

5 Fertilidad del suelo

No.		Actividad	Página
5.1		**Intercambio de saberes**	2
5.2	★	**Análisis de la textura del suelo**	3
5.3		**Organismos del suelo – Red trófica**	5
5.4		**Vídeo: Hongos y su rol en la fertilidad del suelo**	14
5.5	★	**Intercambio de saberes: Nutrientes**	15
5.6	★	**Vídeo: La energía del sistema – especies de biomasa**	17
5.7		**Ciclos de nutrientes: El caso del Nitrógeno**	18

Leyenda de símbolos

★ Actividad central

En el exterior / en la parcela

En la sala de formación

Introducción / Demostración

Trabajo en grupo

Trabajo individual

Discusión / Plenaria

Vídeo

Póster/Folleto

Diapositivas

Hoja de trabajo

5.1 15 min

Intercambio de saberes

15 min

Fertilidad de suelo

El facilitador anota el término „fertilidad del suelo“ en la pizarra y pregunta a los participantes:

¿Qué significa fertilidad de suelo para ustedes?

¿Cuál es tu percepción de un suelo fértil?
¿Cuáles son las características de un suelo fértil?

¿Cuáles son las características del suelo en su región y qué impactos tiene en la producción?

¿Cuáles métodos han usado en el pasado para resolver problemas de fertilidad?
¿Cuál fue el resultado de esta experiencia?

El facilitador anota las palabras claves de las respuestas y los resume, haciendo referencia a los Mensajes clave.

Mensajes clave

El suelo es el soporte para el desarrollo de la biodiversidad, particularmente para la producción de alimentos, provee agua limpia y hábitats para la biodiversidad. No puede haber vida sin suelos, ni suelo sin vida.

La fertilidad del suelo puede describirse a través de tres dimensiones interrelacionadas, cada una con sus procesos específicos: la física, la biológica y la química. Estas dimensiones interactúan de manera continua.

La fertilidad del suelo es la capacidad de proveer los nutrientes esenciales en cantidades adecuadas y con el balance apropiado para el crecimiento de las plantas.

Un suelo fértil mantiene los cultivos saludables con una baja demanda de aportes externos (fertilizantes, pesticidas y energía).

5.2 60 min

Análisis de la textura del suelo

10 min

Introducción

El facilitador introduce el tema de la textura del suelo como dimensión física de la fertilidad del suelo, explicando las tres fracciones de partículas: arena, limo y arcilla.

---

20 min

Prueba de manipulación

Material por grupo: Hojas de trabajo H 5.2 impresas, muestras de suelo de diferentes parcelas, pulverizador de agua con agua.

El facilitador modera la formación de grupos de 3 a 4 personas y distribuye los materiales a cada grupo.

Los participantes siguen las instrucciones en la hoja de trabajo, para determinar el tipo de textura de su muestra de suelo y llenan la planilla.

Mensajes clave
La textura – definida por la proporción de arena, limo y arcilla – determina propiedades clave como la retención de agua, la aireación y la capacidad de infiltración.

Contar con varias pruebas diferenciadas.

Pedir a cada participante que traiga una muestra de suelo de su finca.

Repetir la práctica en visitas de campo.



30 min

Resultados, póster y discusión

Material: Póster P 5.2 Textura del suelo

El facilitador presenta el triangulo de suelos como herramienta mediante el póster y se marcan los resultados de las muestras dentro del triangulo con cinta adhesiva.

El facilitador modera la comparación de resultados, el intercambio entre los participantes usando las siguientes preguntas.

¿Cuál de las muestras tienen una textura suelta y cual una textura más compacta?

Mirando el triangulo de textura de suelos – ¿A qué tipo de suelo corresponde su muestra?

Si hay alguien entre los presentes que trabaja con un suelo similar ¿Cuáles han sido sus experiencias?

¿Cómo afectaría la textura del suelo a la retención de agua?

¿Cómo afectaría el tipo de textura en el ciclo de nutrientes?

¿Cómo afectaría la textura del suelo a la disponibilidad de nutrientes?

¿Cómo se puede mejorar la gestión del suelo, considerando que no se puede modificar la textura?

El facilitador ayuda a la interpretación de los resultados, con la ayuda del póster con el triángulo de suelos y los Mensajes clave.

Mensajes clave

- La textura es una de las propiedades físicas más importantes de un suelo. Las partículas minerales finas del suelo (arcilla y limo) tienen una mayor área superficial que las partículas gruesas (grava o arena). Esta propiedad influye en la fertilidad del suelo (nutrientes, reacciones químicas y estabilidad del suelo), la infiltración y retención del agua tal como la trabajabilidad del suelo.
- El conocimiento de la textura, es importante para la toma de decisiones y la identificación de acciones de gestión y manejo del suelo (por ejemplo, riego, mejora de la fertilidad, tasa de carga animal, prácticas de cultivo).



5.3
Organismos del suelo – Red trófica

PLANIFICACIÓN

Lugar: en sala

Pasos del ejercicio

Paso	Método	Duración
Preparación inicial	Montaje de una maqueta – terrario con elementos de la red trófica del suelo	El material debe prepararse con anterioridad al ensayo (No es parte de la actividad).
Introducción	Presentación del tema y explicación de conceptos básicos.	15 min
Trabajo en 3 grupos	1 grupo observa el terrario. 2 grupos trabajan en la hoja de trabajo. Después de 10 minutos, los grupos rotan.	30 min
Resultados y discusión	Intercambio y discusión en plenaria	30 min
Tiempo total sesión		75 min

Material:
- Terrario preparado con fauna del suelo
- Recipientes con diferentes excrementos o pellets fecales de lombrices u otros organismos del suelo
- hojas de trabajo H 5.3 impresa para cada grupo o participante,
- póster/folleto P 5.3 impreso o proyectora
- Papelógrafo y marcadores

Objetivos didácticos

- Obtener una nueva visión acerca de una relación sostenible con el suelo.
- Entender que el mantenimiento de la fertilidad del suelo y un suelo saludable implican una gestión apropiada, la conservación y mejoramiento del contenido de materia orgánica y de la actividad biológica.
- Comprender la importancia de la biota del suelo en los procesos biogeoquímicos que forman parte del ciclo de nutrientes en el suelo.

Consejos

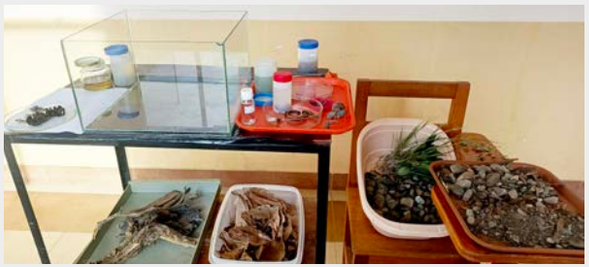
- Dependiendo de la disponibilidad de tiempo, el ejercicio podría realizarse en terreno, para dar la oportunidad de que los participantes observen los elementos en vivo y reconozcan las características de los suelos.
- Alternativamente, se puede combinar la práctica con una visita al campo para observar las características de la biota y fertilidad en diferentes sistemas de producción.
- Las muestras de invertebrados y vertebrados muertos se pueden trasladar a recipientes de museo para guardarlos cuando no están en uso y trasladarlos nuevamente al terrario cuando sea necesario.

PREPARACIÓN

Material para montar el terrario

- Contenedor tipo acuario (de plástico o vidrio) de 100 cm × 40 cm × 30 cm.
- Arena y cascajo.
- Muestras de suelo, separando los siguientes componentes:
  - el suelo mineral (suelo con poca materia orgánica, es decir, de color amarillo o rojo)
  - Materia orgánica fresca (hojarasca, ramas)
  - Materia orgánica fragmentada en diferente grado de descomposición, incluyendo raíces, restos de plantas y restos de hojarasca)
  - Restos de fauna en descomposición
  - Pellets fecales de diferentes descomponedores.
- Muestras de biota del suelo representativa de diferentes niveles tróficos:
  - **Nivel trófico 1: Productores primarios** (plantas vivas, además de la materia orgánica en diferentes grados de descomposición mencionado arriba: hojarasca y troncos).
  - **Nivel trófico 2: Descomponedores**, muestras muertas (en alcohol o secos) o vivas de consumidores de hojarasca y materia orgánica, comesdores de raíces. (por ejemplo, lombrices [Annelida]). Fotografías o dibujos de microfauna de suelo y microbiota (colémbolos [Collembola], nemátodos [Nematoda], hongos, bacterias etc).
  - **Nivel trófico 3: Fragmentadores,** muestras muertas (en alcohol o secos) o vivas de consumidores de fibra. Herbívoros (por ejemplo, milpiés (Diplopoda: Spirobolida y Chelodesmidae), escarabajos de la medara (*xylófagos*) (Passalidae: *Verres*, *Passalus*), termitas (*Isoptera*).
  - **Nivel trófico 4: Predadores de primer nivel** muestras muertas (en alcohol o secos) o vivas o fotografías/dibujos de predadores (por ejemplo: escorpiones (*Tityus*, *Bothriurus*) ciempiés (*Scolopendra*), anfibios (*Rhinella*, *Leptodactylus*), lagartijas (*Ameiva*), aves insectívoras (*Thamnophilidae*);
  - **Nivel trófico 5: Top-predadores:** Fotografías o dibujos de serpientes (*Micrurus, Leptodeira*), aves: lechuzas y buhos (*Tyto, Glaucidium*), mamíferos: nappache, tigresillo (*Procyon, Leopardus*)

Montaje del terrario



1. **Preparación del terrario y de los componentes.**

Acondicionar una pecera o contenedor de vidrio o plástico.



2. **Primera capa: Drenaje, roca madre.**

Inclusión de una capa de cascajo y arena, para representar las diferentes capas que hay en el suelo. También sirve como drenaje para cuando se agrega agua para mantener la humedad y el material vivo (plantas).



3. **Segunda capa: Suelo mineral.**

Sobre la capa de cascajo y arena se dispone una capa de tierra mineral (subsuelo inorgánico) bien compactada, para representar las capas más profundas, con poco material orgánico.



4. **Tercera capa: Suelo orgánico de capas superiores.**

Sobre la capa de tierra se añade una capa de suelo oscuro, con alto contenido en materia orgánica, obtenido de las capas superiores (primeros 5 a 10 cm).

Consejo

Las muestras de invertebrados y vertebrados muertos se pueden trasladar a recipientes de museo para guardarlos cuando no están en uso y trasladarlos nuevamente al terrario cuando sea necesario.



5. **Productores primarios – vivos:**

Siembra del material vivo (plantas) para representar la producción primaria y la presencia de raíces en el suelo. En el caso que esté seco, rociar el suelo para mantener vivo las plantas para la duración de la actividad.



6. **Productores primarios – capa de hojarasca:**

Incluír una capa orgánica de hojarasca, con material en distintos grados de fragmentación y descomposición (hojas, ramas, fragmentos de estos). Lo ideal sería utilizar materiales locales, para reproducir la estructura de la capa orgánica del lugar.



7. **Productores primarios – Madera muerta:**

Inclusión de troncos y otros materiales más gruesos y duros que forman parte del proceso de descomposición y además son un refugio y sustrato importante para la fauna del suelo.



8. **Fauna del suelo:**

Inclusión de las muestras, fotografías o dibujos de la fauna del suelo, de diferentes niveles tróficos de acuerdo con el listado arriba, usando como referencia las especies locales.

Glosario

Macrofauna	Mesofauna	Microfauna de suelo	Biota microscópica
Mamíferos pequeños y medianos, aves, reptiles y anfibios. La macrofauna incluye invertebrados grandes como algunos caracoles, milpiés, ciempiés, arañas (tarántulas), escorpiones y escarabajos (picudos o gorgojos, pasálidos etc.)	Principalmente invertebrados de tamaño menor a 2 cm como escarabajos, chinches, orugas de mariposas, larvas de escarabajos, algunos caracoles y babosas etc	Invertebrados menores a 5 mm como ácaros, colémbolos, dipluros, caracoles pequeños.	Representaciones gráficas de microbiota visible con microscopio (bacterias, protistas, micorrizas, hongos).

5.3 75 min

Organismos del suelo – Red trófica

15 min

Introducción

Material: Recipientes con diferentes excrementos o pellets fecales de lombrices u otros organismos del suelo

El facilitador despierta la curiosidad de los participantes, mostrándoles los excrementos y pellets y preguntando:

¿Qué piensan, que representan las muestras preparadas?

¿Cuál ha sido el material original, y que va a pasar a estas muestras si las dejamos en el suelo?

El facilitador introduce la actividad, mencionando objetivos, procedimientos, resultados esperados.

El facilitador distribuye las guías de identificación de macrofauna y anima una breve discusión, lanzando las siguientes preguntas y reforzando la importancia de los organismos del suelo:

¿Por qué los organismos representados son importantes?

10 min por grupo

Observación del terrario

Material: Terrario preparado, hojas de trabajo H5.3 impresa para cada grupo o participante, póster/folleto P5.3 impreso.

El facilitador modera la creación de tres grupos. Durante la actividad cada grupo tendrá la ocasión de observar el terrario durante aproximadamente 10 minutos. Mientras tanto, los demás grupos, trabajan en la hoja de trabajo, construyendo la red trófica.
Los participantes identifican en el terrario los componentes de la biota. Anotan sus observaciones en la hoja de trabajo.

Mensajes clave
La materia orgánica del suelo básicamente son excrementos de diferentes organismos, los cuales fragmentan la biomasa fresca. Existen organismos (por ejemplo, bacterias, hongos) que se alimentan de los excrementos de otros (coprófagos), transformándolos en compuestos más simples. A través de estos procesos muy complejos, la biomasa se transforma en "suelo".

Dependiendo del número de participantes y de la disponibilidad de equipo, el ejercicio puede realizarse en grupos de 3 o 4 personas, para promover la discusión y el intercambio de experiencias.



El facilitador puede apoyar con preguntas para guiar los participantes:

¿De qué se alimentan los hongos? ¿En dónde se encuentran por lo general los hongos?

¿Qué comen los milpiés? ¿Para que pudieran servir sus mandíbulas potentes?

---

10 min por grupo

Red trófica

Material: H5.3 impresa para cada grupo o participante

Los grupos que no estén observando el terrario en paralelo discuten y dibujan las conexiones dentro de la red trófica en la hoja de trabajo.

---

30 min

Observaciones y discusión

Material: Papelógrafo y marcadores, Póster impreso o proyectado

El facilitador usa el póster para reforzar la importancia de la biota del suelo y los procesos de transformación de materia orgánica en suelo y entrega la hoja de solución de la hoja H5,3. El facilitador modera la discusión en plenaria con las siguientes preguntas, haciendo la conexión entre los organismos observados, la red trófica, la degradación de materia orgánica y el ciclado de nutrientes.
Los participantes comentan e intercambian sus observaciones en plenaria. Identifican y discuten posibles impactos y analizan los factores que los producen.
Las preguntas y respuestas propuestas siguen el flujo de nutrientes de la izquierda a la derecha del póster. El facilitador, o un ayudante, anota los puntos claves de la discusión en el papelógrafo.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo afecta la actividad de la biota del suelo a la disponibilidad de nutrientes?	Los organismos del suelo son parte de una extensa red alimenticia, y cumplen un rol clave en el ciclado de energía y nutrientes. En cada paso de la transformación del material, se crean nutrientes disponibles para las plantas.
¿Qué pasa cuando las hojas, ramas y troncos caen al suelo?	La biomasa se descompone. Los organismos del suelo la fragmentan y la mezclan con el suelo mineral en varios pasos, hasta formar suelo. Parte de los nutrientes la usan las plantas y otra parte se pierde en el aire o el agua (ver actividad 5.7).
¿Por qué los troncos necesitan más tiempo que la hojarasca para descomponerse?	Porqué contienen menos agua y menos nutrientes que otros materiales. Además, la madera contiene lignina, un compuesto difícil de descomponer.
¿Qué organismos pueden descomponer la madera?	Solo los hongos pueden descomponer la celulosa y la lignina.
¿En el suelo, los organismos como las hormigas cortadoras, los milpiés o algunos caracoles _cortan y fragmentan la biomasa de las plantas, que sucede luego con este material?	El material fragmentado ofrece más superficie para los microorganismos (hongos y bacterias) para atacar los componentes de manera química. Este proceso es similar a la fragmentación y mezcla con la saliva de alimentos con nuestros dientes, cuando comemos.
¿Cómo afecta el contenido de materia orgánica en el suelo a la disponibilidad de nutrientes?	Mientras más materia orgánica hay en un suelo, mayor es su reserva en nutrientes. Sin embargo, para tener nutrientes disponibles, la materia orgánica tiene que descomponerse – es un constante ciclo de creación y descomposición.

Mensajes clave

En los sistemas agroforestales el suelo actúa como un sistema vivo, dinámico y multifuncional. Su biota edáfica, compuesta por microorganismos, hongos, raíces y fauna del suelo, participa activamente en la transformación de nutrientes, la regulación hídrica y la captura de carbono. Esta interacción constante entre los componentes bióticos y abióticos del suelo potencia los ciclos biogeoquímicos, promoviendo la resiliencia ecológica, la sostenibilidad agrícola y la regeneración de los paisajes productivos.

Luego de la presentación de la red trófica se discute cómo el manejo agronómico afecta a la red trófica y cómo puede mejorarse la gestión del suelo tomando en cuenta lo aprendido. El facilitador usa las siguientes preguntas para moderar la discusión:

¿Cómo afectan a la biota del suelo las prácticas agrícolas usando químicos?
¿Qué significa esto para la función de estos organismos?

¿Han observado diferencias entre diversidad de la fauna de suelo y/o manejos diferentes?

¿Cómo se puede mejorar la gestión del suelo, considerando los roles de los organismos estudiados?

¿Qué pasa cuando se aplica fertilizante químico al suelo?

¿Qué pasa cuando se aplica compost al suelo?

¿Qué pasa cuando se poda especies acompañantes y se distribuye el material en el suelo?

¿Por qué la materia orgánica que se poda y se distribuye en el suelo, debe picarse de manera fina y tener un buen contacto con el suelo?

Mensajes clave

La aplicación regular de fungicidas e insecticidas tiene un efecto directo en la red trófica, conduciendo a una reducción en su diversidad y actividad. Con ello, el suelo pierde una parte de su capacidad natural de proveer nutrientes.

Un suelo, para mantener activa la red trófica, necesita aporte constante de materia orgánica, biomasa. Por ello, es importante mantener siempre el suelo cubierto con plantas vivas y aprovechar al máximo del material orgánico (hojarasca, residuos de cosecha, residuos de poda etc.) y distribuirlo en la parcela.

El hecho de distribuir y picar las ramas después de una poda aumenta el contacto de la superficie del suelo con el material orgánico, aumentando la humedad y haciendo más fácil el acceso de los organismos al material y por ende acelera la descomposición y disposición de nutrientes.

5.4 10 min

Vídeo: Hongos y su rol en la fertilidad del suelo

Material: Vídeo V 5.4

Hongos y fertilidad del suelo
youtu.be/J2eWL1B7YJE

El facilitador proyecta el vídeo y relaciona su contenido con la actividad anterior.

Mensajes clave

Los hongos son seres vivos fundamentales dentro de los cultivos, están estrechamente vinculados a la nutrición de las plantas puesto que disponen nutrientes a través de la descomposición de compuestos, así como intercambian activamente compuestos con algunas plantas con las que se asocian.



5.5 30 min

Intercambio de saberes: Nutrientes

10 min

Nutrientes

Material: Papelógrafo o pizarra y marcadores.

El facilitador introduce el tema de nutrición de las plantas, mediante las peguntas a la plenaria.

¿Qué es un nutriente?

¿Cuáles nutrientes conocen ustedes?

¿Qué nutrientes necesitan las plantas para crecer normalmente?

¿Cuál función cumple cada uno de ellos en las plantas?

¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de nutrientes?

Mensajes clave

Los ciclos biogeoquímicos son procesos esenciales que regulan el movimiento y la transformación de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo y el agua entre los componentes vivos y no vivos de los ecosistemas. Estos ciclos sostienen la productividad biológica, la fertilidad del suelo y el equilibrio ecológico, siendo pilares fundamentales para el funcionamiento de cualquier sistema natural o productivo. Los ciclos de nutrientes son impulsados por los seres vivos de la red trófica en el suelo.

10 min

Ciclos de nutrientes en la naturaleza

Material: Papelógrafo o pizarra y marcadores.

El facilitador modera la discusión con las siguientes preguntas. El facilitador o uno de los participantes dibuja los elementos de un ecosistema natural y el flujo de nutrientes en la pizarra en la medida que los participantes dan sus respuestas.

¿Para qué las plantas necesitan nutrientes?

¿Cómo logran las plantas desarrollarse tan bien en la naturaleza sin fertilizantes añadidos?

¿De dónde obtienen las plantas los nutrientes que necesitan para crecer en la naturaleza?

Si los nutrientes se encuentran en el suelo, ¿cómo han llegado ahí?

10 min

Ciclos de nutrientes en la finca

El facilitador anima la discusión con las siguientes preguntas y dibuja los flujos de nutrientes para un monocultivo y para un sistema agroforestal al lado del sistema natural del paso anterior.

¿Cuáles son las diferencias entre el ciclo de nutrientes en una finca con cacao en monocultivo comparada con la naturaleza?

¿Y cómo se ven estos flujos en un sistema agroforestal?

¿Cómo puede mejorarse el reciclaje de nutrientes en una finca, conociendo los procesos naturales?

Mensajes clave

La agricultura orgánica, y en particular los sistemas agroforestales dinámicos, promueven el aprovechamiento de procesos naturales para mejorar la fertilidad del suelo y mantener la productividad a largo plazo. Entre los métodos naturales se destacan la fijación biológica de nitrógeno por especies leguminosas, el uso de residuos orgánicos como estiércol, compost y hojarasca, así como la incorporación de restos de poda de especies arbóreas.

Dado que elementos como el fósforo no son renovables, la prevención de su pérdida constituye una estrategia clave en la producción ecológica. Por ejemplo, una de las prácticas más utilizadas para este fin es el uso de cobertura vegetal, que contribuye a reducir la erosión del suelo y, con ello, la pérdida de nutrientes.

5.6 15 min

Vídeo: La energía del sistema – especies de biomasa

Material: Vídeo V 5.6

La energía del sistema – especies de biomasa
youtu.be/4deH26m-V10

El facilitador proyecta el vídeo y conecta la práctica demostrada y los Mensajes clave del vídeo con los aprendizajes sobre la red trófica y la formación de suelo.

Mensajes clave
La biomasa, es decir, las hojas, ramas y troncos de las plantas, sirven como alimento para los organismos del suelo y se descomponen proporcionando nutrientes a las plantas que crecen de nuevo.

En la agroforestería dinámica se acelera este proceso mediante podas regulares y drásticas a llamadas „plantas de biomasa“ o „árboles madres“.



5.7 75 min

Ciclos de nutrientes: El caso del Nitrógeno

30 min

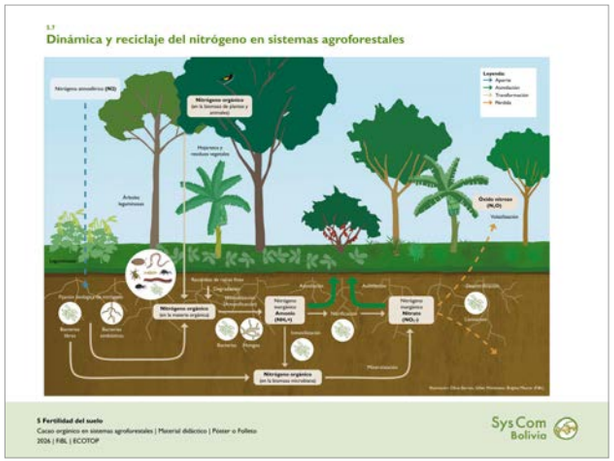
Discusión guiada

Material: Póster P 5.7 Ciclo de nitrógeno

Usando las preguntas y respuestas, el facilitador anima los participantes de responder las preguntas, por ejemplo, aceptando 1 a 2 respuestas por pregunta, antes de dar la respuesta correcta. El facilitador complementa las respuestas con su propio conocimiento, con dibujos en una pizarra o con la ayuda del póster.

Preguntas	Respuestas
¿Para qué las plantas necesitan nitrógeno?	El nitrógeno, es un elemento esencial para la vida, forma la base de la producción de proteínas. Plantas que no tienen acceso a suficiente nitrógeno no se desarrollan bien.
¿Dónde se encuentra la reserva más grande de nitrógeno?	En la atmósfera, el nitrógeno se encuentra en su estado gaseoso (N_2) y representa el 78% del aire que respiramos.
¿Porqué, si hay tanto nitrógeno en el aire, a las plantas a veces les falta el nitrógeno?	El nitrógeno atmosférico no puede ser utilizado directamente por las plantas. Las plantas solo pueden acceder al nitrógeno en forma mineral, dentro del suelo (NO_3^- o NH_4^+.
¿Cómo llega el nitrógeno de la atmósfera al suelo?	Gracias a la acción de microorganismos fijadores – como bacterias simbióticas en raíces de leguminosas – este nitrógeno se transforma en formas orgánicas e inorgánicas disponibles para las plantas, como el amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-).

Fomentar el uso de lenguaje técnico, pero accesible.
Validar las ideas de los participantes, incluso si no son completamente correctas.



¿Cómo se usa este proceso natural de la fijación de nitrógeno en la agricultura?	En la agricultura orgánica se usan plantas leguminosas para incrementar la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos o como forraje para animales.
¿Cómo podemos reconocer una planta leguminosa que es capaz de fijar nitrógeno?	Las leguminosas producen vainas que normalmente se abren por ambos lados en su estado maduro y contienen las semillas en una sola hilera (cómo *Inga sp*. [pacay] o frijol [poroto]).
¿Cómo podemos usar esta técnica en la producción agroforestal?	Incluyendo árboles y otras especies leguminosas dentro de los sistemas agroforestales, especialmente si se usan como especies de producción de biomasa y poda regular.
¿Qué distingue el nitrógeno de otros nutrientes principales como el Fósforo o el Potasio?	El Nitrógeno atmosférico está presente en grandes cantidades a nivel global. En cambio, los macro-nutrientes Fósforo y Potasio, no están presentes en todos los lugares y son más limitantes para la producción orgánica.

Haciendo referencia a las respuestas, el facilitador explica la importancia del ciclo de nitrógeno en la fertilidad del suelo, la conexión con la red trófica, el reciclaje de nutrientes y la productividad agroecológica.

Mensajes clave

El nitrógeno, al igual que otros elementos, se transforma, se moviliza y se recicla dentro del sistema suelo-planta-atmósfera. Así circula entre sistemas vivos y no vivos. Esto se llama el ciclo de nitrógeno. Estos procesos, mediados por organismos especializados – bacterias, macroinvertebrados, plantas simbióticas – transforman la materia y regulan la fertilidad del suelo. Estos procesos ecológicos son fundamentales para la producción agrícola ecológica.

Cuando se aplican fertilizantes químicos, los nutrientes normalmente son disponibles en su forma asimilable (nitrato o amonio), los organismos del suelo no necesitan intervenir, o solamente muy pocos grupos (mircoorganismos).

Usar ejemplos locales o conocidos para vincular el ciclo del nitrógeno con prácticas agrícolas (uso de leguminosas, compostaje, cobertura vegetal).

15 min

Trabajo en grupo

Material para cada grupo: H 5.7 Ciclo de nitrógeno y P 5.7 impresos como folleto para cada participante o grupo.

El facilitador modera la formación de grupos de 3–4 personas y distribuye el material.

Los participantes, en grupos, leen atentamente las descripciones de los procesos de transformación en la hoja de trabajo. El facilitador aclara las dudas persistentes.

Luego, los participantes clasifican los elementos en el esquema del ciclo de nitrógeno en el folleto con la ayuda de la descripción de los procesos en la hoja de trabajo.

Se marcan con diferentes colores las tres categorías en el folleto impreso.

- Organismos (bacterias, plantas, animales)
- Procesos (fijación, nitrificación, desnitrificación, mineralización, etc.)
- Compuestos químicos (NH_4^+, NO_3^-, N_2, etc.)

En un segundo paso los participantes marcan con un marcador de color, dónde hay interacciones entre diferentes componentes (por ejemplo, entre organismos y su entorno).

Mensajes clave

Cada etapa del ciclo del nitrógeno implica la transformación de los compuestos químicos que contienen este elemento, modificando su forma y disponibilidad en el medio. Estas transformaciones responden a la dinámica biológica de los ecosistemas, especialmente a los procesos de crecimiento y descomposición de la biomasa.



Hoja de trabajo

5.7
Dinámica y reciclaje del nitrógeno en sistemas agroforestales

1. Lean atentamente las descripciones de los procesos de transformación debajo y observen el esquema en el folleto distribuido. En caso de dudas, pregunten a los otros participantes o al facilitador.

2. Clasifiquen los elementos en el esquema del ciclo de nitrógeno con la ayuda de la descripción de los procesos debajo. Marquen con diferentes colores las siguientes categorías:
- Organismos vivos
- Procesos de transformación de nitrógeno
- Compuestos químicos

Luego marquen con otro color dónde hay interacciones entre diferentes componentes (por ejemplo, entre organismos y su entorno).

Etapa/Proceso	¿Qué sucede en esta etapa?
Fijación biológica	Conversión de N_2 atmosférico en amonio (NH_4^+) por bacterias simbióticas (ej. Rhizobium) en raíces de plantas leguminosas y bacterias libres (ej. Frankia).
Caída de hojarasca y residuos vegetales	Todo material orgánico muerto que cae al suelo, se descompone poco a poco gracias a los organismos del suelo y libera sus nutrientes. Ramas, hojas y frutos que caen naturalmente o en las podas y deshierbes. Además, los excrementos y restos de animales también contribuyen al reciclaje de nutrientes.
Recambio de raíces finas	Debajo del suelo, las raíces finas de las plantas se renuevan continuamente. Las raíces que mueren se descomponen y liberan nutrientes. Cuando una planta es podada o muere, aumenta la mortalidad de las raíces y este proceso se acelera.
Mineralización (Amonificación)	Transformación de materia orgánica (hojas, excretas) en amonio por acción microbiana.
Nitrificación	Conversión de NH_4^+ en nitrito (NO_2^-) y luego en nitrato (NO_3^-) por bacterias nitrificantes.
Asimilación	Absorción de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) por plantas para formar proteínas y ácidos nucleicos.
Desnitrificación	Reducción de NO_3^- a N_2 gaseoso por bacterias anaerobias en suelos húmedos, devolviendo nitrógeno a la atmósfera (pérdida desde el punto de vista del suelo).
Descomposición	Trituración/fragmentación del material orgánico. Consumo de tejidos orgánicos (plantas, animales, microorganismos) que contienen nitrógeno y su devolución al suelo mediante excreción y descomposición de los restos .
Lixiviación	Pérdida de nitrógeno (NO_3^-) por arrastre de nitratos hacia capas profundas del suelo. El nitrato se pierde una vez que no haya plantas o otros organismos (ver inmovilización) que lo puedan absorber.
Volatilización	Pérdida de nitrógeno como amoniaco gaseoso NH_3 hacia la atmósfera.
Inmovilización	El nitrógeno mineral se incorpora a la materia orgánica o organismos vivos (bacterias) y no está disponible para las plantas. Al mismo tiempo, esto significa una reserva de Nitrógeno que no se puede perder en lixiviación o volatilización.

5 Fertilidad del suelo
Cacao orgánico en sistemas agroforestales | Material didáctico | Hoja de trabajo
2026 | FiBL | ECOTOP

15 min

Socialización y corrección colectiva

Material: Póster P 5.7 Ciclo de nitrógeno con el esquema.

El facilitador presenta el esquema con la ayuda del póster y expone los diversos procesos que integran el ciclo del nitrógeno, destacando cómo estos transforman los compuestos químicos a partir de la actividad biológica de los organismos (ver Mensajes clave).

15 min

Cierre reflexivo

El facilitador modera la discusión mediante las preguntas siguientes y vinculando el contenido con la vivencia de los participantes en su trabajo en campo y con los procesos en sistemas agroforestales.

¿Qué aprendieron sobre la relación entre el ciclo del nitrógeno y la fertilidad del suelo?

¿Qué prácticas agroforestales favorecen el ciclado de nitrógeno?

¿Cómo podrían aplicar este conocimiento en su trabajo técnico o en el campo?

¿Qué parte del ciclo creen que tiene mayor impacto en la productividad agroforestal?

Mensajes clave

Los procesos de mineralización e inmovilización, mediados por la biomasa microbiana, permiten la conversión continua entre nitrógeno orgánico e inorgánico, regulando su disponibilidad en el suelo.

El nitrógeno mineral, no puede mantenerse durante mucho tiempo en el suelo, es muy vulnerable a la pérdida por lixiviación o volatilización.

En sistemas agroforestales bien diseñados, la diversidad vegetal y la cobertura orgánica favorecen los procesos de fijación y el ciclado del nitrógeno a través de una fauna diversa transformando hojarasca y otros compuestos de una fauna diversa. Así reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos y a la vez minimizando pérdidas de nitrógeno por lixiviación o volatilización.

Más información

Acceso al material didáctico completo
Esta guía de actividades forma parte de un currículo modular, compuesto por diversos materiales didácticos para la realización de actividades formativas sobre el cultivo ecológico del cacao y de otros cultivos en sistemas agroforestales.

El material de apoyo a esta guía de actividades (vídeos, pósteres/folletos, hojas de trabajo y diapositivas) tal cómo una guía para facilitadores están disponibles para su descarga gratuita en

systems-comparison.fibl.org > Resources > Results Bolivia > Training materials

Vídeos
youtube.com/@CentroSaraAnaBolivia
youtube.com/@FiBLFilm

Más sobre el proyecto SysCom y el Centro Sara Ana
facebook.com/CentroSaraAnaBolivia
systems-comparison.fibl.org

Más sobre la agroforestería dinámica o sintropica
ecotop.org
youtube.com/@AgendaGotschOficial

Más sobre la agricultura orgánica
Información técnica en varios idiomas:
shop.fibl.org

Movimiento internacional orgánico IFOAM:
ifoam.bio

Aviso legal

Instituciones editoras:
Instituto de Investigación de Agricultura Ecológica FiBL
Ackerstrasse 113,
Apartado de correos 219,
5070 Frick, Suiza
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org
fibl.org

Fundación ECOTOP
Avenida Mariscal Santa Cruz N° 1392,
Edif. Cámara Nacional de Comercio.
piso 4, oficina N° 407
La Paz – Bolivia
info@ecotop.org
ecotop.org

Autores del módulo 5: Fertilidad del suelo
Jaime Sarmiento (Museo Nacional de Historia Natural, MPDyMA), Patricia Amurrio (Instituto de Ecología, UMSA), Isabel Morales (Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, UMSA), Miguel Limachi (Colección Boliviana de Fauna, UMSA), Soraya Barrera (Museo Nacional de Historia Natural, MPDyMA), Karen Losantos (Instituto de Ecología, UMSA), Johanna Rüegg (FiBL)

Diseño: Simone Bissig (FiBL)
Fotos: Patricia Amurrio (UMSA): p. 3;
Johanna Rüegg (FiBL): p. 1;
Jaime Sarmiento (UMSA): p. 7, 8, 10

Citación propuesta para el conjunto del material:
Rüegg J., Milz J., Tůmová B. y Bernet T. (2026). Cacao en sistemas agroforestales – Material didáctico para facilitadores y facilitadoras. Instituto de investigación para la agricultura orgánica FiBL, Frick. En: orgprints.org/id/eprint/57915

Este currículo es el resultado de un proceso colaborativo que integra experiencias prácticas y resultados científicos generados durante años de trabajo conjunto. Dado que los sistemas agroforestales deben adaptarse a cada contexto, este material no ofrece recetas universales: Sus metodologías orientan procesos de observación, reflexión, experimentación y aprendizaje mutuo que apoyen la toma de decisiones y reconocen la importancia de los conocimientos y experiencias de los participantes.

Enlace permanente:
orgprints.org/id/eprint/57915

2026 © FiBL, ECOTOP

Creative Commons 4.0 CC-BY-SA
(creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)