacío (g)*	
<b>VOLUMEN DE PIEDRAS GRAVA Y ARENA GRUESA</b>					
Nivel del agua con piedras, grava y arena gruesa añadidas (ml)		(restar)	Nivel del agua en la probeta (ml)	(igual a)	Volumen de piedras, grava y arena gruesa (cm <sup>3</sup> )**
		-	300	=	
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>					
Peso del vaso de unícel con suelo tamizado (g)	Peso del suelo 1 <sup>a</sup> vez en el microondas (g)	Peso del suelo 2 <sup>a</sup> vez en el microondas (g)	Peso del suelo 3 <sup>a</sup> vez en el microondas (g)	Peso de la bolsa + peso del vaso de unícel (g)*	Peso del suelo seco (g)****
				(igual a)	=
<b>DENSIDAD APARENTE</b>					
Volumen del tubo (cm <sup>3</sup> )	(restar)	Volumen de piedras, grava y arena gruesa (cm <sup>3</sup> )**		Volumen del suelo (cm <sup>3</sup> )****	
531	-				
Peso suelo seco***	(dividir)	Volumen del suelo (cm <sup>3</sup> )****		Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	
	÷				
<b>POROSIDAD</b>					
Un entero	(restar)	Densidad aparente ÷ 2.65 (g/cm <sup>3</sup> )	Factor	(igual a)	Porosidad (%)
1	-	x	100	=	
Observaciones					

## SUELO ESTACAS DE EROSIÓN HÍDRICA

Clave Unidad de Muestreo		Fecha (día/mes/año)	Temporada		
			<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda	
Nombre del brigadista					
Estacas	Longitud inicial de la estaca (cm)	(restar)	Longitud actual de la estaca (cm)	(igual a)	Diferencia (cm)
Centro UM	15	-		=	
Límite norte UM	15	-		=	
Límite sur UM	15	-		=	
Límite este UM	15	-		=	
Límite oeste UM	15	-		=	
Centro SUM 1	15	-		=	
Centro SUM 2	15	-		=	
Centro SUM 3	15	-		=	
Centro SUM 4	15	-		=	
Observaciones					

**Recuerda:**

Si la longitud actual entre el suelo y la punta de la estaca es superior a 15 cm, significa que perdimos suelo y debemos registrar la diferencia con un signo negativo (p. ej.  $15 - 16.2 = -1.2$ ). Si la longitud actual entre el suelo y la punta de la estaca es inferior a 15 cm, significa que estamos acumulando sedimento y debemos registrar la diferencia con un signo positivo (p. ej.  $15 - 13.7 = +1.3$ ).

## SUELO MANIFESTACIONES DE EROSIÓN HÍDRICA

Clave Unidad de Muestreo	Fecha (día/mes/año)	Temporada			
		<input type="radio"/> Seca	<input type="radio"/> Húmeda		
<b>Nombre del brigadista</b>					
<b>Registro</b>	<b>Sin erosión aparente</b>	<b>Erosión ligera</b>	<b>Erosión moderada</b>	<b>Erosión severa</b>	<b>Erosión muy severa</b>
<b>Vegetación</b>	<input type="radio"/> Más del 75% de la superficie alrededor de los transectos está cubierta por vegetación	<input type="radio"/> Del 50 al 75% de la superficie alrededor de los transectos está cubierta por vegetación	<input type="radio"/> Del 30 al 50% de la superficie alrededor de los transectos está cubierta por vegetación	<input type="radio"/> Menos del 30% de la superficie alrededor de los transectos está cubierta por vegetación	<input type="radio"/> No hay vegetación en la superficie alrededor de los transectos
<b>Raíces expuestas</b>	<input type="radio"/> No se ven las raíces expuestas en la superficie alrededor de los transectos	<input type="radio"/> Menos del 30% de la superficie alrededor de los transectos presenta árboles con raíces expuestas	<input type="radio"/> Del 30 al 50% de la superficie alrededor de los transectos presenta árboles con raíces expuestas	<input type="radio"/> Del 50 al 75% de la superficie alrededor de los transectos presenta árboles con raíces expuestas	<input type="radio"/> No hay vegetación en la superficie alrededor de los transectos
<b>Surcos</b>	<input type="radio"/> No se presentan		<input type="radio"/> Ocasionales	<input type="radio"/> Frecuentes	<input type="radio"/> Muy frecuentes
<b>Pedestales</b>	<input type="radio"/> No se presentan	<input type="radio"/> Cubren menos del 5% de la superficie alrededor de los transectos y tienen una altura de 1 a 2 cm	<input type="radio"/> Cubren del 5 al 15% de la superficie alrededor de los transectos y tienen una altura de 2 a 5 cm	<input type="radio"/> Cubren del 15% al 60% de la superficie alrededor de los transectos y tienen una altura de 5 a 25 cm	<input type="radio"/> Cubren más del 60% de la superficie alrededor de los transectos y tienen una altura de 5 a 25 cm
<b>Pináculos</b>	<input type="radio"/> No se presentan	<input type="radio"/> 1		<input type="radio"/> De 1 a 3	<input type="radio"/> Más de 3
<b>Cárcavas</b>	<input type="radio"/> No se presentan	<input type="radio"/> Cárcavas de tamaño pequeño (profundidad inferior a 1 metro)	<input type="radio"/> Cárcavas de tamaño mediano (profundidad de 1 a 5 metros)	<input type="radio"/> Cárcavas de gran tamaño (profundidad superior a 5 metros)	
<b>Observaciones</b>					





Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad (BIOCOMUNI) es un protocolo para que los núcleos agrarios de México realicen muestreos de la biodiversidad presente en los bosques, las selvas, las zonas áridas y semiáridas de nuestro país.

BIOCOMUNI es un esfuerzo conjunto de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN), la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID-México) y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS). Se diseñó a partir del conocimiento más reciente sobre el monitoreo de la biodiversidad y de los avances logrados a nivel nacional. Cuenta con el respaldo técnico de un destacado grupo de especialistas mexicanos en fauna, vegetación y suelo.